

RODA GIGI KENDARAAN BERMOTOR DAN DASAR PELUMASANNYA

Oleh :

Bambang Widodo

SARI

Roda gigi kendaraan bermotor yang kita maksudkan di sini, ialah roda gigi untuk rangkaian penggerakannya. Pertama rangkaian roda gigi sistem pengatur tenaga dan kecepatan yang biasanya memakai pelumas dengan tingkat kekentalan menurut SAE 90, dan kedua rangkaian roda gigi pembagi tenaga putar ke roda-roda kendaraan bermotor yang memakai pelumas dengan tingkat kekentalan menurut SAE 90 atau SAE 140 sesuai petunjuknya.

Tingkat kekentalan ini berbeda karena adanya perbedaan pada masing-masing rancangan roda gigi yaitu : ukuran giginya, celah bebasnya, beban yang diterimanya maupun tebal lapisan pelumas yang dibutuhkannya. Diperlukan pula suatu mutu tertentu untuk menjamin kelancaran dan panjangnya umur roda gigi, antara lain :

- Dapat memperkecil terjadinya keausan.
- Dapat meredam pengaruh terjadinya tumbukan yang keras di permukaan roda gigi yang berhubungan.
- Dapat menyerap panas yang timbul karena adanya tumbukan keras tersebut dan gesekan antara logam.
- Tidak berbuih, bersifat pembersih, tidak menyebabkan terjadinya karat dan lain-lain.

ABSTRACT

Automotives gear mechanism are the gearing for its power train; first the transmission gear system which is used SAE 90 oil and second is the differential gear mechanism which uses the SAE 90 or SAE 140 oil, depend on its instruction manual.

The difference on the oil viscosity relates with the gear design itself, the sizes, the backlash, the load apply on it and also the oil thickness (oil film) required. There also need some quality of the oil to get a good operation and a good life time of the gear mechanism, these qualities are as follows:

- Reducing or minimizing gears wear.
- Protects from extreme pressure that can be accur in mesh gear when in operation.
- Heat absorbent, anti foam, anti rust etc.

I. PENDAHULUAN

Hubungan dengan memakai roda gigi tentu amat berarti di dalam unjuk kerja peralatan-peralatan mekanikal; berbagai fungsi dan keperluan dapat dicapai dengan adanya sistem ini. Beberapa fungsi yang dapat disebutkan di sini, antara lain, ialah :

- Pemandahan putaran antara bagian-bagian yang memerlukan hubungan pada waktu yang tepat, tanpa terlalu banyak kehilangan daya yang diperlukan.
- Pemandahan tenaga antara dua poros yang sejajar, dan diperlukan putaran maupun arah putar yang berbeda.
- Pemandahan tenaga antara dua poros yang arahnya bersilangan (tidak segaris).

Pembahasan selanjutnya, terutama, hanya pada dua fungsi yang terakhir, yaitu keperluan untuk poros segaris, arah dan putaran berbeda (sistem roda gigi kecepatan), dan keperluan untuk poros saling tegak lurus (roda gigi differential).

Pemakaian hubungan roda gigi pada umumnya cenderung akan menimbulkan suara berisik yang cukup keras terutama pada putaran tinggi, yaitu sewaktu operasi kendaraan bermotornya. Putaran mesin yang dikendalikan/diatur oleh rangkaian roda gigi ini berkisar antara 500 sampai dengan 5000 RPM atau lebih, bergantung tipe kendaraannya.

Sebagai langkah awal telah dibuat roda gigi dengan disain ketelitian yang tinggi, termasuk

(geometrinya), toleransi dan lain sebagainya. Sampai saat ini telah berhasil dibuat roda gigi yang ternyata cukup memuaskan dalam unjuk kerjanya; pada sembarang kecepatan putar operasi, di mana kesempurnaan bekerjanya juga didukung oleh ketepatan pemasangan poros maupun bantalan (*bearing*).

