

PEMELIHARAAN *FUEL NOZZLE* PADA SISTEM *GAS TURBIN GENERATOR (GTG)* PADA PLTGU

Suwarti, Agung Mulyono

Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang Semarang 50275
Telp. 7473417, 7499585 (Hunting), Fax. 7472396

Abstrak

Fuel Nozzle merupakan alat yang terletak di *Gas Turbin Generator (GTG)* yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar dan udara ke ruang bahan bakar (*Combustion Chamber*) sesuai takaran yang telah disetting pada bagian bagian *Fuel Nozzle*. Penyetingan pada bagian bagian *Fuel Nozzle* meliputi: *Retrainer* sebesar 14 MKP, *Inner Tip* sebesar 20 MKP, *Outer Tip* sebesar 8 MKP dan *Swiler Tip* sebesar 10 MKP. Pemeliharaan dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan system, dimana pemeliharaan *fuel nozzle* termasuk pemeliharaan yang terencana yang terdiri: *Combustion Inspection (CI)*, *Hot Gas Path Inspection (HGPI)* dan *Major Inspection (MI)*. pemeliharaan dilakukan untuk membersihkan dari residu bahan bakar HSD dan Gas, kerusakan part pada *fuel nozzle*.

Kata Kunci : *Fuel Nozzle*, *Combustion Chamber*, *Combustion Inspection*, *Hot Gas Path Inspection*, *Major Inspection*.

1. Pendahuluan

Pusat listrik PLTGU menggunakan sistem GTG dengan bahan bakar *High Speed Diesel (HSD)* dan *Gas*. HSD digunakan untuk bahan bakar cadangan saat bahan bakar *Gas* terjadi kendala saat penyaluran ke *Fuel Nozzle*.

Pemeliharaan merupakan suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, memperbaikinya

- b. ditentukan.
- c. Mempertahankan efisiensi instalasi perangkat dengan tujuan untuk dapat mencapai hasil yang optimal dalam memproduksi tenaga listrik karena tidak ada kerusakan pada *Fuel Nozzle*.
- d. Menjaga keselamatan dan keamanan instalasi pembangkit agar dapat dioperasikan sesuai dengan umur manfaatnya.
- e. Agar produksi tenaga listrik tidak terganggu dan tetap stabil.
- f. Mencegah kerusakan pada system yang lain misalnya system GTG (*Gas Turbine Generator*) karena *Fuel*

sampai pada suatu kondisi yang dapat diterima.

Tujuan dilakukannya pemeliharaan *Fuel Nozzle* Pada PLTGU antara lain :

- a. Mencegah terjadinya kerusakan instalasi *Fuel Nozzle* dengan tujuan agar tidak terjadi penghentian operasi diluar rencana yang
- Nozzle* berhubungan dengan GTG dan HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*)
- g. Agar Peralatan *Fuel Nozzle* berumur Panjang dan tidak terjadi kerusakan yang fatal

2. *Fuel Nozzle* pada Sistem *Gas Turbin Generator*

Fuel Nozzle merupakan inti dari sebuah PLTGU, tanpa menggunakan *Fuel Nozzle* PLTGU tidak bisa beroperasi. *Fuel Nozzle*

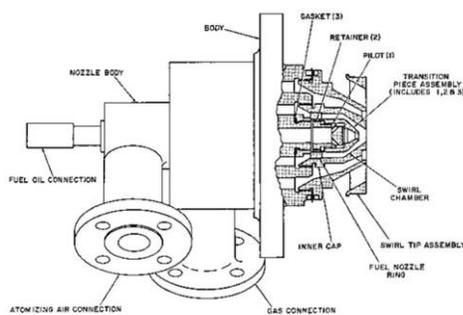
yang digunakan adalah Dual Fuel System. Fuel Nozzle disuplai dengan bahan bakar *natural gas* dan bahan bakar cair (*liquid fuel*) sebagai *changeover* secara otomatis saat *pressure natural gas* mencapai batas minimum yang diijinkan sekitar 18.5 bar.

