

PELUMASAN UNTUK TURBIN

Oleh :

Ir. Pallawagau La Puppung

INTISARI

Mayoritas dari penggerak mula pada pembangkit tenaga listrik stasioner yang besar menggunakan turbin air, turbin uap atau turbin gas sebagai penggerak generator. Pemberian nama turbin ini tergantung kepada jenis fluida kerja yang digunakan, apakah air, uap atau gas. Pada tulisan ini hanya akan diuraikan tentang pelumasan turbin uap dan turbin gas. Pembahasan akan meliputi prinsip kerja, sistem pelumasan, fungsi, sifat-sifat klasifikasi dan pembersihan minyak lumas untuk turbin.

ABSTRACT

The majority of a prime mover in the stationary generator of high RPM uses water, steam or gas turbines. The giving of name to the turbines depends on the type of the working fluid used is water or steam and gas. In this article there will be only a discussion of steam turbine and gas turbine. The discussions will involve the working principle, lubrication system, characteristics, classification, cleaning of lube in the turbine units.

I. PENDAHULUAN

Mayoritas dari penggerak mula pada pembangkit tenaga listrik stasioner yang besar menggunakan turbin air, turbin uap atau turbin gas sebagai penggerak generator.

Pada turbin air energi potensial dan kinetik air yang sedang mengalir diubah menjadi energi mekanik yang digunakan untuk memutar turbin. Pada turbin uap, uap dengan tekanan dan suhu yang tinggi diekspansikan melalui sudu-sudu turbin, di mana energi panas dari uap diubah menjadi kerja mekanik. Kerja mekanik ini dimanfaatkan untuk memutar generator dan menghasilkan tenaga listrik. Uap panas ini dapat diperoleh dari ketel uap atau dari sumber panas bumi. Turbin gas menggerakkan generator dengan mengubah energi di dalam gas bakar yang panas menjadi energi mekanis. Gas panas biasanya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di dalam suatu ruang bakar dengan udara tekan yang dihasilkan oleh sebuah kompressor turbin.

Ketiga jenis penggerak mula ini memiliki kesamaan di dalam aplikasi dan pelumasannya,

tetapi dalam pembahasan selanjutnya hanya akan diuraikan tentang turbin uap dan turbin gas.

II. PRINSIP KERJA TURBIN

Suatu turbin terdiri atas stator dan rotor. Bagian turbin yang tidak berputar disebut stator atau rumah turbin dan bagian yang berputar disebut rotor atau roda turbin. Roda turbin terletak di dalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros yang menggerakkan beban (generator, pompa, kompressor, baling-baling dan lain-lain). Ada dua bagian utama turbin yang mengarahkan fluida kerja sehingga turbin dapat berputar (lihat Gambar 1), yaitu :

- Nosel, di dalam nosel energi panas dari fluida kerja diubah menjadi energi kinetis, dengan demikian fluida kerja mengalir dari nosel dengan suatu kecepatan yang tinggi.
- Sudu, yang mengubah arah dari fluida kerja yang sedang mengalir dari nosel, dengan demikian suatu gaya yang bekerja pada sudu. Gaya ini timbul karena perubahan mo-

mentum pada fluida kerja tersebut dan gaya ini mendorong sudu sehingga poros berputar.

Di dalam turbin fluida kerja mengalami proses ekspansi, yaitu proses penurunan tekanan, dan mengalir secara kontinu. Fluida kerjanya dapat berupa air, uap air atau gas. Maka turbin diberi nama sesuai dengan fluida kerjanya. Jadi turbin air, turbin uap dan turbin gas berturut-turut adalah turbin dengan air, uap air dan gas sebagai fluida kerjanya.

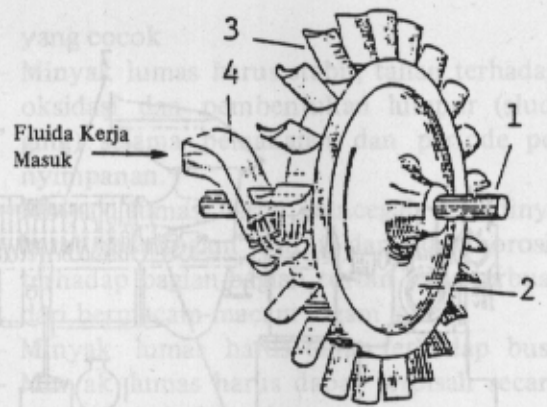
Pada Gambar 2 diperlihatkan penampang sebuah turbin uap dan pada Gambar 3 ditunjukkan sebuah turbin gas dengan bagian-bagian utamanya.

Uap yang berfungsi sebagai fluida kerja turbin dihasilkan oleh ketel uap, yaitu sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Kondisi uap yang dihasilkan itu pada umumnya berkisar antara tekanan 15 kg/cm² dan suhu 125°C untuk daya rendah, sampai tekanan 325 kg/cm² dan suhu 650°C untuk unit modern daya tinggi. Selain dari itu uap dari panas bumi juga dapat digunakan sebagai fluida kerja untuk turbin uap.