Beban yang diterima oleh roda gigi, baik dari mesin mobil maupun beban berat mobilnya sendiri amatlah besar (bila dilihat ukuran roda giginya yang kecil). Kemampuan mendukung beban ini ditentukan oleh beberapa hal, antara lain :

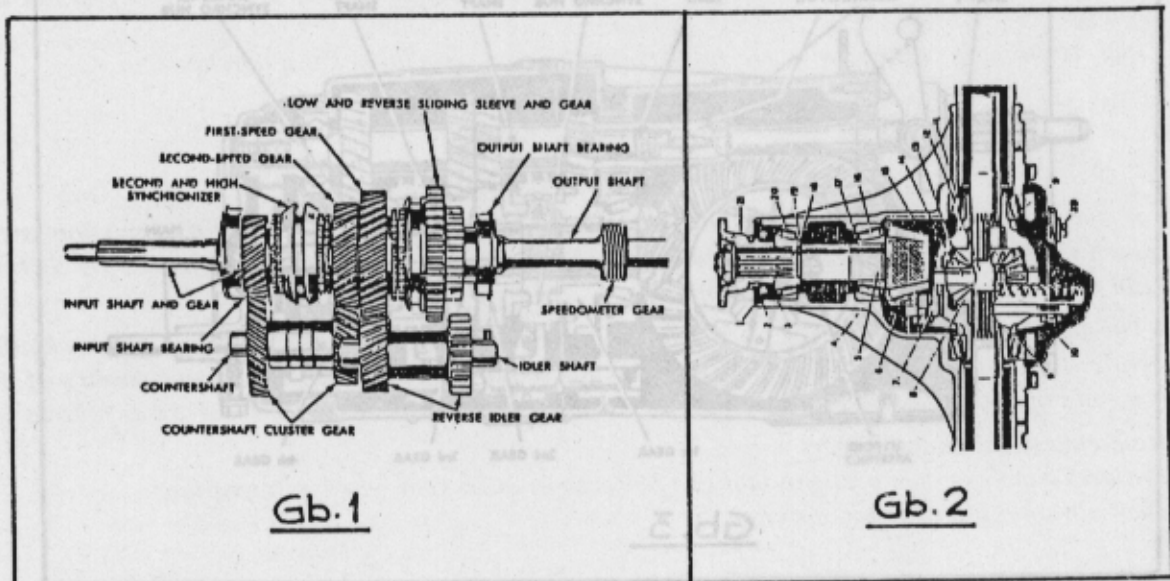
- Bahan roda gigi.
- Proses pengerasan yang sesuai.
- Rancangan pembuatan, ketelitian, geometri, penyelesaian akhir permukaan (kehalusan), dan sebagainya.
- Kemampuan pelumasnya juga membantu di dalam mendukung beban tersebut.

II. RODA GIGI KENDARAAN BERMOTOR

Pada kendaraan bermotor terdapat dua rangkaian utama sistem pemakaian roda gigi, yaitu :

- Roda gigi sistem kecepatan (gambar 1)
- Roda gigi differential (gambar 2)

Di antara keduanya terdapat perbedaan rancangan yang nyata, baik bentuk, ukuran, maupun cara bekerjanya :



1. Pada rangkaian pertama umumnya dipakai bentuk roda gigi silindris dengan alur *helical*, atau roda gigi dengan alur membentuk sudut tertentu terhadap poros putarnya. Bentuk ini sebagai pengembangan dari roda gigi spur (beralur lurus sejajar poros utamanya), hal ini dengan maksud untuk mengurangi suara-suara benturan yang bisa terjadi lebih keras pada bentuk gigi yang beralur lurus tersebut.

Secara teoritis prinsip kerja keduanya memang berbeda, yaitu gigi *spur* selalu berhubungan di suatu garis (sepanjang lebar/tebal gigi), sedangkan gigi *helical* selalu berhubungan di satu titik sehingga dengan demikian suara tumbukannya bisa lebih dihilangkan pada gigi *helical*.

2. Rangkaian kedua umumnya memakai roda gigi hypoid atau roda gigi bevel sesuai dengan tujuannya untuk memindahkan tenaga putar tegak lurus dari rangkaian pertama keroda-roda penggerak kendaraan.

