

## BAB II FAKTA DAN PERMASALAHAN

### A. Fakta

#### 1. Objek Penelitian

*Low Duty Compressor* memiliki fungsi yang sangat penting dikapal LNG. Pesawat bantu ini selalu digunakan disetiap pelayaran dari pelabuhan muat sampai ke pelabuhan bongkar, dan sebaliknya. Pesawat ini, berdasarkan fungsinya yaitu digunakan untuk menghisap *vapour gas* dari dalam tangki muatan, untuk kemudian dikirim menuju ke *Main Boiler* (Ketel Uap Utama) sebagai bahan bakar melalui *Low Duty Heater*. Dan berfungsi untuk menjaga tekanan dari tangki muatan agar tetap konstan sesuai nilai tekanan normalnya, dengan mengambil *Vapour gas* dari dalam tangki muatan. Atau bisa dikatakan bahwa pesawat ini berfungsi untuk memasok *vapour gas* ke *Main Boiler* (Ketel Uap Utama).

Pada prinsip kerjanya, *Main Boiler* ini sistem pembakarannya bisa dibagi menjadi tiga cara pembakaran (*Firing Mode*), yaitu : *Fuel Oil Only Mode*, *Dual Firing mode*, dan *Gas Only Mode*. Pada sistem pembakaran *Dual Firing mode* dan *Gas Only Mode*, *Low Duty Compressor* digunakan untuk memasok *vapour gas* ke *main boiler* secara terus menerus, terutama saat kapal dalam kondisi *Sea Speed*, bukan *Manouvering Speed*. Tepatnya setelah kapal mulai *SOSP (Start Of Sea Passage)* sampai kapal mau tiba dipelabuhan yaitu pada saat *EOSP (End of Sea Passage)*. Pada saat mesin induk bekerja pada kecepatan rendah, *L/D Compressor* distop. Pasokan BOG menuju

ketel uap melalui katub *by-pass* dari kompresor. Karena tanpa kompresor, konsumsi BOG sudah tercukupi. Dengan menggunakan metode yang biasa disebut *Free Flow Boil off Supply*. Jadi, pada intinya, semakin tinggi kecepatan yang dibutuhkan, maka semakin besar pula kebutuhan bahan bakar. Untuk itulah *Low Duty Compressor* dioptimalkan kemampuannya agar bisa memasok gas sesuai ketentuan yang diinginkan untuk mengurangi atau menghemat pemakaian bahan bakar minyak. *Vapour Gas* yang dihisap oleh pesawat ini, kemudian dipanaskan didalam *Low Duty Heater* hingga suhu  $60^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$  sebelum dipasok ke *Gas Burner Boiler*.

*Low Duty Compressor* terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu motor listrik sebagai tenaga penggerak, unit roda-roda gigi dan poros penghubung, bagian kompresor itu sendiri, sistem pengontrolan, serta beberapa *valve cryogenic* yang digerakkan berdasarkan *electric dan hydraulic system*. Dengan dilengkapi sistem penunjangnya, yaitu *heater* dan *steam valve* yang digunakan untuk mengalirkan uap panas dari *Main Boiler* untuk memanaskan *Vapour Gas*. *Low Duty (L/D) Compressor* bekerjanya dapat dikontrol berdasarkan tekanan tangki muatan, tekanan masuk dan tekanan keluar kompresor, aliran gas, serta suhu dari gas itu sendiri. Prinsip kerjanya merupakan suatu kombinasi pengaturan dari hal-hal tersebut. (Kombinasi pembakaran pada boiler bisa dilihat pada lampiran Gambar II.1.)

Dikapal LNG untuk alasan keselamatan, ruangan kompresor dan ruangan motor listriknya harus berada diruangan terpisah. Motor listrik dihubungkan ke unit roda gigi dengan poros antara (*intermediate shaft*). Untuk mencegah bahaya kebakaran dan ledakan, yang di akibatkan masuknya gas *methane* (LNG) ke ruangan motor listrik, jika terjadi kebocoran gas, maka di poros antara ini dibuat sekat ruangan yang disebut *Bulkhead Seal*. Unit roda gigi ini terdiri dari 2 poros, yaitu

poros motor listrik yang terhubung dengan poros antara dan poros yang terhubung dengan sisi kompresor. Apabila motor listrik berputar, maka putarannya akan diteruskan ke unit roda gigi yang kemudian juga akan memutar *impeller* yang ada di unit kompresor. Pada saat *impeller* berputar dengan putaran tinggi, maka energi yang dihasilkan *impeller* akan menghisap gas yang ada di dalam *casing compressor*, sehingga menyebabkan gas tersebut akan tertarik dan terdorong sehingga menimbulkan aliran gas masuk dan keluar kompresor. Demikian terjadinya proses transfer *Boil of gas* dari tangki muatan menuju ke ketel uap utama. (Gambar dari ruang kompresor, ruang motor listrik, dan bentuk dari *Low Duty Heater* dan *Low Duty Compressor*, bisa dilihat pada lampiran gambar II.2, II.3 dan II.4).

