

*Komponen-komponen  
Penggerak*

*PENGGERAK RODA GIGI*

*Disusun oleh: Dan Mugisidi*

TEKNIK MESIN

*Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA  
September 2022*

# Komponen Penggerak Roda Gigi



Modul komponen penggerak roda gigi ini digunakan pada mata kuliah Tribologi. Selain itu modul ini juga dapat sebagai tambahan pengetahuan pada mata kuliah Elemen Mesin

## Tujuan Pembelajaran

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK):

Mahasiswa mampu memahami fenomena gesekan, keausan dan pelumasan serta pengaruhnya dalam komponen mesin

Sub-CPMK:

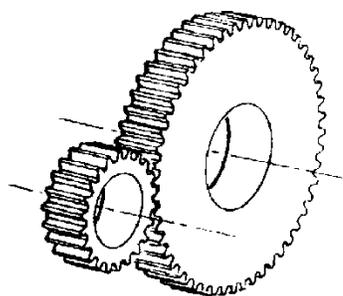
Mahasiswa mampu menentukan komponen penggerak yang sesuai aplikasinya.

---

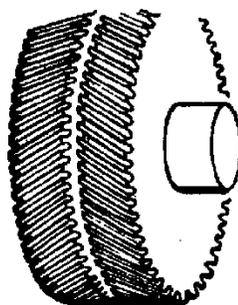


## Roda Gigi Penggerak (Gear Drives)

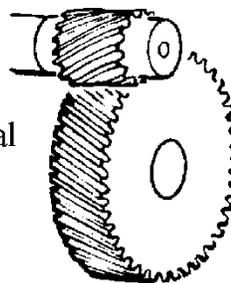
Roda gigi adalah roda bergerigi yang bertaut dengan roda lain. Proses pentautan gigi-gigi memberikan metode yang sangat positif dan efisien untuk mentransmisi tenaga dan mengurangi kecepatan atau menambah kecepatan. Ada banyak variasi tetapi semua berprinsip pada interaksi yang sama. Mari kita kaji jenis-jenis roda gigi yang berbeda.



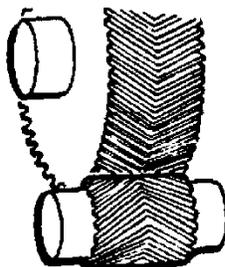
Spur Gears



Double Helical



Helical



Herringbone

Gambar 1. Jenis-jenis Roda gigi

## Jenis-jenis Roda gigi

### Spur Gear (Roda Gigi Lurus)

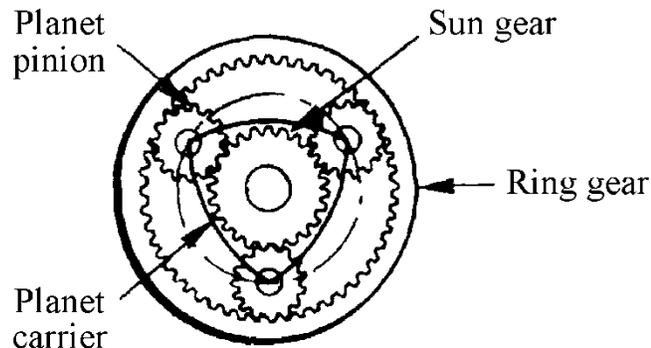
Spur atau roda gigi dengan potongan lurus merupakan standar bagi banyak penggerak roda gigi dan kotak roda gigi (*gearboxes*). *Spur gear* adalah roda gigi termudah di dalam pembuatannya karena giginya dipotong lurus terhadap bagian depan dan umumnya setiap roda gigi tersendiri dan tidak harus memiliki pasangan yang sejenis. *Spur gear* mengatur tenaga transmisi pada dua poros paralel dengan rasio yang ditentukan oleh jumlah dari gigi dari setiap roda gigi. (Rack ialah batang lurus dimana gigi-gigi dibentuk)

*Spur gears* memiliki masalah dimana tenaga ditransmisikan ke setiap gigi secara sendiri-sendiri, oleh karena itu lebih cenderung terjadi kegagalan saat beban yang berlebihan atau terjadi hentakan dibanding dengan jenis gearing yang lain.

