

# EVALUASI HASIL MODIFIKASI GENERATOR HMXT-200 PADA SUBSISTEM ELEKTROLIT, *FEEDWATER*, DAN KONTROL GAS DI PT. INDONESIA POWER TAMBAK LOROK, SEMARANG

Gunawan<sup>1</sup>, Ike Puspa Ningtias<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Sultan Agung

Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang – Indonesia

## ABSTRAK

*Generator HMXT-200 merupakan mesin pembangkit gas hidrogen pada PT. Indonesia Power Tambak Lorok Semarang. Mesin ini menggunakan air (H<sub>2</sub>O) dengan campuran katalis potassium hydroxide (KOH) untuk menghasilkan hidrogen dengan tekanan 147PSIG. Nantinya gas tersebut akan digunakan sebagai pendingin generator listrik.*

*Antara bulan Mei-Agustus 2008 Generator HMXT-200 mengalami masalah yang menyebabkan mesin tersebut shut down. Dari keseluruhan penyebab shut down alarm, mayoritas yang terjadi adalah Low KOH Level, yaitu kurangnya supply feedwater pada produksi maksimal, mencapai 6% dan Differential Pressure Alarm, yaitu pertidaksamaan pressure oksigen dan hidrogen pada sistem, mencapai 10% kemungkinan. Perbaikan yang dilakukan untuk Low KOH Level dengan menambah relocation tank and regulator, guna menurunkan kapasitas produksi dari 147PSIG menjadi 100PSIG, sehingga supply feedwater tercukupi. Sedangkan pada Differential Pressure Alarm adalah dengan mengubah posisi hydorgen vent, sehingga memperlancar pembuangan hidrogen untuk mengurangi pressurennya.*

*Data yang diambil ulang pada bulan Oktober-November 2008 menunjukkan modifikasi yang telah dilakukan mencapai 50% keberhasilan, dengan menurunkan Low KOH Level menjadi 3% dan Differential Pressure Alarm menjadi 5% kemungkinan terjadi. Peninjauan ulang pada hasil modifikasi dengan memperhatikan penyebab lain kedua alarm, akan memaksimalkan kinerja sistem.*

*Kata kunci: Generator HMXT-200, Low KOH Level, Differential Pressure Alarm*

## 1. Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan yang bisa dikatakan primer untuk manusia pada masa sekarang. Atau secara tidak langsung manusia bergantung pada keberadaan listrik untuk melakukan aktivitasnya. Maka sudah sewajarnya bertambahnya kebutuhan listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk.

PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Semarang merupakan salah satu perusahaan penyedia energi listrik yang berupa PLTU, PLTG dan PLTGU. Proses pada PLTU menggunakan air yang telah dimurnikan kemudian dipanaskan sehingga menghasilkan uap panas yang akan memutar turbin uap agar menghasilkan listrik dengan generator. PLTGU mengalami dua proses, yaitu proses PLTG dan PLTU. Proses PLTG menggunakan bahan bakar yang dibakar untuk menghasilkan energi *thermal* sebagai penggerak turbin gas. Selanjutnya pada proses PLTU, gas panas yang “terbuang” setelah digunakan sebagai pemutar turbin gas, dimanfaatkan sebagai pemanas air yang akan menghasilkan uap sebagai pemutar turbin uap.

Kendala yang umumnya terjadi pada PLTU yang menyangkut operasi sistem, adalah bahwa PLTU memerlukan *starting time* yang cukup lama. Hal tersebut berimbas pada kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan akan perubahan beban yang terjadi cukup cepat. Pada PLTG sendiri yang merupakan unit pembangkitan

termahal, khususnya pada bahan bakar, maka sebisa mungkin difungsikan sebagai cadangan. Namun hal lain yang harus juga diperhitungkan adalah frekuensi *start-stop* pada peralatan akan memperpendek usianya karena aus, apalagi suhu pada saat operasi sangat tinggi.