Operasi Dual Fuel Nozzle

- Perubahan Bahan Bakar (*Fuel Changeover*)
Ketika perubahan dari bahan bakar gas ke bahan bakar cair membutuhkan waktu tunda selama 30 sekon untuk pengisian saluran bahan bakar cair. Untuk perubahan bahan bakar cair ke gas, penundaan waktu tergantung dari *Speed Ratio Valve* dan *Gas Control Valve* sebagai pengatur jumlah tekanan gas yang di pindahkan *combustion chamber*.
- Perpindahan Otomatis Bahan Bakar ketika Tekanan Gas Rendah
Ketika tekanan bahan bakar gas rendah, operasi turbin akan otomatis perubahan ke bahan bakar cair. Pemindahan bahan bakar mengakibatkan waktu tunda untuk pengisian bahan bakar cair pada saluran. Untuk mengembalikan penggunaan bahan bakar gas dengan cara manual.

Sistem Bahan Bakar Fuel Nozzle

Fuel Nozzle terdapat 3 saluran masukan berupa: bahan bakar gas (*Natural Gas*), bahan bakar cair (*High Speed Diesel (HSD)* atau *Marine Fuel Oil (MFO)*) dan udara kompresor.



Gambar 1. Fuel Nozzle

Proses Suplai Gas Alam

Alur kerja bagian-bagian tersebut : Bahan bakar disalurkan masuk terlebih dahulu melewati separator (*retrainer*) yang berfungsi untuk menyaring gas agar bersih dari kotoran. Kemudian bahan bakar Gas tersebut dialirkan melewati **valve – valve pengaturan** (*gas stop/speed ratio* dan *control valve*) yang berada didalam **Gas Valve Compartement**, berfungsi menyesuaikan kebutuhan bahan bakar yang dipergunakan oleh Gas Turbine. Setelah melewati *gas stop/speed ratio* dan *control valve* diteruskan menuju kepipaan **Manifold** yang mendistribusikan ke 14 **Fuel Nozle** bahan bakar Gas yang berada di masing – masing ruang bakar.

Proses Suplai High Speed Diesel (HSD)

Tangki Suplai HSD yang terletak jauh dari *Gas Turbin Generator (GTG)*. Untuk menyalurkan HSD dengan bantuan *forwading skid (Fuel pump)* untuk menyupali kebutuhan unit. Setelah dari *forwading skid*, HSD mengalir melewati *main stop valve* sehingga aliran bahan bakar dapat dibuka atau ditutup. Kemudian untuk menaikkan tekana dengan bantuan *Main Fuel Pump* yang disalurkan ke *Flow Divider*, sedangkan *Flow Divider* untuk membagai Suplai HSD ke setiap *Fuel Nozzle* yang berjumlah 14 buah.

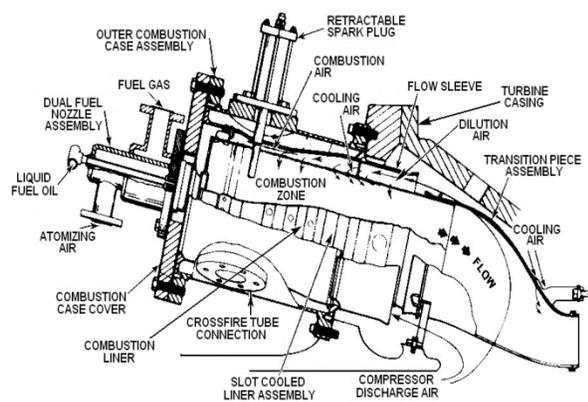
Proses suplai udara

Pada saat start, main compressor masih belum bisa menghasilkan udara dengan tekanan yang cukup untuk mengatomisasi bahan bakar, sehingga digunakan starting compressor yang digerakkan oleh motor elektrik 88AB untuk mensuplay kebutuhan udara atomizing. Pada saat main compressor menghasilkan volume udara yang lebih besar dari starting compressor, maka check valve main compressor akan membuka. Starting compressor akan shutdown pada 95% kecepatan nominal turbine (14HM picks up).