### Perangkat Roda gigi Planet (*Planetary Gear Set*)

Nama perangkat roda gigi Planet diambil dari bentuknya yang mirip sebuah planet yang tengah mengelilingi matahari. Kita akan menemukan tiga roda gigi utama di dalam perangkat roda gigi planet, semuanya adalah *spur gears*.

1. Roda gigi Matahari (*Sun Gear*)  
Roda gigi Matahari adalah roda gigi tengah pada perangkat dan biasanya merupakan penggerak input.
  2. Roda gigi Planet (*Planet Gear*)  
Roda gigi planet terletak di antara roda gigi matahari dan roda gigi ring dan biasanya berada di dalam perangkat dari tiga atau lebih yang dipasang dengan pengangkutnya.
  3. Roda gigi Ring (Ring Gear)  
Roda gigi ring ialah ring bundar yang memiliki bentuk *spur gear* yang dikerjakan dengan mesin pada permukaan sisi dalamnya.
-



**Gambar 2. Kerja Perangkat Roda gigi Planet**

Kombinasi roda gigi ini bukan saja memungkinkan perancang untuk membuat gearbox yang sangat kompak tetapi juga gearbox atau bagian dari perangkat roda gigi yang bertenaga. Daya sekarang dibawa oleh dua atau tiga gigi pada satu waktu. Selain itu, rasio yang berbeda juga diperoleh apabila setiap bagian roda gigi planet dikontrol atau dikunci:

1. Semua bebas – tidak ada penggerak.
2. Pengangkut planet tertahan di tempatnya terhadap ring - 1:1 penggerak, secara efektif mengunci planet.
3. Pengangkut planet tertahan di tempatnya terhadap sun – rasio adalah perangkat ring/roda gigi karena planet akan bekerja sebagai idler.
4. Ring tetap dan planet bergerak - rasio adalah planet/ring, contohnya. – planet dengan sun = 30t, Planet = 20t, Ring = 120t.

(a) Semua bebas = tak ada gerakan

Pengangkut tertahan bersama ring = Penggerak dengan kecepatan penuh 1:1

(b) Pengangkut tertahan bersama sun = 4:1 reduksi ( 30t :120t )

(c) Ring tetap = 6:1 reduksi ( 20t : 120t )

Pada umumnya kita hanya akan mendapati jenis box ini di dalam pemindahan peralatan bergerak dan penggerakkan akhir dimana tempat menjadi masalah yang utama dan biaya bukanlah masalah.

### **Roda gigi Helikal**

Jenis roda gigi ini sangat mirip dengan spur dalam bentuknya kecuali dipotong menyudut pada permukaannya. Sudut ini memungkinkan roda gigi memiliki dua gigi dalam pentautan sepanjang waktu dan membuat bagian face pada roda gigi menjadi lebih panjang oleh karena itu memungkinkan pemindahan daya yang lebih besar. Sudut tersebut juga akan menghasilkan gaya aksial yang harus diperhitungkan saat pengaturan poros dan bearing.

Roda gigi Helikal memindahkan daya pada dua poros paralel dengan rasio yang ditentukan oleh jumlah gigi setiap roda gigi.

### **Roda Gigi Herringbone**

Ini adalah modifikasi dari perangkat roda gigi helikal standar. Untuk menghilangkan gaya aksial bagian pinggir, perangkat roda gigi herringbone akan menggunakan dua perangkat roda gigi helikal yang berlawanan atau baris gigi untuk membentuk setiap roda gigi yang diperlukan.

Secara sederhana, dengan penggerakan berdaya kecil dapat dilihat roda gigi helikal tunggal yang terpasang saling membelakangi untuk membentuk setengah dari perangkat *herringbone*. Pada pemakaian yang berasio atau berdaya tinggi, perancang benar-benar harus membentuk gigi herringbone pada satu casting atau *gear blank*. Perangkat roda gigi terakhir akan berpasangan serta di dalam perangkat yang dipasangkan, dan sebaiknya jangan dipakai secara terpisah.

### **Roda gigi Helikal Simpangan (*Crossed Helical Gear*)**

Jika sudut helikal bertambah, maka sudut pengerjaan poros dapat diubah. Penggerakkan roda gigi-roda gigi demikian pada sudut siku-siku tetapi dengan kemampuan tenaganya dikurangi secara maksimal.