Gas yang berfungsi sebagai fluida kerja pada turbin gas dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Udara atmosfer masuk ke dalam kompresor yang berfungsi mengisap dan menaikkan tekanan udara tersebut, sehingga suhunya akan naik. Kemudian udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi itu masuk ke dalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar ke dalam arus udara tersebut, sehingga terjadi proses pembakaran. Proses pembakaran ini berlangsung pada tekanan tetap, sehingga dapat dikatakan bahwa ruang bakar hanyalah dipergunakan untuk menaikkan suhu udara yang bersangkutan.

Gas pembakaran yang bersuhu tinggi itu kemudian masuk ke dalam turbin gas di mana energi panasnya diubah menjadi energi mekanik yang dipergunakan untuk memutar roda turbin dan bebannya (generator, pompa, kompresor dan lain-lain).

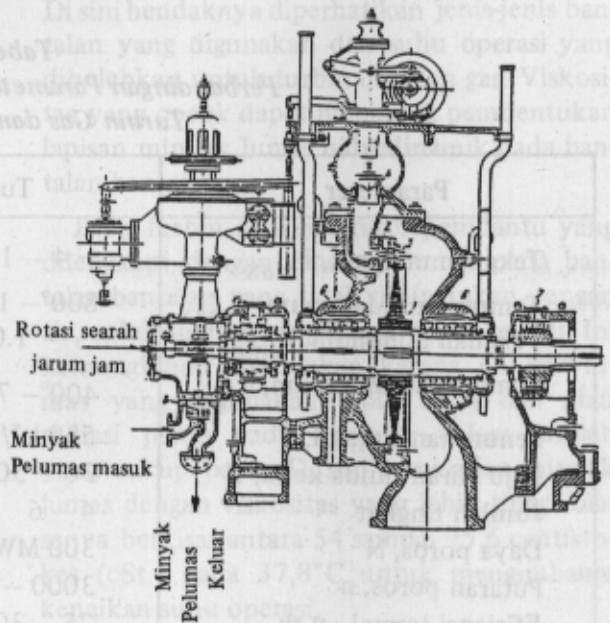
Perbandingan parameter operasional antara turbin gas dan turbin uap ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Sebuah Roda Turbin

Keterangan:

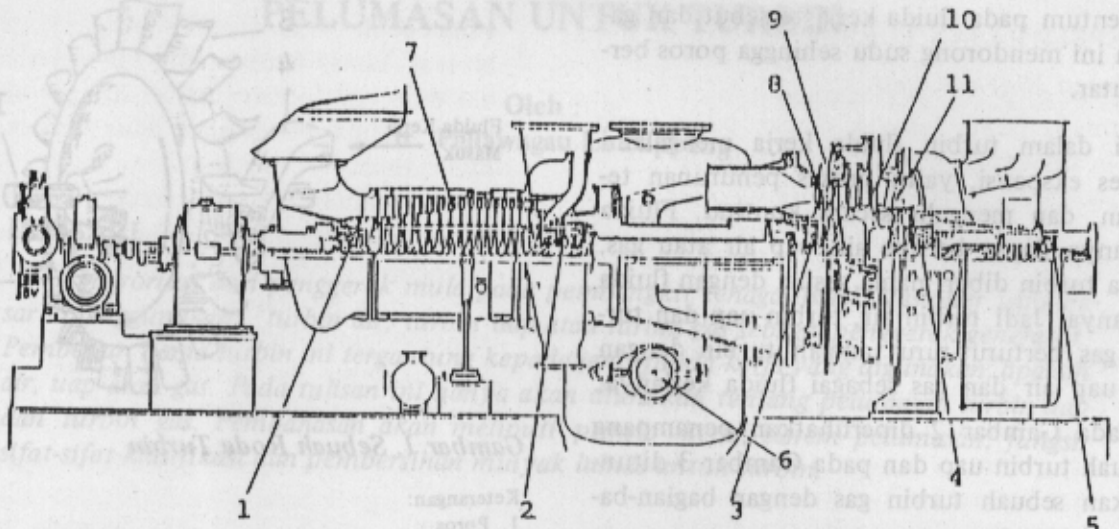
1. Poros
2. Roda Turbin
3. Sudu (Gerak)
4. Nosel (Sudu Tetap)



Gambar 2. Penampang Sebuah Turbin Uap

Keterangan:

1. Roda turbin dua tingkat kecepatan
2. Nosel
3. Sudu pengarah (guide blade)
4. Katup pengatur uap masuk ke dalam turbin
5. Bantalan luncur dan dorong
6. Labyrinth packings poros depan dan belakang
7. Bantalan luncur ujung belakang
8. Pompa minyak lumas roda gigi.