Solenoid 20AB akan bekerja untuk menutup isolation valve VA22 dan mencegah udara masuk ke starting compressor. Main atomizing air compressor digerakkan oleh accessory gear dan menghasilkan udara atomisasi pada saat turbin beroperasi pada kecepatan full speed. Perbandingan tekanan udara atomizing terhadap tekanan compressor discharge harus lebih besar.

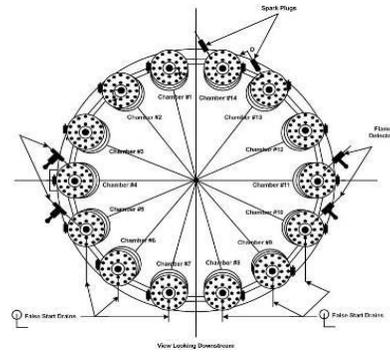
Saat bahan bakar minyak disemprotkan ke dalam combustion chambers, maka akan terbentuk aliran droplets yang besar keluar dari nozzle-nozzle bahan bakar. Droplets tersebut sangat sulit untuk dinyalakan dan dapat menimbulkan asap yang tebal di saluran exhaust. Sistem udara atomizing yang rendah digunakan untuk memberikan udara atomizing melalui orifices tambahan di nozzle bahan bakar yang secara langsung mengenai keluaran fuel jet dari tiap-tiap nozzle. Aliran udara atomisasi ini merubah fuel jet menjadi fine mist yang menyempurnakan proses pembakaran dan menghilangkan emisi partikel ke atmosphere. Sistem udara atomisasi diperlukan sejak saat penyalaan sampai dengan bahan bakar sudah tidak display lagi ke combustor.

Konstruksi Fuel Nozzle pada Sistem Gas Turbine Generator (GTG)



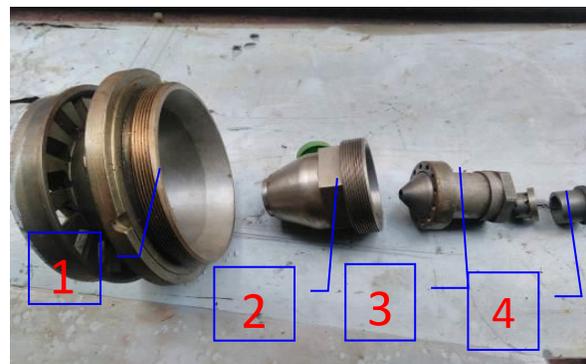
Gambar 2. Letak Fuel Nozzle pada GTG

Fuel Nozzle terdiri beberapa ruang silinder yang terletak melingkar diantara bagian rotor kompresor dan turbin.



Gambar 3. Letak Fuel Nozzle

Fuel Nozzle merupakan tempat pencampuran bahan bakar dengan udara kompresi.



Gambar 4. Bagian bagian Fuel Nozzle

Keterangan :

1. Swiler Tip keluaran bahan bakar dan udara
2. Inner Tip, bagian penginjeksi bahan bakar minyak setelah bertemu udara.
3. Outer Tip, tempat bertemu bahan bakar dan udara, dialirkan ke swiler tip agar terjadi pengkabutan
4. Retrainer, tempat bahan bakar minyak masuk dari penampang besar menjadi beberapa saluran berpenampang kecil sebelum masuk ke inner tip

Penyebab Kerusakan Fuel Nozzle

Untuk mengetahui kegagalan kerja Fuel Nozzle dapat di ketahui dengan memonitor

Exhaust Spreat Temperatur. Sebagai skala temperature yang digunakan di PLTGU pada temperature 280 derajat celcius, jika terdeteksi temperature diatas 280 derajat celcius menandakan kerja dari setiap Fuel Nozzle dalam penggunaan masih baik. Sedangkan jika temperature dibawah 280 derajat celcius maka kerja Fuel Nozzle kurang baik, sehingga dalam penyaluran pada Fuel Nozzle terjadi kendala, maka perlu dilakukan pemeliharaan agar kerja Fuel Nozzle kembali optimam.