---

---

## Penggerak Ulir

Ini adalah penggerak sudut siku-siku yang berbeda dari yang lainnya di dalam pengoperasian dan bentuk rancangannya:

1. Gigi-gigi penggerak ulir sesungguhnya tidak tergantung satu dengan lainnya seperti pada perangkat roda gigi lainnya, tetapi bergeser satu dengan lainnya.
2. Penggerak ulir umumnya memiliki rasio 5:1 dan memiliki satu arah. Alat tersebut hanya dapat diputar dengan menggunakan poros input. Poros output tidak dapat menggerakkan atau memutar poros input (ciri-ciri yang membantu guna aplikasi penanganan material – tidak diperlukan penghentian balik lainnya).

Penggerak ulir memiliki roda gigi berbentuk unik. Poros input menyerupai ulir yang sangat kasar yang dibentuk pada poros. Roda gigi berpasangan disebut roda. Roda memiliki potongan bentuk gigi yang dalam dengan panjang garis yang sesuai dengan ulir. Ulir diputar, sehingga terjadi penyekrupan pada roda, mentransfer daya dan mengurangi kecepatan. Roda digerakkan lewat pemasangan ini, yang meningkatkan kemampuan gearbox menahan beban yang tinggi lewat reduksi tunggal yang besar (reduksi 100:1 adalah hal yang mungkin di dalam instalasi ulir tunggal)

Pengaturan yang benar harus dipastikan serta kelurusan antara ulir dan roda karena bila tidak akan berakibat muncul kesalahan dan aus lebih awal.

### ***Bevel Gear (Roda gigi kerucut)***

Nama *bevel gear* diambil dari faktor dimana roda gigi yang berpasangan biasanya memiliki bagian depan yang tirus atau miring. Semua poros bevel gear bekerja pada sudut 90° satu dengan lainnya tetapi tidak penting dengan garis tengah yang memotong.

Perangkat roda gigi ini memerlukan pengaturan yang hati-hati untuk memastikan pengaturan roda gigi yang benar sehingga roda gigi akan bekerja sesuai beban dan usia rancangannya.

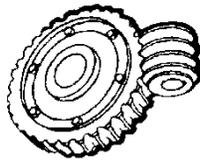
Roda gigi input bisa berupa roda gigi lurus (*spur gear*) atau yang ditiruskan, tetapi bentuk gigi tetap sama seperti yang terdapat pada *spur gear* normal. Poros penggerak roda gigi harus berada 90° satu dengan lainnya serta garis tengah yang memotong. Kita sering kali akan menemukan penggerak roda gigi lurus ditiruskan digunakan dimana diperlukan penggerak roda gigi sederhana namun kuat, dalam hal ini roda gigi eksentrik di dalam *cone crusher*.

---

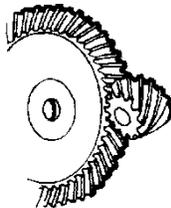
Roda gigi spiral ialah roda gigi serong yang sama dengan perangkat roda gigi helikal. Beban sekarang dapat diangkut pada dua gigi sekaligus. Contoh gearing seperti ini merupakan roda gigi differensial utama yang berbeda di dalam mobil. Roda gigi-roda gigi ini sering berada dalam perangkat yang disesuaikan.

Dengan membuat sudut gigi-gigi lebih besar, poros tidak lagi harus menyimpang sepanjang garis tengah, sehingga memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar pada pergerakan serta pemasangan gearbox. Roda gigi-roda gigi ini akan selalu berpasangan dan sering dibungkus (roda gigi dipasang pada posisi yang benar dan pengerjaan beban rendah akan dibiarkan memukul dan menggosok permukaan yang lainnya). Roda gigi-roda gigi ini dikenal dengan nama roda gigi hypoid, spiroid dan helicon.