Gambar 3. Penampang Parsial sebuah turbin gas

Keterangan:

- 1. 2, 3, 4, 5, Bantalan
- 6. Penutup ruang bakar
- 7. Sudu-sudu kompresor

- 8. Nosel tingkat pertama
- 9. Sudu-sudu turbin tingkat pertama
- 10. Nosel tingkat kedua
- 11. Sudu-sudu turbin tingkat kedua

Tabel 1
Perbandingan Parameter Operasional Antara
Turbin Gas dan Turbin Uap

Parameter	Turbin Gas	Turbin Uap
Tekanan maximum, P_{max}	~ 4 – 10 Bar	240 Bar
Temperatur Maximum, T_{max}	800°– 1300°C	580°C
Tekanan Minimum, P_{min}	1.0 Bar	0.04 Bar
Temperatur Minimum, T_{min}	400°– 700°C	20°C
Penurunan Entalpi, T	530 kJ/kg fluida kerja	1500 – kJ/kg fluida kerja
Laju aliran fluida kerja, G	30 – 500 kg/s	–
Jumlah tingkat	4 – 6	20 – 40
Daya poros, N	300 MW	600 – 1500 MW
Putaran poros, n	3000 – 6000 RPM	
Efisiensi termal, η_{th}	25 – 30 %	30 – 40%
Berat spesifik	~ 1 – 3 kg/kW	–
Volume instalasi	160 m ³ /MW	800 – 1500 m ³ /MW
Pendingin	Tidak memerlukan fluida pendingin (kecuali untuk pendinginan minyak <i>Lumas</i> dan hidrogen pendingin generator; ~ 500–800 GPM C 95 F)	Air pendingin kondensator ~ 100 x G_{uap} masuk kondensator.

III. PELUMASAN TURBIN

A. Fungsi Minyak Lumas

Fungsi utama minyak lumas pada suatu turbin ada empat, yaitu :

- . Sebagai bahan pelumas
- . Sebagai medium pendingin
- . Sebagai perapat
- . Sebagai pencegah terjadinya korosi.

Sebagai bahan pelumas, minyak lumas harus mampu melumasi semua bagian yang bergesekan sehingga tidak terjadi "metal to metal contact", dengan demikian keausan bagian-bagian yang bergesekan tersebut dapat dikurangi sekecil mungkin. Dengan berkurangnya gesekan tersebut, maka efisiensi mekanisme maksimum dari turbin dapat dicapai. Bagian-bagian utama yang harus dilumasi adalah bantalan-bantalan utama, mekanisme pengontrol dan governor serta roda gigi reduksi.

Pada mesin turbin minyak lumas tidak hanya melumasi bagian-bagian yang bergesekan, tetapi juga berfungsi sebagai medium pendingin. Panas yang terjadi akibat gerakan dan konduksi oleh as turbin yang berasal dari bagian-bagian yang panas akan diserap oleh minyak lumas dan selanjutnya dilepaskan pada saat bersentuhan dengan bagian-bagian yang tidak terlalu panas atau pada alat pendingin minyak lumas (*oil cooler*).

Minyak lumas juga berfungsi sebagai medium perapat misalnya untuk mencegah terjadinya kehilangan hydrogen dari *hydrogen-cooled generators* dan juga untuk memindahkan *impuls* dari *governor*. Ini adalah untuk pengaturan banyaknya fluida kerja yang masuk ke dalam turbin.

Selain dari fungsi-fungsi tersebut diatas, minyak lumas juga berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap terjadinya karat (korosi).

B. Sifat-sifat Minyak Lumas

Untuk memenuhi berbagai fungsi minyak lumas pada suatu instalasi pembangkit tenaga, seperti sebagai pelumas, pendingin, dan mencegah korosi, maka minyak lumas harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Minyak lumas harus memiliki viskositas

yang cocok

- Minyak lumas harus stabil, tahan terhadap oksidasi dan pembentukan lumpur (*sludging*) selama pemakaian dan periode penyimpanan.
- Minyak lumas harus mencegah terjadinya karat pada logam ferrous dan tidak korosif terhadap bagian-bagian turbin yang terbuat dari bermacam-macam logam lain.
- Minyak lumas harus tahan terhadap busa
- Minyak lumas harus dapat terpisah secara cepat dari air dan udara.

1. Viskositas

Minyak lumas yang dipergunakan untuk melumasi turbin harus mempunyai kekentalan yang cukup untuk menjamin pelumasan bagian-bagian yang bergerak, bertindak sebagai medium hidrolis pada sistem governor dan juga untuk menjaga kehilangan gesekan sampai sekecil mungkin pada bantalan-bantalan. Di sini hendaknya diperhatikan jenis-jenis bantalan yang digunakan dan suhu operasi yang dibolehkan untuk turbin uap dan gas. Viskositas yang cocok dapat menjamin pembentukan lapisan minyak lumas hidrodinamik pada bantalan-bantalan.

Pada turbin dan generator pembantu yang dilengkapi dengan cincin pelumas pada bantalan-bantalan yang tidak didinginkan dengan air, suhu operasi yang tinggi dapat terjadi. Ini kemungkinan disebabkan karena minyak lumas yang digunakan lebih kecil dan atau radiasi panas pada bantalan dalam jumlah yang cukup besar. Di sini pemakaian minyak lumas dengan viskositas yang lebih tinggi biasanya berkisar antara 54 sampai 75,6 centistokes (cSt.) pada 37,8°C untuk mengimbangi kenaikan suhu operasi.

Untuk turbin yang memakai roda gigi reduksi, maka untuk mengimbangi beban yang terdapat pada roda gigi diperlukan viskositas minyak lumas yang lebih tinggi, viskositas antara 54 sampai 75,6 cSt pada 37,8°C.