Sepasang roda gigi *bevel* tergambar merupakan sepasang kerucut yang menjadi satu sampai ke puncaknya pada waktu dihubungkan secara tepat di antara gigi-giginya. Alur-alur giginya bisa lurus atau spiral tergantung rancangan.

Sistem/rangkaian pada gambar 1 terpisah dari sistem pada gambar 2 dalam kerjanya, dan dihubungkan oleh satu poros tertentu. Sedang pada

gambar 3 terlihat satu sistem gabungan langsung antara keduanya dan memakai satu macam pelumasan.

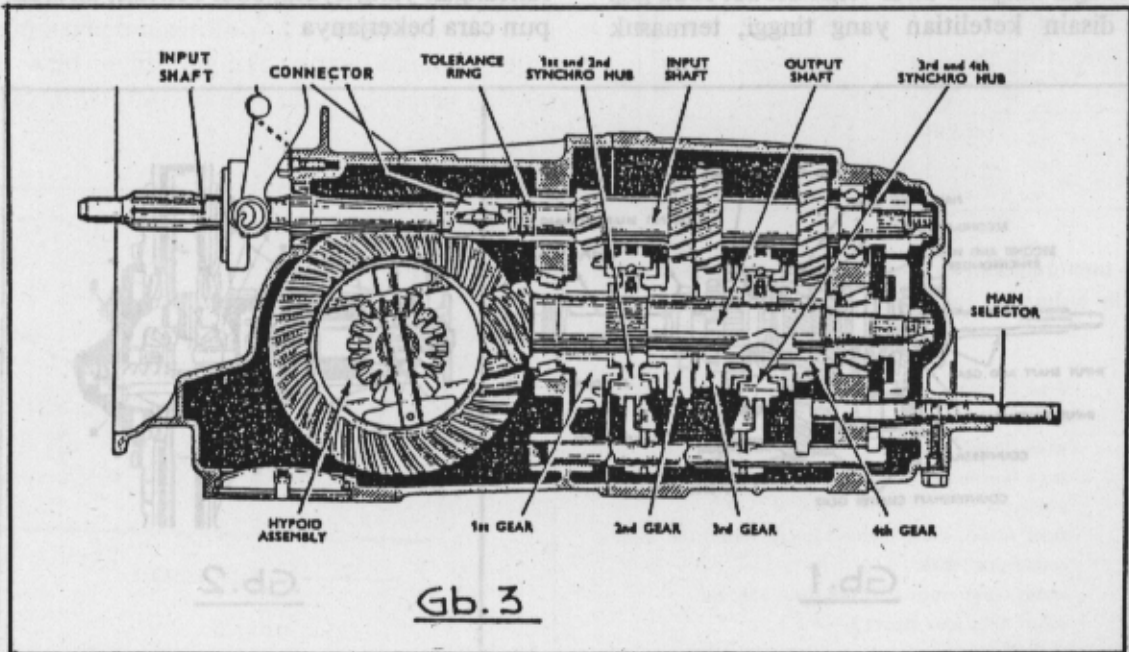
III. BEBAN PADA RODA GIGI

Beban yang dipikul oleh roda gigi berhubungan erat sekali dengan tenaga mesin/motor, maupun perbandingan total roda gigi, serta berat dan beban kendaraannya sendiri. Tenaga kuda maksimum motor dicapai rata-rata pada putaran 4000–5000 RPM (untuk mobil bensin), sedangkan torsi maksimum di poros engkol tercapai pada putaran yang lebih rendah. Hubungan antara tenaga kuda dan torsi ini sebagai berikut :

$$\text{Tenaga Kuda} = K \times \text{Torsi} \times \text{RPM}$$

$$K = \frac{1}{5,252}$$

K merupakan konstanta yang dipakai apabila torsi dalam lb.ft. (pound. feet). Putaran dan torsi ini diatur/diubah menjadi putaran dan torsi yang diinginkan di roda-roda kendaraan bermotor, dengan cara pengaturan tertentu oleh roda gigi kecepatan (gambar 1), torsi besar pada kecepatan rendah atau sebaliknya kecepatan tinggi tetapi

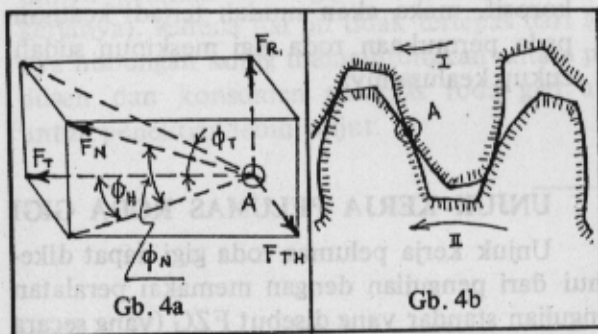


torsi rendah.