Penelitian ini akan lebih jauh lagi membahas tentang pendingin peralatan, khususnya generator pada PLTGU. Seperti yang telah disebutkan di atas, bahwa peralatan akan mengalami aus karena suhu tinggi, maka pada generator akan langsung terjadi *shut down* apabila sistem pendingin tidak berfungsi dengan baik. Sistem pendingin pada generator menggunakan bahan berupa H<sub>2</sub> (hidrogen). Hidrogen dihasilkan oleh sebuah alat yang disebut *H<sub>2</sub> plant (HMXT-200 Generator)*. Bagian utama dari sistem ini adalah *hydrogen generator* dan *power supply*. Keduanya bekerja dengan *input* bahan berupa air murni dan tenaga listrik untuk proses *elektrolisis*. Tidak hanya itu, *H<sub>2</sub> plant* juga terdiri dari *feedwater*, air pendingin, nitrogen, dan pipa – pipa untuk mengalirkan gas hasil produksi dan untuk memisahkan antara hidrogen dan oksigen.

Generator listrik sangat bergantung pada kinerja H<sub>2</sub> generator, maka apabila terjadi kesalahan pada sistemnya akan berakibat fatal. Maka sebagai sebuah peralatan vital, H<sub>2</sub> generator membutuhkan perawatan rutin dan perlakuan atau perbaikan yang tepat pada setiap kerusakan atau masalah yang terjadi.

## 2. Tujuan

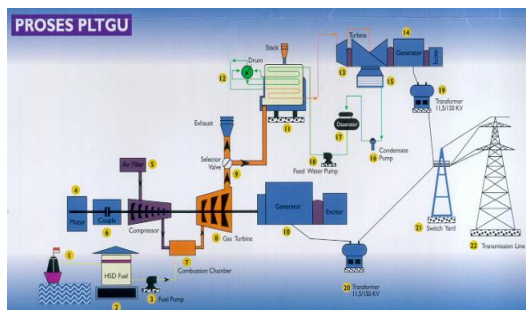
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memodifikasi generator hmxt-200 pada subsistem elektrolit, *feedwater*, dan kontrol gas
2. Memperbaiki *Low KOH Level* dilakukan modifikasi dengan menambah *Relocation Tank and Pressure Regulator*
3. Memperbaiki *Differential Pressure Alarm* dilakukan dengan mengubah posisi *hydroge*

## 3. PLTGU

Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) merupakan pembangkit jenis *combined cycle*. Pembangkit jenis ini memanfaatkan gas panas pembuangan dari pembangkit tenaga gas untuk memanasi air dalam pipa-pipa HRSG menjadi uap untuk menggerakkan turbin uap. Penggunaan teknologi *combined cycle* menjadikan operasi pembangkit lebih efisien sebab cara ini memanfaatkan gas panas pembuangan pembangkit listrik primer menjadi tenaga listrik pada tahap sekunder. Selain itu, pembangkit tenaga gas merupakan pembangkit yang akrab dengan lingkungan karena tingkat pembakarannya yang hampir sempurna menghasilkan emisi karbon dioksida dan limbah lain yang sangat rendah.

### 3.1. Proses PLTG



Gambar 1. Proses PLTGU

Bahan bakar berupa solar/HSD (*High Speed Diesel*) dialirkan dari Kapal/tongkang (1) ke dalam rumah pompa BBM HSD (2) kemudian dipompa lagi dengan Pompa Bahan Bakar (3) dimasukkan dalam Ruang Bakar/*Combustion Chamber* (7) untuk menghasilkan energi panas/*thermal* sebagai Penggerak/Pemutar Gas Turbin(8). Sebagai pemutar awal saat turbin belum menghasilkan tenaga, digunakan Motor Listrik/Diesel (4) yang berfungsi memutar Compressor (6) sebagai penghisap udara luar, dengan terlebih dulu melalui *Air Filter* (5), untuk sebagian kecil pembakaran dan sebagian besar sebagai pendingin turbin. Perputaran poros, Generator (10) menghasilkan energi listrik yang tegangannya masih rendah.

### 3.2. Proses PLTU

Gas bekas yang keluar dari turbin dimanfaatkan lagi setelah terlebih dahulu diatur oleh *Selector Valve* (9) untuk dimasukkan ke dalam Boiler/HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) (11) yang memiliki Drum (12). Uap yang dihasilkan dipakai untuk memutar Turbin (13) agar menghasilkan tenaga listrik pada Generator (14). Uap bekas dari turbin tadi diembunkan lagi di Condensor (15) kemudian *Air Condensate* dipompa oleh *Condensate Pump* (16), selanjutnya dimasukkan lagi ke dalam Deaerator (17) dan oleh *Feed Water Pump* (18) dipompa lagi ke dalam drum untuk kembali diuapkan.