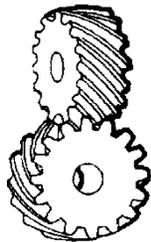
### Roda gigi dengan Poros Simpangan atau Miring



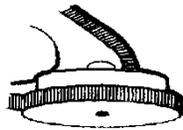
Cacing: memberikan rasio reduksi maksimum untuk jarak tengah yang ditentukan. Pekerjaan tenang dan lancar. Digunakan hanya untuk mengurangi kecepatan. Pada umumnya tidak dapat menggerakkan kembali dengan rasio lebih besar dari 20:1. Area kontaknya luas, sehingga kapasitas beban tinggi meski pekerja meluncur. Poros hampir selalu sudut siku-siku



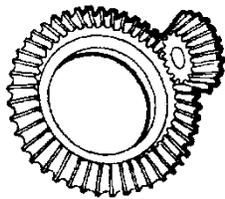
Helikon: menahan. Thread khusus membentuk pada pinyon silinder yang bertaut dengan *face gear*. Kemampuan pengangkutan beban sama dengan Spiroid. Baik untuk produksi masal karena mudah ditempa atau ditebuk.



Helikal: simpangan: Juga dikenal sebagai gear spiral. Sama penampilannya dengan gear helikal yang biasa. Kapasitas muatan rendah karena area kontak gigi rendah. Pada prinsipnya dipakai untuk memberikan variasi yang luas pada rasio kecepatan tanpa mengubah jarak tengah atau ukuran gear. Bisa digunakan dengan non interseksi, poros tak sejajar.



Beveloid: Sifatnya. Memberikan gerakan yang akurat tidak terpengaruh oleh kesalahan pemasangan atau variasi. Kapasitas beban rendah. Bisa dipakai pada backlash nol. Sering dipakai pada instrumen pengukur ketepatan. Biasanya dipakai untuk gear poros simpangan tetapi juga cocok untuk poros menyimpang dan paralel. Kekurangannya mungkin pada biaya.



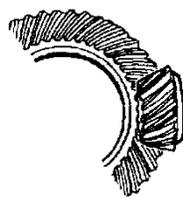
Bevel rata: Jenis gear yang paling sederhana untuk poros. Biasa dipakai pada poros yang berpotongan pada sudut siku-siku, tetapi bisa juga dipakai pada pertemuan poros pada sembarang sudut. Dirancang berpasangan, sehingga tidak selalu dapat dipertukarkan. Poros dan bearing penahan harus kaku guna menjaga kontak gigi yang tepat.



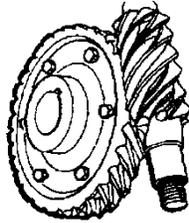
Spiroid: Sifatnya. Pinyon tirus bertaut dengan roda gigi jenis face. Kontak garis pada seluruh permukaan memberikan kapasitas beban yang tinggi.



Hypoid: sama dengan gear spiral-bevel kecuali poros-poros tersebut tidak memotong. Pengoperasiannya juga lebih halus dan lebih tenang dan lebih kuat untuk rasio yang telah ditentukan. Karena poros-poros tidak memotong, bearing dapat dipasang pada kedua sisi untuk rigiditas yang tinggi. Mengizinkan rasio gerakan yang sangat tinggi. Sudut poros biasanya  $90^\circ$ , tetapi sudut-sudut lainnya adalah mungkin. Memiliki kapasitas muatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran dan rasio yang sama dari gear spiral-bevel



Spiral bevel: mengangkat muatan yang lebih tinggi dan bekerja lebih tenang dibanding gear bevel lurus. Tapi lebih mahal dan memiliki gaya aksial lebih besar. Karena gigi membentuk pada satu sudut ke poros rotasi, muatan dapat didistribusikan pada dua atau lebih gigi pada satu jarak, tergantung pada sudut spiral.



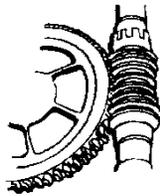
Cavex worm: *Proprietary gear* dengan ulir pada worm cekung yang bertaut dengan gigi gear convex. Memberikan tekanan kontak gigi yang lebih rendah serta lubrikasi yang lebih baik.



Face: Sama dengan bevel gear, tetapi berpasangan dengan pinyon helikal atau spur. Pemasangan pinyon bukan masalah penting karena bersamaan dengan bevel gears. Juga bisa dipakai dengan poros yang menyimpang. Kapasitas beban kurang dari bevel gear lurus dengan ukuran yang sama.



Zerol: Sama dengan *spiral bevel* tetapi dengan gigi yang tersusun agar beban thrust sama dengan bevel lurus.