Para perancang turbin gas telah juga membuat pembatasan-pembatasan pada suhu minyak lumas dan bantalan. Direkomendasikan suhu operasi minyak lumas masuk ke dalam bantalan berkisar antara 40 sampai 55°C dan kenaikan suhu 15°C diperbolehkan, dengan

hasil itu dipilih minyak lumas dengan viskositas 32,2 sampai 36,7 cSt pada 37,8°C. Sekali lagi minyak lumas dengan viskositas yang lebih tinggi digunakan pada unit roda gigi dari 82 sampai 118,8 cSt pada suhu 37,8°C.

2. Stabilitas dan Ketahanan Terhadap Oksidasi

Ketika minyak lumas bereaksi dengan oksigen, terbentuk material yang merusak kualitas minyak lumas. Kemudian mereka menjadi tidak dapat larut di dalam minyak lumas, membentuk lumpur, khususnya dengan air dan benda-benda asing yang melayang di dalam minyak lumas, dan membantu pembentukan deposit. Pada oksidasi lebih lanjut minyak lumas akan membentuk asam-asam organik dan pada kasus-kasus berat viskositas akan naik cukup besar. Total acid number (TAN) akan naik, kenaikan menyolok dari harga TAN sudah merupakan petunjuk untuk melakukan penggantian minyak lumas.

Reaksi antara minyak lumas dan oksigen dipercepat oleh kenaikan suhu, logam-logam katalis, air, benda-benda asing yang ada dalam minyak lumas, dan hasil oksidasi itu sendiri. Oleh karena itu di samping pertimbangan viskositas, kenaikan suhu operasi cukup dapat memperpendek umur pemakaian minyak lumas.

Oksidasi dipercepat oleh logam-logam yang berfungsi sebagai katalis. Tembaga, kuningan, perunggu (brons) dan seng adalah katalis efektif utama dan pemakaiannya dihindari sejauh mungkin. Galvanisasi (pelapisan seng) pada pipa besi atau tangki tidak diperkenankan. Efek yang kurang baik dari tembaga dapat di atasi dengan memberi lapisan timah pada permukaan yang akan berhubungan dengan minyak lumas.

Pengaruh kurang baik dari oksidasi minyak lumas diatasi dengan pemakaian *additive oxidation inhibitor* ke dalam minyak lumas. Penambahan aditif ini dimaksudkan untuk mencegah oksidasi yang berlebihan dan dapat memperpanjang umur pemakaian minyak lumas. Minyak lumas turbin hendaknya tidak mengalami kerusakan selama penyimpanan, tidak ada perubahan sifat-sifat yang cukup berarti selama penyimpanan.

3. Pencegahan Karat dan Korosi

Kemampuan minyak lumas untuk mencegah karat dan korosi merupakan suatu sifat yang penting, karena sifat ini adalah penting untuk menjamin pelayanan peralatan yang lama dan dapat dipercaya. Pada turbin uap dan turbin gas, selalu ada kemungkinan kontaminasi air. Efek-efek yang merugikan dari pengkaratan permukaan-permukaan besi atau baja yang bergosokan adalah sangat jelas. Partikel-partikel karat atau oksidasi di dalam sistem hidrolis dari governor pengatur akan menjadikan pengaturan tidak efektif, merusak peralatan dan memerlukan biaya down time yang cukup besar untuk pembersihan dan reparasi. Partikel-partikel di dalam sistem pelumasan dapat juga tertancap pada permukaan bantalan, sehingga permukaan bantalan mengalami kerusakan berat.

Sementara saringan dan sistem pembersihan minyak lumas digunakan untuk menghilangkan benda-benda asing dari minyak lumas, metoda yang paling efektif untuk pencegahan kerusakan akibat karat dan korosi adalah pemakaian minyak lumas yang memiliki kemampuan untuk mencegah karat dan korosi pada sistem yang dilumasi. Minyak yang memiliki kemampuan ini adalah minyak yang telah diberi aditif anti korosi. Karat dalam bentuk partikel atau senyawa oksida lainnya, selain mempercepat terjadinya oksidasi juga bersifat abrasif dan dapat menyebabkan keausan.

Jika suatu minyak lumas telah digunakan untuk periode yang cukup lama, oksidasi yang berlebihan dapat terjadi, produk-produk oksidasi minyak lumas dapat menjadi korosif terhadap logam bantalan tertentu (*high lead babbit bearings*), dan mempercepat pembentukan lumpur dan endapan. Pemeriksaan *neutralization number* dipergunakan untuk mengukur tingkat oksidasi, sehingga diperoleh indikasi jumlah produk-produk oksidasi yang ada. Beberapa pemakai memilih batas nilai *neutralisasi* 0,50 sebagai indikasi untuk penggantian minyak lumas.

4. Ketahanan Terhadap Busa

Pembentukan busa pada permukaan minyak lumas di dalam tangki minyak lumas

(*sump tank*) menunjukkan adanya udara di dalam minyak lumas. Suatu hal yang penting adalah udara yang masuk ke dalam minyak lumas ketika mengalir melalui sistem pelumasan dikeluarkan sebelum minyak lumas tersebut diresirkulasikan. Adanya udara di dalam minyak lumas menurunkan aliran minyak lumas ke bantalan-bantalan dan menyebabkan operasi tidak menentu dari governor. Minyak lumas turbin dibuat sedemikian rupa sehingga ia mampu melepaskan dirinya sendiri dari udara dengan cepat.