Sedang pada rangkaian gambar 2, yang mempunyai perbandingan roda gigi (*gear ratio*) yang tetap dan besarnya dibuat sesuai dengan besar/beban mobil yang diinginkan, penyaluran putaran dengan torsi yang diperbesar tetapi putaran diperkecil. Putaran dan torsi tersebut di atas merupakan beban yang harus diterima atau disalurkan secara langsung melalui masing-masing gigi pada roda giginya (masing-masing individu gigi). Tekanan yang diterima pada gigi ini cukup besar dan akumulasinya akan bisa menimbulkan panas yang tinggi yang diserap oleh pelumasnya, sehingga temperatur dapat mencapai lebih kurang 200°F ($90^{\circ} - 95^{\circ}\text{C}$); tanpa pelumas, temperatur tekanan ini dapat mencapai $\pm 800^{\circ}\text{C}$ (temperatur pengelasan).

Besarnya tekanan di titik A, selain bergantung dari faktor-faktor di atas juga ditentukan sekali oleh hal-hal, antara lain, yaitu :

- Besar tenaga dan *momen* puntir dari motor.
- Ukuran-ukuran dan perbandingan roda gigi.
- Diameter roda kendaraan.
- Berat dan beban kendaraannya.
- Efisiensi mekanis mekaniknya.



Gambar 4 menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada sebarang titik hubungan roda gigi (misal titik A), sebagai berikut :

- F_N : gaya normal, yang bekerja tegak lurus di titik kontak permukaan gigi.
- F_{TH} : gaya thrust, gaya yang bekerja searah poros.
- F_T : gaya tangensial, yang bekerja tegak lurus poros putarnya.
- F_R : gaya radial, yang menyebabkan hubungan gigi cenderung lepas.
- Q_N : sudut tekan normal, tegak lurus alur gigi.
- Q_H : sudut helix alur gigi ($15 - 30^{\circ}$)
- Q_T : sudut tekan tangensial, tegak lurus poros.

IV. DASAR PELUMASAN RODA GIGI

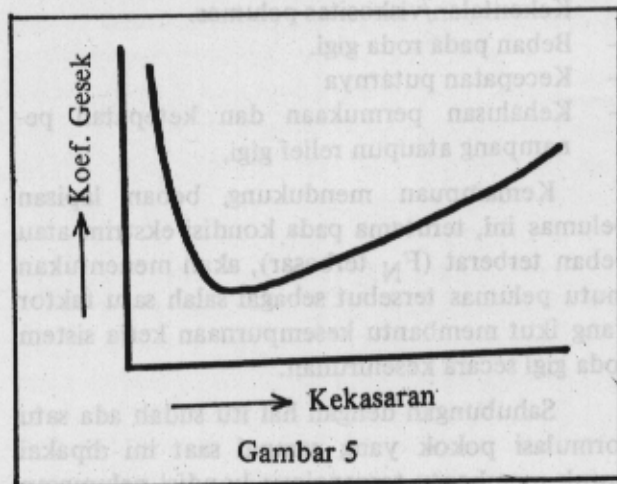
Pada rangkaian roda gigi tidak terdapat sistem pelumasan tertentu seperti pelumasan motor/karter. Pelumas dimasukkan ke dalam kotak roda gigi sejumlah tertentu, dan pada waktu operasi putaran mekanisnya akan menyebabkan pelumas melumasi semua bagian sistem roda gigi. Lapisan film pelumas yang kemudian terjadi akan bisa menghindari terjadinya kontak langsung antara logam. Di sini terdapat beberapa macam kondisi yang dapat terjadi pada pelumasan di antara logam (sudah banyak diulas dan atau ditulis di pelbagai kesempatan).

