

PEMAKAIAN HYDROGEN COOLING SYSTEM PADA GENERATOR UNIT 1 PLTU TAMBAK LOROK PT INDONESIA POWER UBP SEMARANG

Bambang Winardi

Abstrak: Synchronous generator is an ac generator which performs in constant frequency. Synchronous generator in a power station, e.g. Unit I PLTU Tambak Lorok, PT Indonesia Power, Generation Business Unit (UBP) Semarang has to supply the load in long period without rests. Regarding to perform this operation, generator will suffer a heat which comes from energy dissipation as a result of resistance of rotor and stator windings. The heat is very disadvantageous for which it can cause the decreasing of generator performance. If the amount of heat is too excessive, it can cause the damage of generator winding. For this reason, a cooling system is required in the generator for avoiding any cases previously mentioned. One of cooling systems is that uses hydrogen gas. The advantage of the hydrogen gas is that it can bind any heat anywhere it flows.

Kata kunci: Cooler System, generator, hydrogen

Untuk pemenuhan kebutuhan listrik, maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satu diantaranya adalah PT. Indonesia Power UBP. Semarang yang memiliki dua jenis pembangkitan energi listrik yaitu PLTU dan PLTGU. Generator sebagai mesin penghasil energi listrik di pembangkit harus dapat beroperasi kontinyu dalam jangka waktu yang relatif lama. Untuk mendukung kinerja generator dalam operasinya dari kondisi panas dan meningkatkan efisiensi generator maka diperlukan suatu sistem pendingin yang handal. Salah satu sistem pendingin yang dipakai adalah menggunakan sistem pendinginan gas Hidrogen seperti yang digunakan di Generator unit 1 PLTU Tambak Lorok PT.Indonesia Power UBP Semarang.

Tujuan penulisan ini adalah, pertama, mengetahui proses pembangkitan energi listrik di PT. Indonesia Power UBP Semarang tepatnya di PLTU Tambak Lorok. Kedua, mempelajari sistem pendingin generator dengan menggunakan gas Hidrogen di PT. Indonesia Power UBP Semarang tepatnya di PLTU Tambak Lorok.

Energi listrik yang dihasilkan pada proses PLTU berasal dari air laut yang sebelumnya sudah diproses menjadi air murni (*desalination*) dipanaskan pada ketel uap (*steam generator*) dengan menggunakan *burner*. Pada proses pemanasan digunakan bahan bakar berupa solar untuk tahap *start up* dan residu untuk operasi normal. Pemanasan air tersebut menghasilkan uap panas yang kemudian dialirkan ke *heater*. Pada *heater* uap panas tersebut dipanaskan lagi agar uap yang dihasilkan benar-benar kering dan bertekanan tinggi. Kemudian uap tersebut digunakan untuk memutar sudu-sudu pada turbin. Rotor *generator* yang dikopel dengan turbin akan ikut berputar sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Dengan bantuan penguat (*exciter*), tegangan listrik yang dihasilkan di naikan oleh *generator transformer* yang kemudian disalurkan ke konsumen.

Bambang Winardi (bambang@elektro.undip.ac.id) adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang Semarang 50275

pendingin yang disirkulasikan oleh pompa ini didinginkan lagi oleh air laut didalam *auxiliary cooling water heat exchanger*. Kelima, *high pressure heater*, alat ini berguna untuk memanaskan air pengisi ketel yang berasal dari *deaerator storage tank*, yang selanjutnya akan dikirim ke ketel lewat *economiser*.

Keenam, *deaerator* adalah alat yang berfungsi untuk membuang O_2 dan gas-gas lain yang terkandung dalam air kondensat, disamping itu juga berfungsi sebagai alat pemanas air kondensat. Ketujuh, *air ejector* adalah suatu alat yang dikonstruksikan dari sebuah *nozzle* sehingga bila dialiri uap akan dapat menarik udara dan gas-gas yang tidak dapat mengembun didalam *condenser* sehingga *condenser* akan menjadi *vacuum*. Dengan adanya kevakuman pada *condenser* maka akan dapat menaikkan efisiensi dari turbin.

Pada generator terdapat sistem exitasi *generator*, yaitu satu sistem yang menyediakan sumber daya untuk penguatan kumparan medan *generator*. Sistem exitasi pada generator PLTU Semarang tidak menggunakan *exiter* seperti *generator* kuno, tapi dalam mendapatkan sumber arus exitasi diperoleh dari terminal *out put generator* itu sendiri melalui sistem yang terdiri dari komponen-komponen statis, sehingga dinamakan exitasi statis. Jika *generator* belum menghasilkan tegangan yaitu sewaktu unit *start up*, arus exitasinya diambilkan dari *battery (accu)*.