#### SPESIFIKASI LOW DUTY COMPRESSOR LNG/C GOLAR MAZO

Merek Pabrik Pembuat	: ATLAS COPCO
Tipe	: Horisontal, Sentrifugal Kompresor
Tenaga penggerak	: Motor listrik
Tahun Pembuatan	: 1998
Jumlah	: 2 unit
Kapasitas	: 6000 m <sup>3</sup> / jam
Tekanan keluar kompresor	: 196 KpaA
Suhu keluar compressor	: 65°C - 75°C
Tekanan masuk kompresor	: 103 KpaA
Suhu masuk kompresor	: - 40°C
Sistem pelumasan awal	: Pompa oli tipe roda gigi
Tekanan oli disisi masuk	: 90 kPa
Suhu oli maksimal pada batas trip	: 65°C

## 2. Fakta Kondisi

Kapal LNG/C Golar Mazo, *dicharter* oleh Pertamina untuk mengangkut LNG dari pelabuhan muat di Bontang, Kalimantan Timur menuju ke pelabuhan bongkar milik CPC (*China Petroleum Company*) di Taiwan. Pada awal bulan Oktober 2014, kapal LNG/C Golar Mazo mendapatkan perintah untuk mengangkut LNG dari Bontang menuju Taiwan selama 7 hari perjalanan. Karena kebetulan tangki penampungan LNG di Bontang sudah penuh, sedangkan di Taiwan sedang terjadi cuaca buruk dan angin kencang, sehingga tidak memungkinkan kapal untuk sandar. Jadi, mau tidak mau kapal harus segera memuat LNG dan langsung berlayar dengan muatan penuh. Untuk perjalanan dalam pelayaran normal, rute dari Bontang ke Taiwan atau sebaliknya, membutuhkan 4 hari perjalanan dengan kecepatan 14 knots - 15 knots. Tapi dengan berubahnya jadwal pengangkutan tersebut, maka waktu pelayaran menjadi lebih lama dan pastinya kapal harus berlayar dengan kecepatan yang rendah. Sehingga kecepatan kapal diturunkan menjadi 10 knots – 11 knots saja.

Secara teori dan pada kenyataannya, pada saat kapal berlayar dari pelabuhan muat menuju pelabuhan bongkar, penguapan dari muatan LNG yang terjadi secara alami karena pengaruh suhu udara luar cukuplah besar, yaitu sekitar 0.01 % - 0.15 % dari total keseluruhan isi muatan didalam tangki setiap harinya. Tapi jika terkena ombak besar dan cuaca buruk yang mengakibatkan kapal terombang ambing, maka proses penguapan muatan bisa lebih besar lagi.

Pengaruh dari lamanya waktu perjalanan, maka berpengaruh juga pada BOG (*Boil Of Gas*) yang dihasilkan secara alami. Artinya, semakin lama kapal berlayar, maka semakin banyak BOG yang

dihasilkan. Dan juga, semakin rendah kecepatan yang dibutuhkan, maka semakin rendah juga bahan bakar yang dibutuhkan, berarti konsumsi BOG untuk ketel uap utama menjadi sedikit.

Pada saat kapal mulai berlayar dari pelabuhan muat, setelah selesai olah gerak dan dilanjutkan dengan kecepatan *Sea Speed*, setelah SOSP (*Start of Sea Passage*), maka segera dijalankan *Low Duty Compressor* nomer 1, untuk menghisap BOG dari dalam tangki muatan dan kemudian dikirim ke ketel uap utama sebagai bahan bakar. Kapal berlayar dengan kecepatan 52 rpm (*Rotation per Minute* atau putaran per menit). Sedangkan tekanan tangki muatan 14 kPa(kilopascal). Dimana ketel uap utama bekerja dengan metode pembakaran *Dual Firing Mode*, yaitu pembakaran dengan bahan bakar ganda, (bahan bakar minyak dan bahan bakar gas). Ditengah perjalanan menuju Taiwan, pada saat melewati daerah perairan Philipina, terjadi ombak yang cukup besar, karena cuaca buruk yang sering terjadi disana. Kondisi kapal menjadi terombang ambing, sehingga tekanan tangki muatan menjadi bertambah naik, sekitar 16 kPa (kilo pascal). Apalagi ditambah dengan pemakaian BOG untuk ketel uap utama hanya sedikit, menjadikan *vapour* dari LNG yang terbentuk menjadi terakumulasi didalam ruang kosong ditangki muatan. Sehingga suhu *vapour* LNG ini menjadi tambah panas, dan mempengaruhi tekanan tangki muatan.