Koefisien gesek antara dua permukaan logam ditentukan oleh kehalusan/kekasaran permukaannya, makin kasar berarti koefisien geseknya makin besar. Tetapi pada permukaan yang halus sekali justru akan sangat sulit bergesek bahkan menempel, koefisien geseknya bisa *extreme* besar (lihat gambar 5)

Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara tingkat kekasaran permukaan logam dengan koefisien geseknya (sumber dari referensi).

Kehalusan permukaan logam ini, ternyata apabila dibesarkan beberapa ribu kali akan terlihat bahwa gambar potongan permukaannya tidak rata, tetapi berupa lembah-lembah dan gunung-gunung.

Pada waktu bergesekan maka gunung-gunungnya akan saling berpotongan dengan menimbulkan panas yang akumulasinya bisa tinggi sekali, bergantung kekuatan potong logamnya



Gambar 5

(*shear strenght*). Apabila diberi lapisan film pelumas di antaranya bisa terjadi tiga macam kondisi yang utama, yaitu :

- Pelumasan kering, yaitu lapisan pelumas yang terlalu tipis atau hampir tidak ada sama sekali, di sini akan terjadi gesekan atau perpotongan gunung-gunung yang banyak sekali. Koefisien geseknya antara 0,1 – 0,4, atau disebut sebagai gesekan kering.
- Pelumasan *hydrodynamic*, merupakan pelumasan ideal yang ingin dicapai, yaitu terdapatnya lapisan film pelumas yang cukup ketebalannya sehingga hampir tidak terjadi gesekan atau perpotongan gunung-gunung sama sekali. Koefisien geseknya antara 0,001 sampai 0,01, dan disebut sebagai gesekan *hydrodinamis*.
- Pelumasan *boundary*, merupakan kondisi pelumasan pertengahan antara yang kering dan *hydrodynamic*. Biasanya terjadi apabila bebannya terlalu besar (*extreme*), meskipun lapisan film pelumas yang diperlukan sudah cukup ketebalannya. Koefisien geseknya antara 0,01 – 0,1 disebut pula sebagai gesekan *boundary*.

Kondisi yang ketiga atau yang terakhir tersebut di atas merupakan kondisi yang pada umumnya terjadi pada pelumasan roda gigi kendaraan bermotor. Tebal lapisan film pelumas yang menahan tekanan *extreme* di titik kontak roda gigi ini berkisar antara 0,000005 sampai 0,0005 inchi, atau sekitar 0,000127 mm sampai 0,0127 mm. Ketebalan pelumas ini bergantung dari beberapa hal, yaitu :

- Kekentalan/viskositas pelumas.
- Beban pada roda gigi.
- Kecepatan putarnya
- Kehalusan permukaan dan ketepatan penampang ataupun relief gigi.

Kemampuan mendukung beban lapisan pelumas ini, terutama pada kondisi ekstrim atau beban terberat (F_N terbesar), akan menentukan mutu pelumas tersebut sebagai salah satu faktor yang ikut membantu kesempurnaan kerja sistem roda gigi secara keseluruhan.

Sahubungan dengan hal itu sudah ada satu formulasi pokok yang sampai saat ini dipakai untuk membantu tercapainya kondisi pelumasan

roda gigi yang cukup ideal. Salah satu unsur pokok dari formulasi tersebut ialah dicampurnya aditif anti tekanan berlebihan (*extreme pressure additive*) dengan prosentase campuran tertentu.

Aditif ini sampai temperatur $\pm 540^{\circ}\text{C}$ (1000°F) secara aktif akan membentuk lapisan pelindung (*coating*), berupa reaksi kimiawi dengan permukaan logam, sehingga permukaan logam tersebut akan mempunyai angka kekuatan potong (*shear strenght*) lebih rendah dari pada logam aslinya. Dengan kondisi demikian berarti akan dapat memperkecil koefisien geseknya, maupun akumulasi panas yang ditimbulkannya.