Penggerak kerucut: Jenis proprietary dimana bentuk cacingnya menyerupai sebuah jam kaca dan memiliki ulir pembungkus ganda untuk menambah luas kontak keseluruhan, sehingga meningkatkan kapasitas beban.

**Gambar 3. Jenis-jenis Roda gigi Miring**

## Jenis-jenis Gearbox

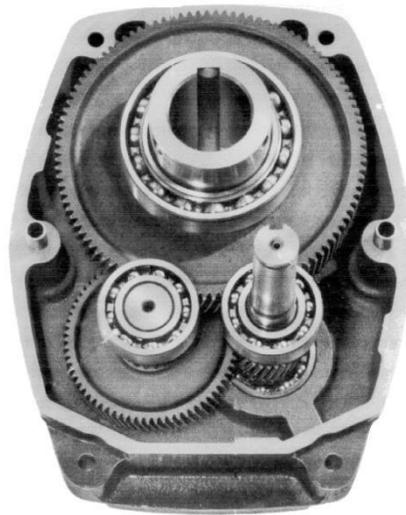
Seperti diketahui bahwa akan ada lebih dari satu perangkat roda gigi atau pasang yang terdapat pada penggerak dan perangkat ini akan dimasukkan ke dalam sebuah kotak. Wadah atau kotak ini akan memberikan lima fungsi utama yang penting bagi unjuk kerja roda gigi serta proses kerja yang efektif:

- Beberapa cara melindungi dari debu dan kotoran
- Memuat dan menyuplai pelumasan ke roda gigi dan bearing saat roda gigi dan bearing bekerja
- Meluruskan roda gigi dengan benar dan memungkinkan pengapungan bagian ujung yang benar pada bearing penahan

- Mampu menanggung resultan torsi yang diakibatkan dari operasi roda gigi saat dibebani
- Memungkinkan kemudahan pemasangan sebagai satu unit yang menyatu

### **Gearbox Yang Dipasang di Poros**

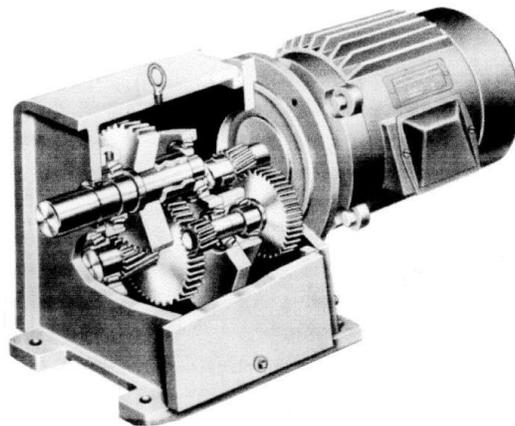
Seperti namanya, kotak-kotak ini dipasang langsung pada poros penggerak akhir dan memerlukan beberapa cara atau lengan torsi untuk mencegah berputarnya kotak. Banyak terdapat pada konveyor karena kotak-kotak ini akan memungkinkan penginstalasian yang sederhana, biasanya memakai penggerak sabuk atau motor hidrolik langsung.



**Gambar 4. Gearbox yang dipasang langsung pada poros**

### **Gearbox Helikal In-line**

Gearbox ini biasanya dipakai pada aplikasi sederhana atau ringan. Poros input dan output berada pada satu garis, seperti pada namanya. Cara ini juga umum dimana motor dipasang langsung di dalam gearbox.