Dengan semakin naiknya tangki muatan, maka diambil tindakan untuk memanfaatkan BOG yang berlebihan ini dengan merubah metode pembakaran ketel uap utama, dari *Dual Firing mode* menjadi *Gas Only Firing mode*. Yaitu metode pembakaran ketel uap yang hanya menggunakan bahan bakar gas (BOG), tanpa sedikitpun menggunakan bahan bakar minyak. Dengan kondisi seperti itu, diharapkan pemakaian BOG menjadi lebih banyak, sehingga tekanan

tangki muatan menjadi turun. Namun, setelah kompresor berjalan sekitar 3 jam, dilayar komputer *Cargo and Engine Monitoring system*, menunjukkan bahwa lampu tanda *anti surge valve* dalam kondisi berkedip–kedip dengan warna hijau, yang berarti *anti surge valve* dalam kondisi terbuka. Hal ini menandakan bahwa kompresor bekerja diarea surging. Mengindikasikan kompresor sedang dalam masalah. Kemudian diambil tindakan untuk memeriksa unit pengontrol kerja kompresor, namun ternyata tidak berfungsi. Hal ini mengakibatkan kompresor tidak bisa bekerja dengan baik. Dan mengakibatkan kompresor tidak mampu menghisap BOG dari tangki muatan untuk dikirim ke ketel uap utama. Sehingga secara otomatis pembakaran ketel uap berubah dari *Gas Only firing mode* menjadi *Dual firing mode*. Dengan demikian, pemakaian BOG kembali menjadi sedikit. Akibatnya, dengan kondisi cuaca yang masih buruk, tekanan tangki muatan menjadi tambah tinggi hingga mencapai 19 kPa (kilo pascal). Dikhawatirkan, jika BOG yang berlebih ini terus menerus meningkat, bisa mengakibatkan kelebihan tekanan dari tangki muatan yang pada akhirnya akan mengaktifkan katub keamanan terbuka, sehingga *vapour* LNG akan terbuang ke udara. Batas tekanan tinggi pada tangki muatan hanya 22 kPaG / 0.22 Kg/cm<sup>2</sup>, dan batas maksimum terbukanya adalah 25 kPaG / 0.25 Kg/cm<sup>2</sup>. Jika hal ini sampai terjadi, maka akan sangat berbahaya buat kru kapal dan kapal itu sendiri. Karena bahayanya dari *vapour* LNG itu jika terlepas ke udara, maka akan membentuk lapisan awan tipis menyerupai udara yang akan mudah sekali terbakar jika terkena radiasi panas. Untuk itu, cara pencegahan agar tekanan tangki muatan tidak mencapai batas tertinggi, adalah dengan menjaga agar tekanan tangki muatan itu selalu tetap, sesuai dengan nilai normal yang ditentukan. Dengan cara memakai BOG untuk bahan bakar ketel uap utama dengan disesuaikan banyaknya penguapan yang terjadi, atau semaksimal

mungkin, sehingga tidak terjadi kendala dalam proses pelayaran. Oleh sebab itu, diperlukan kondisi *Low Duty compressor* dan peralatan pendukungnya bekerja sebaik mungkin. Namun, dalam pengoperasiannya, tidak semudah yang kita perkirakan. Beberapa masalah seringkali kita hadapi, sehingga mengganggu proses kerja dari *Low Duty Compressor* itu sendiri.

## B. Permasalahan

Adapun permasalahan-permasalahan yang penulis hadapi pada saat *Low duty compressor* tidak bisa bekerja dengan baik, yang mengakibatkan terganggunya proses pemanfaatan BOG sehingga penghematan bahan bakar minyak tidak dapat tercapai, menurut identifikasi penulis, antara lain penyebabnya adalah :