Hasil monitoring Exhaust Spreat Temperature jika kerja Fuel Nozzle terjadi kerusakan atau kendala saat beroperasi, dapat disebabkan oleh:

1 Residu

Residu merupakan sisa hasil bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna. Residu bahan bakar MFO dan HSD dari pada residu Gas lebih tinggi, karena MFO merupakan minyak yang tidak tergolong dari jenis distilat tetapi tergolong dari jenis residu. MFO berwarna hitam pekat dengan kandungan sulfur, logam, sedimen, abu yang jika digunakan menyebabkan dampak terhadap ruang bakar dan Fuel Nozzle cepat kotor, sedangkan bahan bakar HSD merupakan bahan bakar yang serupa dengan solar, bahan bakar ini memiliki kandungan abu serta kandungan sedimen yang kecil dan juga memiliki tingkat korosi yang sangat kecil.

Adanya residu pada Fuel Nozzle menyebabkan pengkabutan terjadi masalah dikarenakan bersifat menempel sehingga pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan keluaran udara bertekanan dan temperature tinggi pada turbin tidak seimbang yang dapat berakibat kerusakan sudu sudu turbin gas dan daya untuk membangkitkan menjadi turun.

2 Kerusakan part pada Fuel Nozzle

PLTGU Tambak Lorok merupakan pembangkit yang beroperasi start-stop setiap hari. Suatu mesin akan lebih baik beroperasi pada kondisi continous running. Apabila mesin berhenti akan banyak mengakibatkan terjadi perubahan setting pada system, khususnya pada Fuel Nozzle terjadinya perubahan settingan pada part meliputi: Swiler Tip, Inner Tip, Outer Tip dan Retrainer. Perubahan settingan Fuel Nozzle yang terjadi mengalami perubahan volume bahan bakar dalam penyalura ke Combustion Chamber sehingga kerja dari Gas Turbin Generator tidak optimal.

Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan, dapat dibagi menjadi dua cara :

1. Pemeliharaan yang direncanakan (*Planned Maintenance*)
2. Pemeliharaan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*).

Pemeliharaan pada Fuel Nozzle merupakan pemeliharaan yang terjadwal yaitu:

▪ **CI (Combustor Inspection)**

Bagian pekerjaan yang termasuk dalam Combustor Inspection adalah membongkar, memeriksa dan memperbaiki Fuel Nozzle, Combustor Baske, Transition Pieces dan komponen lain yang berada di dalam Combustor Chamber. Bagian-bagian yang dibuka tersebut harud dibersihkan dengan teliti, diperiksa dan diperbaiki. Pada kesempatan ini juga diperiksa sudu-sudu turbin tingkat pertama yang dapat diperiksa dari lubang tempat pemasangan Transition Pieces.

▪ **HGPI (Hot Gas Path Inspection)**

Tujuan dari inspeksi ini adalah untuk memeriksa bagian bagian

dalam yang bekerja pada suhu yang tinggi akibat gas panas yang dikeluarkan dari proses pembakaran. HGPI digariskan meliputi lingkup secara keseluruhan pada CI sebelumnya. Disamping itu pemeriksaan dilakukan secara rinci *Fuel Nozzle*.