Komponen dari sistem exitasi statis terdiri dari: pertama, Trafo Exitasi, *power potensial transformer* bersama-sama reaktor linear akan memberikan daya exitasi medan *generator* pada waktu beban kosong. Sedangkan *saturable current transformer* yang dihubungkan seri dengan sisi netral *generator* berfungsi untuk memberikan daya exitasi tambahan pada waktu *generator* dibebani dan memberikan daya exitasi pada waktu terjadi gangguan hubungan singkat.

Kedua, *power rectifier* (penyearah daya) terdiri dari rangkaian-rangkaian jembatan dioda yang dihubungkan untuk memperoleh penyearahan gelombang penuh. Input untuk penyearah ini didapat dari output trafo exitasi.

Frekuensi elektrik yang dihasilkan generator sinkron adalah sinkron dengan kecepatan putar generator. Rotor generator sinkron terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan suplai arus DC. Medan magnet rotor bergerak pada arah putaran rotor. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada

mesin dengan frekuensi elektrik pada stator adalah:

$$f_e = \frac{n_r \cdot p}{120}$$

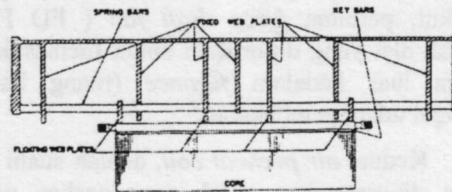
yang mana:

f_e = frekuensi listrik (Hz)

n_r = kecepatan putar rotor = kecepatan medan magnet (rpm)

p = jumlah kutub magnet

Mesin didesain untuk beroperasi secara kontinyu, menghantarkan daya dari terminal armatur / jangkar sehingga perlu ketentuan mengenai pemeliharaan kemurnian dan tekanan hidrogen dan persediaan air pendingin serta minyak pelumas. Detektor suhu dan peralatan lain terpasang didalamnya atau terhubung dengan mesin untuk pengukuran temperatur lilitan dan hidrogen serta kemurnian dan tekanan hidrogen tersebut.

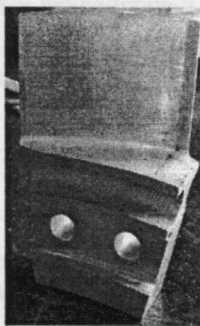


Gambar 2. Kostruksi inti stator dengan pegas (*spring-bar*).

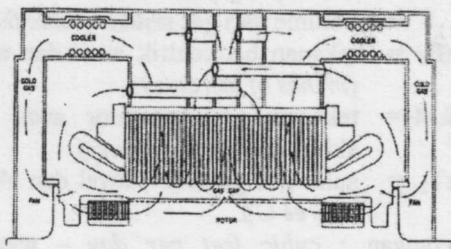
Pegas pada inti stator berfungsi untuk meredam vibrasi magnetik tangensial dan radial dari inti stator sehingga menghasilkan vibrasi yang rendah dan operasi yang tidak berisik. Ujung shield yang berada pada bearing generator yang dibaut pada ujung dari frame stator. Frame stator juga menyediakan tempat untuk pendingin gas. Semua ujung shield, pendingin secara teliti diberi perapat (seal) untuk mencegah terjadinya kebocoran hidrogen dari generator. Inti stator dibuat dari segmen-segmen yang dikuatkan /disatukan diisolasi silikon berkualitas tinggi untuk mendapatkan losses yang minimum.

Kipas-kipas pada rotor membatu ventilasi gas hidrogen pada generator. Sirkulasi aliran gas hidrogen seperti ditunjukkan gambar 3.3. Hidrogen dipaksa oleh kipas menuju celah udara dan juga mengalir ke sekitar inti stator. Penyusunan aliran gas dari dalam dan luar secara bergantian pada inti stator menghasilkan pendinginan yang seragam dari inti dan lilitan stator sehingga dapat terhindar dari pemanasan

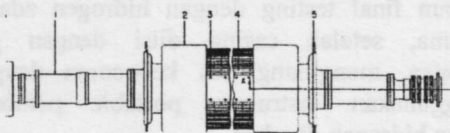
lokal yang berlebih dan menurunkan stress / tekanan yang disebabkan karena adanya perbedaan suhu.