## 4. H<sub>2</sub> Plant



Gambar 2. Bentuk Fisik Hidrogen Generator (HMXT-200 Generator)

HMXT-200 Generator terdiri dari dua bagian utama, *hydrogen generator* dan *power supply*. Di dalam hidrogen generator terdiri dari seluruh komponen mekanik, pipa – pipa, sistem kontrol dan instrumen yang dibutuhkan dalam proses elektrolisis. Kontrol panel menunjukkan seluruh kondisi proses dalam generator dan data – data yang dibutuhkan dalam mengoperasikan sistem. *Power supply* berisi peralatan yang berfungsi mengubah arus input AC menjadi arus DC, yang dibutuhkan dalam proses elektrolisis.

Input yang dibutuhkan dalam proses elektrolisis terdiri dari air murni dan listrik, nitrogen untuk *initial purging*, dan air pendingin untuk membuang panas. Hidrogen di *supply* pada tekanan 147 PSIG (10.2 kg/cm<sup>2</sup>) dan oksigen juga 147 PSIG (10.2 kg/cm<sup>2</sup>). Instalasi generator lengkap juga harus terdiri dari persediaan *feedwater*, nitrogen, cooling water, tenaga listrik, pipa untuk pengiriman gas dan pipa terpisah untuk pembuangan gas hidrogen dan oksigen.

Sistem ini merupakan operasi otomatis. Operasi yang dimulai tanpa tekanan, starting-up akan dilakukan mesin sesuai dengan parameternya. Produksi gas menyesuaikan pada permintaan pengguna sampai dengan kapasitas maksimum generator. Jika tidak ada pengiriman gas, sistem akan kembali pada tekanan semula

pada mode *standby*, yang selalu siap mengirimkan gas saat dibutuhkan. Semua parameter operasi harus selalu dimonitor. Seluruh kondisi menyimpang di luar batas yang diijinkan, akan menyebabkan sistem *shutdown*, hal tersebut untuk menghindari kerusakan yang lebih besar lagi pada sistem. Jika *switched-off*, sistem akan *purge* dan *depressurize*.

Walaupun desain sistem ini aman, namun pemeliharaan rutin harus dilakukan untuk menjaga kemampuan sistem. Meliputi pemeriksaan/penyesuaian, cek/mengganti elektrolit dan kalibrasi kotroler/instrumen. Ketika terjadi kesalahan, sistem akan menunjukkan penyebab dan lokasi permasalahan. Dan sesegera mungkin diperbaiki agar sistem dapat berproduksi kembali, dan kontinyuitas produksi akan dapat dilakukan.

Secara garis besar proses hidrogen generator adalah:

1. Elektrolisis
2. Oksigen dan Hidrogen
3. Pengiriman hidrogen

#### 4.1. Shutdowns

Parameter operasi generator HMXT-200 Generator harus dimonitor untuk menjaga keamanan dan kemampuan operasi. Ada 24 kondisi yang menyebabkan *system shutdown*. Setiap kondisi *shutdown* yang telah diketahui harus dicari penyebabnya. Tombol "help" akan akan membantu menunjukkan kondisi spesifik penyebab shutdown.

Di bawah ini adalah tabel yang berisi kondisi-kondisi penyebab *system shutdown*, *alarm input* yang masuk kontrol dan set poin masing-masing alarm pada HMXT-200 Generator.

Tabel 1. Kondisi Penyebab Shutdown

<i>Shutdown Condition</i>	<i>Alarm Input</i>	<i>Set Point</i>
<i>High KOH Temperature H2 side</i>	TC2	85°C
<i>High KOH Temperature O2 side</i>	TC3	85°C
<i>High Hydrogen In Oxygen Temperature</i>	TC4	200°C
<i>High DeOx Filter Temperature</i>	TC6	200°C
<i>Low Ambient Temperature</i>	TC1	5°C
<i>High Ambient Temperature</i>	TC5	55°C
<i>High Hydrogen Pressure</i>	PT1	170 PSIG
<i>Low Hydrogen Pressure</i>	PT1	50 PSIG
<i>High Oxygen Pressure</i>	PT2	170 PSIG
<i>Low Oxygen Pressure</i>	PT2	50 PSIG
<i>High Delta Pressure</i>	DPT1	+/-10 inches H2O
<i>High KOH Level</i>	LT1	