### 1. **Capacity Control Low Duty (L/D) Compressor Tidak Berfungsi Dengan Baik.**

*Capacity control* adalah suatu pengontrol untuk menaik turunkan beban *L/D compressor* dengan fungsi control untuk membuka dan menutup IGV (*inlet Guide Vane*), yaitu semacam sirip-sirip kipas yang besar kecil sudutnya bisa di atur untuk menambah dan mengurangi jumlah BOG yang masuk kedalam kompresor sesuai dengan yang diinginkan. Semakin besar sudut bukaan dari IGV, maka semakin banyak juga jumlah gas yang dikirim, dan demikian pula sebaliknya. IGV ini dapat dioperasikan secara manual ataupun otomatis. *Capacity control* ini berupa SLC (*Single Loop Controller*), yaitu semacam instrumen elektronik yang diprogram khusus dan dilengkapi dengan tombol-tombol kontrol, untuk memberikan sinyal elektrik pada *transmitter* untuk

menggerakkan IGV. (*Capacity controller* bisa dilihat pada lampiran Gambar II.5)

## 2. ***Speed Control L/D Compressor Tidak Berfungsi Dengan Baik.***

*Speed control* adalah suatu pengontrol untuk menambah ataupun mengurangi kecepatan putaran dari kompresor. Fungsinya untuk menambah jumlah aliran BOG yang dikirim ke ketel uap, jika bukaan dari IGV sudah maksimal. *Speed control* ini juga berupa SLC (*Single Loop Controller*).

Kedua *controller* ini, yaitu *Capacity control* dan *Speed control*, mempunyai hubungan dengan *Flow control* (Kontrol aliran BOG) dan *Temperature Control* (Kontrol suhu BOG). Pada saat tekanan tangki muatan tinggi, BOG yang dihasilkan terlalu banyak, maka BOG ini bisa kita manfaatkan dengan mengalirkan BOG semaksimal mungkin ke ketel uap dengan cara merubah sistem pembakaran ketel uap dengan metode *GAS ONLY Firing Mode*. Jadi, pembakaran ketel uap sepenuhnya menggunakan BOG, tanpa sedikitpun menggunakan bahan bakar minyak. Jika BOG yang dihasilkan tidak terlalu banyak, kita masih bisa menggunakan BOG untuk ketel uap pada metode pembakaran *Dual Firing Mode*, yaitu sistem pembakaran ganda dengan membakar ketel uap menggunakan dua jenis burner. Yaitu *Fuel Oil Burner* dan *Gas Burner*. Maksudnya adalah pembakaran menggunakan campuran bahan bakar minyak dan gas. Pada metode ini, kita bisa memaksimalkan pemakaian BOG, dan meminimalkan pemakaian bahan bakar minyak. Hal ini sungguh sangat menguntungkan untuk penghematan bahan bakar.



### 3. **Anti Surging Valve Terbuka, Yang Mengindikasikan Kompresor bekerja di Area Surging**

*Anti Surging Valve* adalah katub keamanan yang berfungsi mencegah terjadinya *surging* di kompresor. Katub ini adalah jenis katub *butterfly* yang dioperasikan secara otomatis maupun manual. Secara otomatis menutup atau membukanya katub ini diatur oleh *surge controller*. Apa bila kompresor bekerja di zona *surging* maka *surge controller* akan mengirim sinyal ke *surge valve positioner*, kemudian *positioner* akan membuka aliran udara ke *actuator* untuk membuka *surge valve* ini. Untuk menentukan apakah kompresor bekerja di *surge area*, *surge controller* ini membutuhkan beberapa *input signal* yang dikirim dari *transmitter*, yaitu: tekanan disisi masuk, tekanan disisi keluar, dan aliran gas di dalam kompresor (*gas flow*).

Pada saat kompresor tidak bekerja katub ini selalu dalam keadaan terbuka. Setelah kompresor dijalankan maka katub ini mulai tertutup secara perlahan-lahan sampai tertutup penuh sesuai dengan kondisi pengoperasiannya. Selama kompresor bekerja di area normal katub ini akan selalu tertutup penuh. (Untuk memonitor kondisi *Low Duty compressor* dan sistemnya bisa dilihat pada lampiran Gambar II.6.)

### 4. **Terjadinya Getaran pada poros kompresor**

Definisi sederhana dari getaran adalah gerak bolak balik secara berkala melalui suatu titik keseimbangan. Sedangkan Menurut kamus teknik definisi getaran adalah gerakan terus

menerus, acak, atau periodik dari suatu subjek yang disebabkan oleh *Natural Excitation* dan *Mechanical Faults*. Setiap benda yang berputar akan bergetar karena ia bergerak dan bertumpu pada suatu titik. Dan pada bagian yang berputar, poros bertumpu pada *bearing*. Untuk mengukur getaran pada compressor, dipasang alat yang disebut *Vibration monitor*.