Bila busa berkelebihan, akan mengakibatkan kekurangan aliran minyak lumas, bisa menyebabkan kontak antara logam dengan logam. Akibat lain adalah kecenderungan untuk teroksidasi bertambah, karena adanya kontak antara minyak lumas dengan udara. Juga adanya busa mengurangi perpindahan panas dari bantalan.

Busa dapat juga disebabkan oleh penambahan minyak lumas baru yang terlampau banyak, hingga mempengaruhi keseimbangan kimia minyak lumas.

5. Demulsibilitas

Air dapat masuk ke dalam sistem pelumasan melalui kebocoran pada perapat gland dari turbin uap atau pada alat pendingin minyak lumas dan melalui kondensasi dari atmosfer di dalam tangki penampung minyak lumas turbin. Minyak lumas harus memiliki *demulsibilitas* yang baik, artinya minyak lumas dapat terpisah secara cepat dari air.

Dengan adanya kotoran-kotoran mungkin sekali terjadi emulsi dengan air. Pada kasus ekstrim, hal ini dapat menjurus kepada pemutusan lapisan minyak lumas pada bantalan, yang dapat menyebabkan terjadinya kontak langsung antara logam dengan logam. Oleh karena itu kecepatan pemisahan tersebut perlu diperiksa secara periodik. Contoh minyak lumas dicampur sedikit air di dalam sebuah botol. Setelah dikocok, waktu pemisahan dicatat. Minyak turbin yang baik dapat menahan air dalam jumlah yang sangat kecil, kurang dari 0.2% kandungan air.

Kandungan air maksimum yang diperkenankan dalam minyak lumas turbin ditunjuk-

kan pada Tabel 2, petunjuk ini diberikan oleh beberapa pemakai atau pabrik pembuat.

C. Sistem Pelumasan

Pada umumnya turbin, baik *direct drive* maupun *gear drive* menggunakan sistem pelumasan sirkulasi. Sumber tekanan dalam sistem sirkulasi adalah pompa roda gigi atau pompa sentrifugal yang digerakkan oleh fluida kerja turbin, listrik ataupun dengan bantuan roda gigi reduksi.

Skema prinsip sirkulasi minyak lumas untuk suatu turbin uap ditunjukkan pada Gambar 4. Ini adalah salah satu sistem yang banyak digunakan untuk mensuplai minyak lumas ke dalam turbin.

Minyak lumas dari bak reservoir diisap oleh pompa minyak lumas utama 1 (pompa roda gigi) melalui suatu katup aliran searah (*non return valve*) 2. Pada turbin besar kadang-kadang dipergunakan *helical gear pumps* sebagai pompa minyak lumas utama. *Helical gear pumps* memiliki keuntungan-keuntungan konstruksi tertentu dibandingkan dengan pompa roda gigi biasa. Daya yang diperlukan dalam operasi lebih kecil, pemasangan lebih sederhana dan umur pemakaian lebih lama. Pompa minyak lumas utama mensuplai minyak lumas di bawah tekanan ke mekanisme *servomotor* dari *speed governor* dan kebantalan-bantalan luncur dan dorong pada turbin, melalui pereduksi tekanan 3. Sebelum minyak lumas masuk ke dalam bantalan-bantalan minyak lumas disaring pada filter kemudian dilibatkan melalui alat pendingin minyak lumas 5 di mana minyak tersebut didinginkan. Untuk mendapatkan distribusi minyak lumas sebagaimana mestinya antara berbagai bantalan, maka sistem pipa dilengkapi dengan diafragma pengatur aliran yang terdiri dari beberapa orifis yang ukurannya bervariasi. Minyak lumas terpakai dari bantalan-bantalan dikumpulkan ke dalam suatu pipa dan kemudian dikembalikan ke bak reservoir. Sistem pelumasan dilengkapi dengan katup pengaman 4 yang dalam hal terjadi tekanan yang berlebihan, maka sebagian minyak lumas dapat dikembalikan ke bak reservoir melalui katup pengaman. Jadi menjaga tekanan minyak lumas pada batas yang diperlukan.

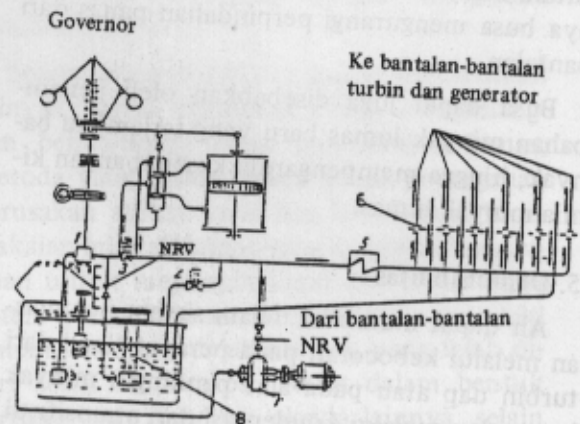
Tabel 2
Kandungan Air Maksimum Yang Diperkenankan Dalam Minyak Lumas Turbin