Gambar 3. Kipas untuk sirkulasi hidrogen



Gambar 4. Sistem ventilasi untuk generator dengan pendingin hidrogen



PARTS LIST

1. SHAFT
2. RETAINING RING
3. BALANCE PLUG
4. COIL WEDGE
5. FAN

Gambar 5. konstruksi rotor generator berpendingin hidrogen

Agar lebih aman dan efisien dalam penggunaan hidrogen sebagai pendingin generator diperlukan pengisian gas dalam casing generator. Oleh karena itu shaft seal / perapat poros diperlukan pada setiap ujung generator dimana rotor memanjang hingga ke casing. Sebuah seal / perapat tipe radial oil film / lapisan minyak radial diperlukan untuk tujuan ini.

Shaft seal pada pada tiap ujung generator terdiri dari seal housing yang terdiri atas

sepasang segmen cincin perunggu. Segmen-segmen tersebut diletakkan berlawanan sisi dari dinding housing dan berdiri konsentrik pada poros dengan pegas pengikat. Cincin yang memiliki diameter tertentu yang hanya sekian milimeter lebih besar dengan poros bebas mengambang secara radial tetapi dijaga untuk tidak berputar bersama poros dengan pemasangan terkunci sisi atas pada housing. Housing ini dibaut dengan shield / pelindung pada casing generator. Minyak dari seal-oil control unit pada tekanan sekitar 4,5 psi diatas tekanan hidrogen di dalam generator yang disuplai ke seal housing. Minyak kemudian dilewatkan secara radial melalui ruang antara cincin-cincin dan secara aksial sepanjang poros dalam kedua arah. Aliran minyak ini adalah lapisan sangat tipis dari minyak antara permukaan poros dan permukaan cincin yang sebenarnya merupakan perapat hidrogen di dalam casing.

Penyaring minyak merupakan unit kertas yang dilipat tipe cartridge yang melewati salah satu atau dua sisi dari unit filter untuk penyaringan. Tiap filter diukur untuk secara kontinyu dapat menangani semua permintaan dari minyak perapat / *seal-oil*.

Pengatur tekanan differensial disediakan untuk mengontrol tekanan minyak perapat pada perapat poros. Katup pengaturan didalam regulator tekanan digerakkan oleh diafragma. Koneksi bagian atas ke diafragma disalurkan ke *seal drain enlargement* dan melakukan *sensing* tekanan gas pada casing generator. Koneksi bawah diafragma disambungkan ke saluran suplai *seal-oil* pada *shaft-seal* dan melakukan *sensing* tekanan minyak yang disuplai ke *shaft seal*. Kemudian disesuaikan, regulator akan menjaga tahanan differensial minyak dengan hidrogen 4,5 psi.

Flowmeter disediakan untuk mendapatkan pembacaan seketika dari aliran total minyak perapat (*seal-oil*). Meter ukur tekanan differensial dan dua saklar tekanan differensial diletakkan pada papan meter ukur. Instrumen ini mendeteksi tekanan seal-oil pada perapat yang berhubungan dengan tekanan gas di dalam casing. Saklar dihubungkan secara elektrik untuk menggerakkan kedua pompa *seal-oil* darurat dc yang berlokasi pada tangki minyak dan pada papan pemberitahuan (*annunciator*) pada lemari pengatur hidrogen pada low

differential pressure. Katup disediakan untuk pengaturan dan pengujian saklar ini.

Minyak perapat (*seal-oil*) sisi udara dan minyak bearing generator mengalir menuju ke ruang penampungan yang menyatu dibawah casing generator. Ruang penampungan ini didesain sebagai perluasan saluran bearing (*bearing drain enlargement*), yang menyediakan area permukaan luas untuk menampung minyak sebelum dikembalikan ke tangki minyak utama melalui proses perputaran (*looping*). Bearing drain enlargement ini disirkulasikan ke bagian atas. Tambahan untuk aliran yang natural dalam saluran ventilasi, sebuah tempat pembuangan (*exhauster*) disediakan untuk menjaga tekanan negatif yang kecil didalam *enlargement*. Setiap peristiwa kegagalan dalam suplai minyak perapat poros, hidrogen akan mengalir dari generator masuk ke *bearing drain enlargement* dan diventilasikan ke bagian atas. Perapat loop cair menyediakan penghalang untuk mencegah hidrogen masuk ke tangki minyak pelumasan utama.

Dua buah ruang penampungan yang dinamakan seal drain enlargement disediakan untuk menghilangkan gas hidrogen yang masuk dari minyak yang mengalir dari cincin perapat sisi hidrogen. Salah satu dari perluasan (*enlargement*) ini disusun pada tiap ujung perisai (*shield*) dan keduanya mengalir melalui saluran umum menuju *float trap*. *Float trap* diperlukan untuk mencegah kehilangan hidrogen dengan saluran minyak saat dioperasikan pada tekanan hidrogen yang ditinggikan, mengalir menuju bearing drain enlargement dimana penampungan selanjutnya terjadi sebelum minyak dikembalikan ke tangki minyak utama.