Alat ini terdiri dari sensor unit, *Transmitter (Proximity switch)*, dan monitor. Sensor akan memonitor perubahan jarak dan getaran pada saat poros berputar, kemudian diterjemahkan menjadi sinyal elektrik dan dikirim ke *Transmitter unit*, terus dilanjutkan ke monitor. Pada monitor, sinyal elektrik dari getaran diterjemahkan kembali di monitor menjadi nilai dari besaran getaran. Pada saat kompresor berjalan normal, besar getaran sekitar  $6\mu\text{m} - 8\mu\text{m}$ . *Alarm* akan berbunyi jika getaran mencapai  $15\mu\text{m}$ , dan kompresor akan *trip/mati* secara otomatis jika getaran mencapai  $25\mu\text{m}$ .

##### **5. Kebocoran *Hydraulic Oil System* sebagai penggerak katub–katub pada sistem pemipaan L/D Compressor.**

Pada sistem pemipaan muatan, untuk mengalirkan BOG dari tangki muatan, menuju ke *L/D Compressor*, melalui *L/D Heater*, sampai pada ketel uap, dilengkapi dengan katub–katub *Cryogenic Butterfly* yang sistem penggerak untuk membuka dan menutupnya, dengan tenaga oli hidrolik. Sistem hidrolik ini, ada sebagian pemipannya menggunakan pipa *stainless steel*, dan sebagian lain menggunakan *High Pressure Flexible Hose* (Selang fleksibel untuk tekanan tinggi). Karena usia dari flexible hose ini sudah cukup lama, ditambah lagi karena faktor cuaca dan pengaruh dari kadar garam dari air laut yang terbawa oleh angin, maka kadang bisa terjadi kebocoran yang diakibatkan karena karat yang

merusak lapisan *stainlees steel* selang fleksibel. Sehingga jika terjadi kebocoran oli, maka akan menghambat proses transfer BOG menuju ketel uap, karena katub tidak bekerja secara sempurna.

#### **6. Kebocoran Pada Sistem Pemipaan Uap.**

BOG sebelum digunakan sebagai bahan bakar, harus dipanasi dulu, mengingat suhu dari LNG yang begitu dingin. Vapour gas yang menjadi BOG didalam tangkipun masih bersuhu rendah, yaitu sekitar - 40°C sampai - 45°C. Untuk menghindari kerusakan bahan pada sistem pemipaan karena suhu yang terlalu rendah, dan mempersiapkan pembakaran yang baik, maka BOG ini dipanaskan didalam *L/D Heater* menggunakan sistem pemanas uap yang diambil dari ketel uap. Karena masalah bahan pipa yang usianya juga sudah cukup lama, kadang terjadi juga kebocoran pada sambungan–sambungan pipanya. Jika uap panas yang mengalir ke *L/D Heater* tidak mencukupi karena terjadi kebocoran, maka proses pemanasan BOG pun terganggu, sehingga mempengaruhi proses aliran BOG menuju ketel uap.

#### **7. Kurangnya Pengetahuan Tentang Sistem Kerja Kompresor Dan Pemanfaatan BOG Dari Para Perwira Mesin Dan ABK.**

Dengan semakin berkembang pesatnya industri kapal–kapal pengangkut LNG dan juga kapal penampungan LNG, yang lebih dikenal dengan sebutan FSRU (*Floating Storage And Regasification Unit*), maka semakin banyak juga dibutuhkan kru kapal, baik perwira maupun ABK (Anak Buah Kapal). Tetapi menurut pengalaman dari penulis dan pemberitahuan dari

perusahaan tempat penulis bekerja, yang sudah lama menangani kapal–kapal gas, ternyata pelaut yang berpengalaman dikapal gas tidaklah banyak. Tidak mudah untuk mencari kru kapal gas. Sehingga akhirnya dikirim ke kapal, kru–kru yang masih kurang berpengalaman. Sehingga kadang perwira mesin yang menangani ketel uap, dan pembakarannya, serta yang bertanggung jawab pada turbin generator, kurang memahami sistem kerja dari pemanfaatan BOG ini. Begitu juga yang terjadi dengan ABK dikapal. Dengan kurangnya pengalaman kerja dikapal gas, kadang mereka tidak mengerti apa yang harus dilakukan dan bagaimana proses operasional kapal LNG. Sehingga kadang–kadang terjadi salah pengertian terhadap perintah yang diberikan oleh perwira senior kepada perwira yunior, dan dari perwira kepada ABK.

Dari beberapa identifikasi masalah dan pembahasan tentang masalah–masalah yang dihadapi diatas, maka penulis mengambil dua pokok permasalahan yang menjadi masalah utama, yaitu :

- a. *Capacity Control Low Duty (L/D) Compressor* tidak berfungsi dengan baik.
- b. *Anti Surging Valve* terbuka, yang mengindikasikan kompresor bekerja di area *surging*.