Petunjuk Diberikan Oleh Pemakai Atau Pabrik Pembuat	Kandungan Air Maksimum Yang Diperkenankan	Frekuensi Pengambilan Contoh	Operasi Purifier
Chemical Plant, Texas Consulting Firm	4000 wppm 2000 wppm (hanya turbin uap)	Bulanan —	Intermitten —
Refinery, Eropah	1000 wppm (Air pengisi ketel dan air pendingin pompa)	Bulanan	Intermitten
Refinery, Kentucky	1000 wppm	—	Bila diperlukan
U.S. Navy (MIL-P-20632 A)	500 wppm	—	Kontinu
Consulting Firm	500 wppm (hanya turbin gas)	—	—
Chem. Plant, Canada	200	Visual	Bila diperlukan

Tekanan kerja minyak lumas biasanya dicapai oleh pompa minyak lumas utama setelah kira-kira setengah kecepatan normal dari rotasi poros turbin. Jadi pada saat menjalankan (*starting*) dan mematikan (*stopping*) turbin, pompa minyak lumas utama tidak dapat mensuplai minyak lumas dengan tekanan dan kuantitas yang diperlukan, oleh sebab itu turbin dilengkapi dengan pompa minyak lumas pembantu untuk mensuplai minyak lumas sesuai dengan tekanan yang diperlukan ke bantalan-bantalan turbin dan generator. Sebelum turbin dijalankan pompa minyak lumas pembantu dijalankan untuk menjaga suplai minyak lumas baik untuk pelumasan maupun untuk sistem governor.

Minyak lumas yang digunakan cukup banyak agar dicapai level minyak lumas yang memadai sehingga suhu dapat dipertahankan. Sebagai ilustrasi sebuah turbin yang mempunyai kapasitas sampai 260 liter per mega watt harus dapat disirkulasikan 8 kali tiap jam. Atau dengan aliran 2,3 liter per kWh.

Sementara itu turbin-turbin di bawah 200 HP sering dilengkapi dengan cincin pelumas pada bantalan-bantalan, sedangkan bagian-bagian berputar lainnya dilumasi secara manual. Sedangkan turbin dengan ukuran sedang, terutama yang memakai roda gigi reduksi dapat memakai cincin pelumas pada bantalan-bantalan dan sistem sirkulasi. Sirkulasi ini digunakan untuk melumasi roda gigi secara semprotan (*spray*) atau untuk melumasi bantalan.



Gambar 4. Sistem sirkulasi minyak pelumas pada suatu turbin uap

Keterangan:

1. Pompa minyak lumas utama (pompa roda gigi)
2. Non return valve
3. Pereduksi tekanan (pressure reducer)
4. Katup pengaman
5. Pendingin minyak lumas (oil cooler)
6. Orifis pengatur distribusi minyak lumas
7. Pompa minyak lumas pembantu digerakkan oleh motor
8. Pompa minyak lumas pembantu digerakkan oleh turbin NRV - Non Return Value.

IV. KLASIFIKASI MINYAK LUMAS INDUSTRI

Minyak lumas turbin adalah termasuk minyak lumas industri. International Organization for Standardization (ISO) telah menyusun klasifikasi untuk minyak lumas industri.

Dari klasifikasi tersebut dapat dilihat bahwa variasi viskositas minyak lumas industri pada suhu 40° C cukup besar, yaitu minimum 1,98 cSt. sampai maximum 1650 cSt. Dengan diketahuinya tingkat viskositas (ISO VG) suatu minyak lumas turbin, maka batas-batas viskositas minimum dan maximum minyak lumas tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3
Klasifikasi Viskositas Minyak Lumas Industri Menurut ISO

Tingkat Viskositas ISO	Nilai Tengah Viskositas Centistokes pada 40° C	Batas viskositas Kinematik Centistokes pada 40° C	
		Minimal	Maksimal
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11.0
ISO VG 15	15	13.5	16.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	28.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90.0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

V. PEMBERSIHAN SISTEM PELUMASAN

A. Pembersihan Minyak Lumas

Pada turbin uap dan turbin gas, umumnya minyak lumas disuplai dari satu sentral. Minyak lumas dari satu sentral ini digunakan untuk melumasi bantalan-bantalan utama turbin dan generator, governor dan peralatan bantu lainnya dan juga berfungsi sebagai fluida hidrolik pada sistem pengaturan. Untuk melaksanakan semua fungsi ini secara baik dalam periode yang lama pada operasi yang terus menerus, maka minyak lumas harus dijaga kondisi kebersihannya. Untuk menjamin unjuk kerja yang memuaskan, maka sistem pelumasan dilengkapi dengan peralatan yang dapat mengeluarkan air, lumpur dan benda-benda asing dari minyak lumas.

Metoda dasar pembersihan minyak lumas ada tiga, yaitu:

- pembersihan gravitasi
- pembersihan sentrifugal dan
- saringan.