PEMBAHASAN

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut: pertama, menaikkan tekanan di dalam casing mencapai 15 sampai 30 psi. Menjaga tekanan pada saat semua yang terhubung generator seperti tangki penyimpanan, pipa gas yang terhubung, dan juga pipa saluran seal/perapat sedang diuji.

Kedua, melapisi/menutupi semua persambungan dengan sabun cair, liserin dan air sehingga setiap terjadi kebocoran akan timbul gelembung-gelembung udara.

Ketiga, sesegera mungkin bila terjadi kebocoran ditutup / dihentikan, menutup saluran udara kemudian mencatat tekanannya.

Keempat, setelah mesin dilakukan pengujian untuk beberapa jam, kemudian menghitung jumlah kebocoran dari perubahan tekanan udara, menggunakan rumus :

$$L = 238 \frac{V}{H} \left(\frac{M_1 + B_1}{273 + T_1} - \frac{M_2 + B_2}{273 + T_2} \right)$$

dimana :

L = kebocoran gas (*cubic feet per day*) untuk tekanan gas generator rata-rata (M) dalam casing. Jika pengujian dilakukan dengan udara maka L menunjukkan kebocoran udara.

H = durasi pengujian (*hour*)

V = volume dari gas sistem (*cubic feet*)

B₁&B₂ = tekanan barometrik awal dan akhir (*inches of mercury*)

M₁&M₂ = tekanan gas generator awal dan akhir (*inches of mercury*)

T₁&T₂ = suhu gas generator awal dan akhir (*degree C*)

Keterangan : *cubic feet per day* – tekanan barometrik dari 30 inches of mercury dan suhu gas 25°C

Adapun final testing dengan hidrogen adalah pertama, setelah casing diisi dengan gas hidrogen, mengulangi tes kebocoran dengan menggunakan instrumen portable pembaca persen hidrogen di udara.

Kedua, menaikkan tekanan hidrogen hingga mencapai 2 psi atau 55 inches dari air kemudian uji aksesoris hidrogen dan pipa koneksinya dari kebocoran.

Ketiga, menghitung nilai kebocoran hidrogen dari casing menggunakan rumus :

$$L_h = 3,38 L_a$$

dimana :

L_h = ekivalen kebocoran gas hidrogen pada tes tekanan dan kemurnian 98 persen (*cubic feet per day*)

L_a = kebocoran gas, dengan udara didalam generator (*cubic feet per day*)

KESIMPULAN

Pertama adalah Sistem pendinginan pada generator PT. Indonesia Power unit 1 menggunakan gas hidrogen yang disirkulasikan didalam casing generator. Kedua, Proses

sirkulasi gas hidrogen sebanding dengan putaran rotor generator karena sirkulasi gas dilakukan dengan bantuan kipas yang terpasang dibagian ujung lilitan rotor generator sisi eksitasi dan sisi turbin. Ketiga, Sistem pendinginan hidrogen dipantau dan dikontrol melalui hidrogen control cabinet untuk menjaga bahwa sistem pendinginan berjalan normal. Keempat, Gas hidrogen yang disirkulasikan pada generator perlu dilakukan pendinginan untuk melepaskan panas yang diikatnya dari sistem dengan media air yang berada pada gas cooler. Kelima, Perbedaan tekanan antara minyak dan hidrogen (tekanan differensial) dapat dijadikan indikator kemurnian hidrogen dimana semakin rendah kemurnian hidrogen maka tekanan differensialnya akan menurun.

DAFTAR RUJUKAN

....., "Differential fan-pressure gage hydrogen-cooled generator, GEK-27193", Manual Book PLTU Unit 1&2 PT. Indonesia Power UBP Semarang.

....., "Hydrogen leakage and purity formulas, GEI-26599D", Manual Book PLTU Unit 1&2 PT. Indonesia Power UBP Semarang.

....., "Gas leakage test, GEK-27190", Manual Book PLTU Unit 1&2 PT. Indonesia Power UBP Semarang.

....., "Lynn hydrogen-cooled turbine-generator electrical and mechanical features, GEI-5394", Manual Book PLTU Unit 1&2 PT. Indonesia Power UBP Semarang.

....., "Shaft sealing system, GEK-33039A", Manual Book PLTU Unit 1&2 PT. Indonesia Power UBP Semarang.

....., "Operation lynn hydrogen-cooled turbine generator, GEI-53947D", Manual Book PLTU Unit 1&2 PT. Indonesia Power UBP Semarang.

www.indonesiapower.co.id

www.Elektro-indonesia.co.id