Segi-segi negatif pemakaian aditif ini dapat merugikan, antara lain, ialah :

- Pelumas dengan aditif EP yang aktif, amat reaktif atau bahkan dapat merusak logam kuningan, atau tembaga yang dipakai pada unit sinkronisasi pada gigi kecepatan (gambar 1).
- Pemakaian campuran aditif ini harus tepat pada campuran yang dapat tetap stabil, dalam arti tidak *corosive* di bawah temperatur titik las metal roda gigi. Apabila pada temperatur terlalu rendah sudah bersifat korosif, maka akan mudah terjadi keausan pada permukaan roda gigi meskipun sudah cukup kealusannya.

V. UNJUK KERJA PELUMAS RODA GIGI

Unjuk kerja pelumas roda gigi dapat diketahui dari pengujian dengan memakai peralatan pengujian standar yang disebut FZG (yang secara langsung menguji pelumas pada roda gigi), menurut DIN 51354 (*Testing of Lubricating Oils Mechanical Testing of Gear Oils by means of the FZG Gear Wheel Test Rig*) lihat gambar 6.

Prosedur pengujian di sini terutama untuk mengetahui kemampuan menahan beban dari pelumasnya. Di samping itu bisa pula dilakukan pengujian pada bangku Uji *Four-Ball* menurut metode ASTM 2783-71, atau ASTM 2596, yaitu terutama untuk mengetahui sifat tekanan ekstrim yang dimiliki oleh pelumas. Apabila kita ingin membicarakan mutu pelumas tersebut, tidak akan terlepas dari sifat fisika kimianya,

di samping *performancenya* yang dapat diketahui dari pengujian seperti disebut di muka.

Sifat-sifat fisika kimia ini, antara lain (yang utama), ialah :

- Berat jenis spesifik (*Specific gravity*) pada temperatur tertentu.
- Kekentalan dalam *Centi Stoke* (CSt) dengan *Kinematic Viscosity* pada beberapa suhu tertentu (100/210°F, 40/100°C).
- *Viskositas Index*, suatu angka yang menunjukkan kemampuan pelumas mempertahankan kekentalannya pada setiap suhu operasi dalam waktu tertentu.
- *Flash Point*, suhu titik nyala pelumas untuk menjamin tidak terjadi nyala api pada operasinya di dalam *gear box*.
- *Pour Point*, ialah suhu yang menjamin bahwa pelumas tersebut tidak akan membeku pada suhu dingin tertentu.

VI. KESIMPULAN

Tulisan di atas dapat diambil suatu pengenal, terutama bagi yang belum mengetahuinya sama sekali, tetapi setiap hari memakainya pada mobil. Juga dapat dipakai sebagai dasar untuk menulusrui, atau mengetahui bagaimana sebetulnya pelumas roda gigi itu (terutama fungsi kerjanya). Karena hal ini tidak terlepas dari adanya hubungan saling menguntungkan antara produsen dan konsumen pelumas roda gigi atau untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. ASTM, "Standard Manual Book."
2. BONE, C.J., 1970, "Gear and Transmissions Lubrication"
3. B.P., 1972, "Gear Lubrications", Vol. 17
4. DEUTSCHMAN, AARON D. 1975, *Machine Design Theory and Practice*, Macmillan Publishing Co., Inc., New York
5. DUDLEY, D.W. 1962, "Gear Hand-Book", Mc. Graw-Hill, New York.
6. EARLE BUCKINGHAM, 1935, "Manual of Gear Design", 3 vols, *Industrial Press. NY*
7. FZG Gear Oil Test Rig, *Operating Instructions*.
8. JUDGE, ARTHUR W., 1962, *Motor Manual "Modern Transmission System"*, Chapter 2, vol. 5, Chapman and Hall, London
9. MERIT, H.E., 1948, "Gears", Pittman and Sons, London
10. MICHALEC, GEORGE W., 1966, *Precision Gearing Theory and Practice*, John Willey & Sons Inc., New York
11. ROTHBART, HAROLD A., 1964, *Mechanical Design and Systems Hand Book*, Mc. Graw-Hill Book Co.,