Pembersihan gravitasi hanya efektif untuk kontaminan yang lebih berat dari pada mi-

nyak lumas. Kecepatan pemisahan tergantung kepada viskositas minyak lumas, ukuran dan gravitasi spesifik dari kontaminan. Walaupun pemisahan gravitasi kadang-kadang terpenuhi selama waktu jeda minyak lumas pada berbagai kompartemen dari peralatan pembersih, tetapi masih harus dilengkapi dengan satu atau lebih metoda pembersihan yang lain. Pembersihan gravitasi ini tidak umum dipakai, karena cukup memakan waktu, memerlukan peralatan dan jumlah minyak lumas yang banyak.

Pembersihan *sentrifugal*, adalah merupakan pemisahan gravitasi yang dipercepat. Di sini kontaminan air dan padat dipisahkan dengan menggunakan gaya sentrifugal yang dibangkitkan dengan memutar minyak lumas pada kecepatan yang tinggi. Kecepatan pemisahan adalah tergantung kepada viskositas minyak lumas, ukuran dan gravitasi spesifik dari kontaminan. Minyak bersih dan air yang sudah dipisahkan dikeluarkan secara otomatis oleh centrifuge. Lumpur dan kontaminan-kontaminan padat tinggal di dalam *centrifuge bowl* atau mungkin dikeluarkan secara otomatis dengan *self cleaning types*.

Banyak jenis saringan yang juga dapat digunakan untuk mengeluarkan benda-benda yang melayang dari minyak lumas. Tetapi jika digunakan minyak lumas yang mengandung aditif, bahan saringan hendaknya dipilih dengan hati-hati karena beberapa jenis akan menghilangkan semua atau sebagian dari aditif.

B. Pembersihan Sistem Pelumasan

1. Turbin Baru

Penanganan yang cermat dan kebersihan mutlak diperlukan pada pemakaian instalasi baru. Betapapun bersihnya sebuah peralatan yang ke luar dari pabrik, debu dan kotoran akan mengumpul di dalam pipa-pipa, reservoir dan rumah bantalan serta tanda-tanda adanya korosi dapat timbul pada sambungan-sambungan. Pembilasan turbin baru atau yang baru mengalami *overhaul* mutlak diperlukan. Maksudnya adalah untuk mengeluarkan semua benda-benda asing yang dapat mempengaruhi *smooth operation* dari komponen-komponen vital seperti bantalan dan governor. Benda-benda asing tersebut dapat berupa air, kotoran,

logam, serat kerak dan juga kontaminan yang berasal dari bahan *rust-preventive*.

Prosedur pembersihan dan pembilasan dapat berbeda dari satu pabrik kepada lainnya, namun di bawah ini dapat disebutkan hal-hal yang pokok :

a. Tahap Pendahuluan

Kontaminan-kontaminan yang agak besar di dalam tangki, reservoir dan sebagainya harus dibersihkan lebih dahulu. Antirust coating, harus dikeluarkan dari permukaan metal dan segera diganti dengan mengoleskan minyak lumas yang mengandung penahan karat. Kotoran-kotoran dan debu-debu yang melekat mesti dibersihkan, di mana udara tekan dapat dipakai. Bantalan-bantalan tidak termasuk di dalam sistem pembilasan, karena kemungkinan pengrusakan akibat benda-benda abrasif.

b. Minyak Pembilas

Dianjurkan untuk memakai minyak dari jenis dan grade yang sama untuk pemakaian normal, karena pada waktu pengosongan nantinya selalu akan tinggal sedikit minyak.

c. Pembilasan

Operasi ini dengan membuat minyak lumas disirkulasikan dalam keadaan turbin tidak berputar. Semua pompa-pompa sirkulasi umumnya dijalankan, walaupun seringkali pembilasan dilakukan dengan pompa yang menghasilkan debit paling tinggi, seperti pompa utama dan pompa pembantu.

Pada awal pembilasan semua kontaminan seperti sisa-sisa pengelasan, pasir, kerak, kotoran, dan lain-lain agaknya terbawa dalam sirkulasi. Saringan halus dipasang pada sisi inlet semua bantalan. Bantalan-bantalan dan governor untuk sementara di by-pass sampai pemeriksaan terhadap saringan menunjukkan komponen-komponen vital ini sudah boleh diikutkan dalam sirkulasi.

d. Kondisi Pembilasan

Untuk memperbaiki sifat untuk membersihkan minyak pembilas perlu dipanaskan antara 52° - 82° C, lebih tinggi dari kondisi pemakaian normal. Dengan demikian pipa-pipa berikut fittings tidak lagi akan mengeluarkan kerak atau senyawa-senyawa menempel lain-

nya sebagai akibat ekspansi thermal.

e. Pembersihan

Selama pembilasan semua peralatan pembersihan: saringan-saringan, centrifuge harus dipakai terus selama operasi. Untuk mempertahankan kecepatan serta pembersihan minyak semaksimal mungkin, peralatan tersebut sewaktu-waktu perlu diganti atau diservis malah dianjurkan pula untuk melengkapi sistem dengan sebuah saringan yang halus.

f. Akhir Pembilasan

Bilamana saringan-saringan menunjukkan tidak ada lagi penambahan kontaminan, minyak pembilas segera dikosongkan seluruhnya, lebih-lebih pada suhu operasi. Governor perlu diperiksa kebersihannya dan minyak lumas untuk turbin tersebut sudah dapat diisi ke dalam sistem. Selanjutnya minyak disirkulasikan pada suhu sekitar 54° C di mana katup-katup penyemprot dibuka. Turbin masih dalam keadaan diam, tetapi agaknya pemakaian *jacking pump* masih perlu sampai tidak ada lagi partikel yang tertahan oleh saringan dan centrifugal. Kemudian turbin dijalankan pada kecepatan rendah atau bisa dengan bantuan turning gear, sampai semua komponen-komponen yang diperlukan basah oleh minyak.