<i>Low KOH Level</i>	LT1	120 sec
<i>Low KOH Flow</i>	FS1, FS2	3 LPM
<i>Power Supply Alarm</i>	<i>Power Supply</i>	
<i>Loss Of Power</i>	PLC	
<i>Loss UPS Battery</i>	UPS	
<i>UPS On Battery</i>		
<i>Low Feedwater Resistance</i>	RES1	200 k ohms-cm
<i>External Alarm</i>		
<i>Dryer Cycle Failure</i>	PT3, PT4	<15psi Diff
<i>Dryer Purge Failure</i>	PT3, PT3	
<i>Dryer Switching Failure</i>	PT3, PT3	

#### 4.2. Troubleshooting

Setiap pengkondisian sebuah peralatan termasuk HMXT generator selalu dilakukan perawatan (*maintanance*) secara berkala maupun kondisional (karena keadaan yang rusak tiba-tiba) dan *recording* data. Perawatan rutin pada peralatan berhubungan dengan proses produksi yang tentunya akan berjalan lancar pula. Operator tentunya akan sangat diuntungkan dengan *recording* data yang lengkap, hal tersebut berguna saat mesin mengalami masalah. *Trouleshooting* bisa diperoleh dari data yang lengkap, sehingga dijadikan tolok ukur untuk memperlakukan mesin ketika bermasalah.

Tabel 2. Troubleshooting Guide

<b>Indicator</b>	<b>Possible Cause</b>	<b>Corrective Action</b>
Low KOH level	Feedwater supply restricted	Check feedwater source and supply plumbing
	Feedwater pump not primed	See feedwater pump priming procedure
	Feedwater pump contactor defective (in power supply)	Check and replace pump contactor
	Feedwater pump failure	Check and replace feedwater pump or motor
	Level transmitter LT1 defective	Check, calibrate, or replace level transmitter
	Feedwater valve SV1 failure	See valve and regulator maintenance and calibration; solenoid valve
	Feedwater	Check and

	check valve (CV1, CV2) failure	replace feedwater check valve
High differential pressure	Vent line blocked	Open vent valve
	Differential pressure regulator (DPR1 or DPR2) failure	Differential pressure regulator manual
	Module cross leak	See cross leak check

### 5. Metodologi

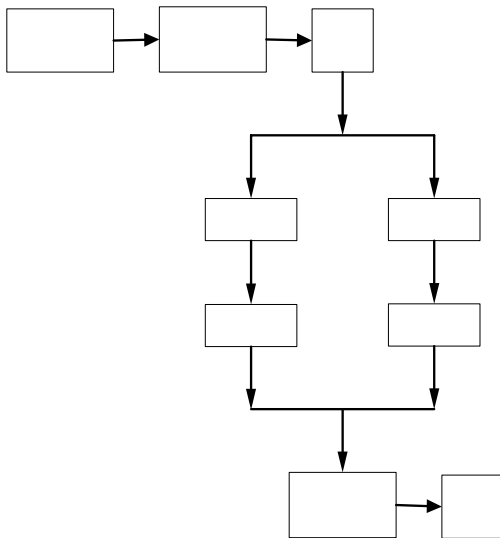
Bahan penelitian yang dibutuhkan adalah:

1. Data *record alarm* pada generator HMXT yang berupa: waktu gangguan, penyebab gangguan dan akibat yang terjadi pada mesin.
2. Buku, jurnal dan artikel sebagai pendukung teori  $H_2$  Plant.