▪ **MI (Major Inspection)**

Major Inspection adalah pemeriksaan dan perbaikan menyeluruh yang dilakukan terhadap semua komponen unit PLTG (Turbin Gas, Kompresor, Peralatan bantu dll). Pekerjaan yang dilaksanakan mencakup pekerjaan *Combustor Inspection*, *Hot Gas Path Inspection*, ditambah dengan membuka Compressor Casing, melepas sudu-sudu kompresor untuk diperiksa / diperbaiki.

Diaphragma Kompresor, Seal labirin, bantalan-bantalan juga dilepas, dibersihkan, diperiksa dan diperbaiki. Dalam pelaksanaan *Major Inspection* ini juga dilakukan alignment (penyetelan-penyetelan) secara menyeluruh.

Pembersihan dan Penyetingan *Fuel Nozzle*

Fuel Nozzle yang terjadi kelainan pembakaran dapat disebabkan oleh perubahan setting momen pada *Fuel Nozzle*, adanya residu yang menempel sehingga menyumbat aliran. Untuk melakukan pemeliharaan *Fuel Nozzle* terlebih dahulu dilakukan pemberian dengan cara membongkar setiap bagian bagian *Fuel Nozzle* yang terdiri *Retrainer*, *Inner Tip*, *Outer Tip* dan *Swiler Tip*, untuk memudahkan dalam pembersihan. Untuk mempermudah pembersihan digunakan carbon dan remover agar residu yang sulit di bersihkan menjadi mudah dibersihkan. Setelah selesai melakukan pembersihan selanjutnya dengan mendinginkan agar kering dari carbon atau remover.

Bagian bagian *Fuel Nozzle* yang sudah bersih dan kering dari cairan solar atau remover dapat dilakukan penyetingan. Settingan dilakukan untuk mengatur tingkat momen bagian *Fuel Nozzle* yang akan mempengaruhi volume bahan bakar atau udara yang melewati agar sesuai dengan standart yang ditentukan . besarnya momen tiap bagian yaitu:

- | | |
|----------------------|--------|
| 1. <i>Retrainer</i> | 14 MKP |
| 2. <i>Inner Tip</i> | 20 MKP |
| 3. <i>Outer Tip</i> | 8 MKP |
| 4. <i>Swiler Tip</i> | 10 MKP |

Catatan MKP: MegaKiloPound

Alat yang digunakan untuk melakukan setting bagian *Fuel Nozzle* dengan alat ukur torsi meter.



Gambar 5. Torsimeter

Kesimpulan

1. *Fuel nozzle* merupakan bagian penting dari sebuah PLTGU yang berfungsi untuk menyalurkan udara kompresi dan bahan bakar gas alam atau dengan bahan bakar cair (MFO dan HSD) dengan cara mengkabutkan (*changeover*) ke combustion chamber untuk proses pembakaran.
2. Hasil pembakaran menghasilkan udara bertekanan dan bertemperatur tinggi sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan turbin gas yang terkopel dengan generator. Hasil keluaran turbin gas selanjutnya ke atmosfer melalui by pass stack untuk *open cycle* dan dialirkan ke HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*)

untuk *combine cycle*. Untuk proses *combine cycle*, hasil gas keluaran gas turbin untuk memanaskan fluida kerja (air dan uap) sehingga berubah menjadi uap kering yang dapat menggerakkan turbin uap yang terkople dengan generator. Fluida kerja keluaran turbin uap, kemudian di kondensasi dengan kondensor. Keluaran kondensor merubah uap menjadi air, yang kemudian dipompa oleh *circulation condensate pump* ke HRSG untuk dipanaskan kembali.

3. *Fuel Nozzle* termasuk pemeliharaan yang direncanakan meliputi : CI (*Combustion Chamber*), HGPI (*Hot Gas Path Inspection*) dan MI (*Major Inspection*). Dalam pelaksanaan pemeliharaan termasuk pemeliharaan bagian unit *Shut down* karena *Fuel Nozzle* sebagai saluran bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

1995. GE Gas Turbin. General Electric Company
GE Power Generation