2. Turbin Sudah Dipakai

Turbin-turbin pada pemakaian menimbulkan deposit permukaan dalam dari sistem pelumasan. Jika sistem pembersihan berjalan baik deposit tersebut tidak akan berkelebihan, tetapi bila sebaliknya akan merendahkan efisiensi pendinginan serta mempengaruhi penghantaran panas. Akibat lainnya adalah menghalangi aliran minyak, mempengaruhi kerja governor dan juga oleh pengaruh katalis, dapat mempercepat oksidasi.

Deposit meliputi debu, kotoran, karat ataupun breakdown dari minyak lumas serta emulsi. Dengan demikian diperlukan untuk membersihkan turbin sesudah pemakaian yang panjang.

a. Tahap Pendahuluan

Mula-mula minyak lama dikosongkan dengan mengusahakan agar alirannya semaksi-

mum mungkin antara lain dengan melepaskan bantalan-bantalan sebelah atas dan melepaskan orifices. Sebelumnya semua tangki dan reservoir harus dibersihkan (secara manual) kemudian diisi minyak pembilas, hal mana dimaksudkan untuk lebih menjamin pengeluaran deposit.

b. Minyak Pembilas

Dianjurkan menggunakan dua macam minyak pembilas, yang pertama dengan minyak mineral berviskositas rendah. Yang kedua dengan minyak sama yang dipakai untuk pemakaian normal.

c. Kondisi Pembilasan

Minyak pembilas perlu dipanaskan agar mencapai suhu antara $71^{\circ} - 82^{\circ}\text{C}$. Ini akan menambah daya pelarutan minyak dan memudahkan pelepasan deposit dari pipa-pipa.

d. Pembilasan

Minyak pembilas yang dipanasi disirkulasikan selama 2 jam, kemudian dihentikan selama 1 jam selanjutnya siklus ini diulangi 2 kali lagi. Setelah itu saringan-saringan, bantalan-bantalan alat pendingin minyak lumas dibersihkan dengan tangan.

Sirkulasi dengan minyak pembilas baru diulangi lagi sampai keseluruhan sistem jadi bersih. Biasanya operasi kesemuanya ini tidak akan melebihi waktu 48 jam.

Selama pembilasan turbin harus diputar dengan *turning gear* dan *centrifuge* dijalankan. Setelah semua sistem betul-betul bersih beru-

lah minyak pembilas diganti dengan minyak lumas yang akan dipakai pada kondisi normal. Minyak ini disirkulasikan selama sekitar 2 jam pada saat mana turbin masih diputar dengan *turning gear* agar terbentuk oil film.

c. Akhir Pembilasan

Pada akhir pembilasan, minyaknya dikosongkan dari system. Jangan sampai ada yang tersisa, terutama di bagian-bagian yang rendah. Pemeriksaan terhadap bantalan-bantalan, reservoir dan pipa-pipa diperlukan untuk mengecek kalau-kalau masih ada deposit yang tertinggal.

Sekarang turbin siap menerima minyak lumas baru dipakai seterusnya.

VI. KESIMPULAN

1. Minyak lumas pada turbin memiliki empat fungsi utama, yaitu :
 - . Sebagai bahan pelumas
 - . Sebagai medium pendingin
 - . Sebagai perapat
 - . Sebagai pencegah terjadinya korosi.
2. Untuk memenuhi fungsi-fungsi tersebut di atas, maka minyak lumas harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :
 - . Viskositas yang cocok
 - . Stabil, tahan terhadap oksidasi dan pembentukan lumpur selama pemakaian dan penyimpanan.
 - . Dapat mencegah terjadinya karat pada bagian-bagian turbin
 - . Tahan terhadap busa
 - . Mudah terpisah dari air dan udara.

DAFTAR PUSTAKA

1. Heinz P. Bloch, Criteria for Water Removal from Mechanical Drive Steam Turbine Lubrication Oils, *Lubrication Engineering*, Vol. 36, 12,669 - 707, December 1980.
2. P. Shlyakhin, Steam Turbines, *Peace Publishers*, Moscow.
3. P.L. Ballaney, Thermal Engineering, *Khanna Publishers*, Delhi, 1980.
4. P. Akimov, *Marine Power Plant*, Peace Publishers, Moscow.
5. R.S. Khurmi, *Heat Engines*, S. Chand & Co. Ltd., New Delhi, 1980.
6. Stationary Turbo Generators, *Caltex Lubrication*, Vol. 15, No. 12, December 1960.
7. Wiranto Arismunandar, *Penggerak Mula Turbin*, Penerbit ITB, Bandung, 1980.