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Generator HMXT
2. Komputer

Proses Penelitian



Gambar 3. Diagram Proses Penelitian

### 6. Hasil Pengujian dan Analisa

Tabel di bawah ini berisi *record alarm data* yang menampilkan jumlah terjadinya alarm pada empat bulan pertama (Mei-Agustus 2008) setelah mesin HMXT-200 Generator dioperasikan:

Tabel 3. *Record Alarm Tabel*

No	Time	Date	Alarm
1.	15.43	09-05-08	<i>Low KOH Level</i>

2.	14.29	29-05-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
3.	15.33	29-05-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
4.	03.07	30-05-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
5.	10.09	30-05-08	<i>Low KOH Level</i>
6.	14.12	05-06-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
7.	14.33	05-06-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
8.	14.49	05-020	<i>Differential Pressure Alarm</i>
9.	15.13	05-06-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
10.	15.32	05-06-08	<i>Low KOH Level</i>
11.	15.46	05-06-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
12.	16.08	05-06-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
13.	11.25	06-06-08	<i>Low KOH Level</i>
14.	5.58	07-06-08	<i>Low KOH Level</i>
15.	00.21	18-07-08	<i>Low KOH Level</i>
16.	10.38	21-07-08	<i>Low KOH Level</i>
17.	19.16	07-08-08	<i>Low KOH Level</i>
18.	9.48	08-08-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
19.	10.05	08-08-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
20.	11.59	08-08-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
21.	20.02	13-08-08	<i>Low KOH Level</i>

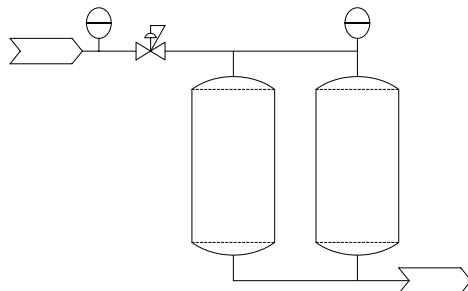
#### 6.1. Relocation Tank and Regulator

Permasalahan pertama yang terjadi pada HMXT-200 Generator adalah *Low KOH Level*. Dapat disimpulkan bahwa yang terjadi adalah ketidakmampuan mesin HMXT-200 Generator untuk menambahkan *feedwater* pada permintaan hidrogen dalam kapasitas maksimum (di atas 100%). Penambahan *feedwater* yang gagal atau tidak dapat dipenuhi oleh subsistem *feedwater* adalah di atas 2in pada *liquid level*. Upaya perbaikan yang dilakukan adalah dengan menurunkan kapasitas produksi generator HMXT-200. Kapasitas produksi dituliskan dalam satuan tekanan hidrogen (PSIG). Logikanya bahwa jika

produksi kecil, maka kebutuhan akan *supply feedwater* juga akan kecil.

Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan alat berupa *relocation tank* dan *pressure regulator*, yang ditempatkan pada subsistem *hydrogen delivery* generator. *Relocation tank* merupakan penampungan sementara gas hidrogen dari *dryer* yang sebelumnya telah diturunkan tekanannya saat melewati *pressure regulator*.

Gas hidrogen kering dari *dryer* dengan tekanan 147 PSIG (10.2kg/cm<sup>2</sup>) akan melewati *pressure regulator* yang akan menurunkan tekanan gas hidrogen menjadi 100 PSIG (7.0 kg/cm<sup>2</sup>). Pada tekanan tersebut gas hidrogen masuk pada *relocation tank* dan siap untuk dikirimkan sebagai pendingin generator listrik. Gambar 3.7 di bawah ini merupakan *relocation tank and pressure regulator* yang terletak tepat setelah *dryer*.

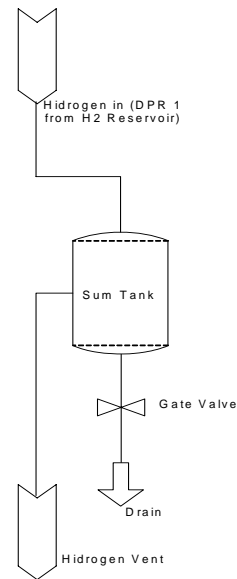


Gambar 4. *Relocation Tank and Regulator*

## 6.2. Hydrogen Vent

Kondisi permasalahan yang kedua lebih kepada tindakan teknis pada komposisi *hydrogen vent*. Tersumbatnya hidrogen dan air yang disebabkan oleh posisi pipa *vent* yang berbentuk "U", membutuhkan perubahan pada system *hydrogen vent* tersebut. Maka upaya yang dilakukan sebagai modifikasi pada masalah ini adalah dengan memindahkan posisi *vent* pada komposisi yang memudahkan air untuk mengalir tanpa perlu melewati pipa U yang sebelumnya menghambat aliran air dan hidrogen untuk segera dibuang. Posisi *hydrogen vent* setelah modifikasi dapat digambarkan pada gambar 5.

Tabel 4 diambil setelah dilakukan modifikasi Generator HMXT-200 yang dilakukan pada tanggal 10 Oktober 2008. Merupakan data yang berisi penyebab alarm yang sering terjadi pada generator HMXT-200, yaitu *Differential Pressure Alarm* dan *Low KOH Level*. Pengambilan data dilakukan selama tiga bulan setelah modifikasi pada generator HMXT-200 yaitu bulan Oktober-Desember 2008.



Gambar 5. *Hydrogen Vent* Setelah modifikasi

Tabel 4. *Record Alarm*

No	Time	Date	Alarm
1.	14.12	17-10-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
2.	14.59	17-10-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
3.	15.13	17-10-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
4.	18.26	17-10-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
5.	18.41	17-10-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
6.	14.38	29-10-08	<i>Differential Pressure Alarm</i>
7.	15.52	5-11-08	<i>Low KOH Level</i>
8.	22.45	8-11-08	<i>Low KOH Level</i>
9.	10.33	18-11-08	<i>Low KOH Level</i>

Gambar di bawah ini merupakan probabilitas (kemungkinan) kejadian kedua alarm yang dihitung rata-rata perbulan dalam *pie chart*. Warna biru digambarkan sebagai *Differential Pressure Alarm*, hijau tua untuk *Low KOH Level* dan hijau muda untuk *Pressure Indicator down* pada generator HMXT-200 selain karena kedua hal tersebut.



Gambar 6. Diagram Probabilitas Kejadian Rata-Rata Alarm Perbulan

Relocation Tank Relocation Tank

Maka modifikasi dengan mengubah posisi *hydrogen vent* dan menambah *relocation tank and pressure regulator* yang telah dilakukan pada generator HMXT-200 khususnya pada subsistem elektrolit, *feedwater* dan kontrol gas, telah menurunkan terjadinya alarm dengan penyebab utama *Differential Pressure Alarm* dan *Low Level KOH*, sebanyak  $\pm 50\%$ . Atau bisa dikatakan sudah diperoleh 50% keberhasilan terhadap penyelesaian masalah.

### 6.3. *Differential Pressure Alarm*

Pada modifikasi subsistem *hydrogen vent* seharusnya tidak akan mengalami masalah pada pembuangan gas hidrogen dan air. Dengan logika bahwa air akan mudah mengalir dari atas (DPR1) ke bawah (*sum tank* menuju *drain*), tanpa bantuan tekanan hidrogen yang berarti (karena gaya tarik gravitasi terhadap air).

Pada posisi tersebut, air akan dapat terbuang setelah *gate valve* terbuka. Hal tersebut dilakukan secara manual oleh operator. Membuka *gate valve* pada *drain* secara manual bisa jadi kurang efektif terhadap sistem *vent* ini. *Venting* hidrogen beserta air yang tidak dilakukan secara terjadual menyebabkan kenaikan volume air pada *sum tank* juga tidak dapat diketahui. Sedangkan air pada level tertentu harus segera dibuang atau akan mengganggu sistem *vent* lagi.

Hal yang bisa dilakukan adalah dengan mengusahakan untuk melakukan pembuangan air melalui *drain* secara otomatis dan teratur. Antara lain bisa dilakukan dengan:

1. *timer* pada *drain*
2. *water level control*

### 6.4. *Low KOH Level*

Pengurangan *pressure* hidrogen pada saat *delivery* cukup efektif. Dilihat dengan berkurangnya jumlah alarm dengan penyebab yang sama. Pengurangan tersebut juga merupakan pengurangan kapasitas hidrogen yang dikirimkan sebagai pendingin generator listrik. Maka bisa diartikan Generator HMXT-200 yang sebelumnya mengirimkan hidrogen maksimum 147 PSIG sekarang hanya 100 PSIG. Walaupun yang terjadi dalam sistem adalah bahwa produksi yang dilakukan sistem tetap pada keadaan normal 147 PSIG, yang pada *relocation tank*, *pressure* hidrogen diturunkan menjadi 100 PSIG, sehingga yang terlihat adalah sistem memproduksi hidrogen pada kapasitas dan *pressure* 100 PSIG. Hasil yang efektif pada pengurangan *pressure* hidrogen tidak merupakan hasil maksimal dari modifikasi yang telah dilakukan. Perbaikan dilakukan untuk memperbaiki kinerja ataupun hasil dari sebuah sistem, namun yang terjadi pada modifikasi adalah penurunan hasil produksi. Meskipun dengan cara tersebut, alarm karena *Low KOH Level* telah berkurang hingga 50%,

tetap saja keberhasilan sampai atau mendekati 100% yang diharapkan.

Pada perhitungan disebutkan bahwa *flow rate feedwater pump* tidak bisa memenuhi kebutuhan akan penambahan *feedwater* dalam permintaan maksimum generator. Penyelesaian lain yang bisa dilakukan:

1. menambah besar *flow rate KOH pump*
2. mengganti *KOH pump*

## 6. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil pada penelitian ini adalah :

1. Generator HMXT-200 mengalami dua permasalahan yang sering terjadi dan menyebabkan sistem *shut down*, yaitu *Low KOH Level* dan *Differential Pressure Alarm*.
2. Untuk memperbaiki *Low KOH Level* dilakukan modifikasi dengan menambah *Relocation Tank and Pressure Regulator* sedangkan pada *Differential Pressure Alarm* dilakukan dengan mengubah posisi *hydrogen vent*.
3. Kedua modifikasi yang telah dilakukan menghasilkan 50% keberhasilan, dengan kemungkinan terjadinya alarm dengan penyebab yang sama berkurang hingga 50% pada rata-rata perbulan.
4. Menurunkan kapasitas produksi pada modifikasi *Low KOH Level* tidak memaksimalkan produksi sistem generator HMXT-200.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. Istiani, Novita. 2004. *Hidrogen Sebagai Pendingin Generator*.
2. Kadir, Abdul. 1980. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. LP3ES. Jakarta.
3. Marsudi, Djiteng. 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit & Humas ISTN. Jakarta Selatan.
4. Nur Sani F, Muhammad. 2006. *Relai Diferensial dalam Sistem Proteksi Generator pada Gtg 1.1 di Pltgu Tambak Lorok PT. Indonesia Power UBP Semarang*.
5. *Operation And Maintenance Manual For The Teledyne Titan™ HM Generator Series Hydrogen / Oxygen Gas System ES – M008 (12/03)*. Perpustakaan PT. Indonesia Power.
6. <http://www.teledyne.com/titan.asp>. Diakses tanggal 14 mei 2008.
7. <http://www.indiamart.com/catalysts/>. Diakses tanggal 23 Juli 2008.
8. [http://www.hydrogenassociation.org/newsletter/ad102\\_proton.asp](http://www.hydrogenassociation.org/newsletter/ad102_proton.asp).
9. Diakses tanggal 20 Agustus 2008.
10. <http://www.quadrexcorp.com/new/sri/H2-50%20Generator.pdf>. Diakses tanggal 20 Agustus 2008.

11. [http://www.worldenergy.org/documents/improvedgenperform\\_dickerson\\_genstationcasestudyjsperanza0706.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/improvedgenperform_dickerson_genstationcasestudyjsperanza0706.pdf). Diakses tanggal 20 Agustus 2008.
12. <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-600-2005-001/CEC-600-2005-001.PDF>. Diakses tanggal 13 Desember 2008.
13. <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36734.pdf>. Diakses tanggal 13 Desember 2008.
14. [http://209.85.175.132/search?q=cache:YTJ6N7x8pA0J:www.bjzdfy.com.cn/image/HMX\\_T200.pdf+low+koh+level+h2+generator&hl=id&ct=clnk&cd=18&gl=id](http://209.85.175.132/search?q=cache:YTJ6N7x8pA0J:www.bjzdfy.com.cn/image/HMX_T200.pdf+low+koh+level+h2+generator&hl=id&ct=clnk&cd=18&gl=id). Diakses tanggal 7 Januari 2009.
15. [http://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid\\_valve](http://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid_valve). Diakses 7 Januari 2009.
16. <http://biaoyivalve.indoweblog.com/2008/11/26/what-is-a-solenoid-valve/>. Diakses tanggal 7 Januari 2009.
17. <http://www.patentstorm.us/patents/6303009/description.html>. Diakses tanggal 8 Januari 2009.