**Gambar 5. Gearbox inline**

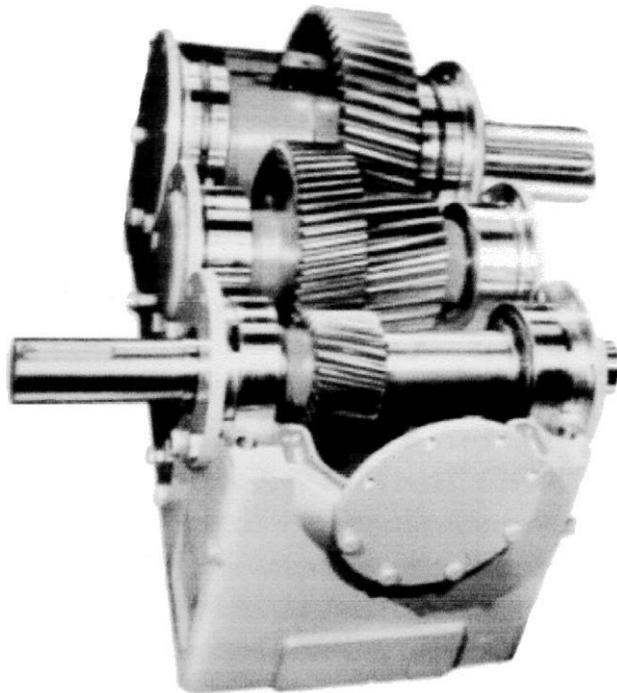
---

### **Gearbox Miring atau Helikal Paralel/Sudut Siku-siku**

Gearbox ini tidak berbeda di dalam rancangannya serta pemakaiannya kecuali cara penginputannya ke dalam box. Model-model box ini terutama dipakai pada penggerakkan dengan beban atau daya yang tinggi untuk kekuatan pemasangan dan penguatan. Kerap kali dipasangkan langsung di antara motor dan poros penggerak sebagai unit penggerak.

### **Gearbox Paralel**

Poros input dan output berada pada satu garis satu sama lainnya. Hanya ada dua pilihan pemasangan untuk gearbox paralel- poros berada pada satu sisi atau berlawanan.

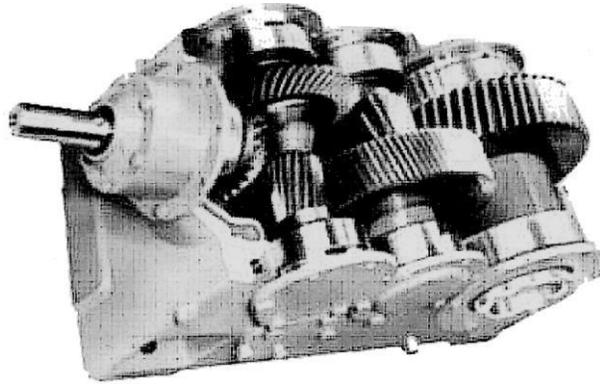


**Gambar 6. Poros Paralel**

### **Gearbox Bevel**

Instalasi roda gigi pertama adalah bevel sudut siku-siku sehingga memungkinkan poros input memasuki sudut siku-siku pada box. Ada banyak pilihan penggerakkan karena input dapat ditempatkan dimana saja dari kelima posisi, ujung box, atau salah satu dari empat posisi ujung.

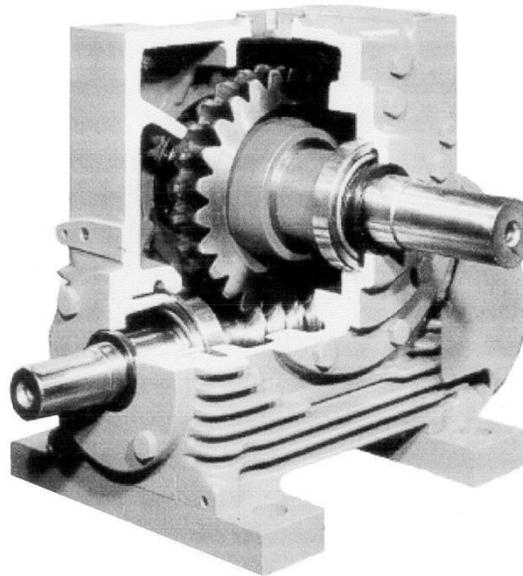
---



**Gambar 7. Bevel – helikal sudut siku-siku**

### **Gearbox Ulir**

Gearbox ini bekerja dengan cara penyekrupan antara profil poros input terhadap gigi-gigi roda output. Cara ini menghasilkan rasio reduksi tinggi dan kemampuan overload sementara menjaga gearbox agar tetap sangat rapi. Keuntungan lain dalam menggunakan penggerak ulir adalah penggerakan satu arah, artinya poros input tidak akan berputar karena poros output tanpa terpengaruh beban pada poros output. Gearbox ini hanya diterima dengan penggerakan sudut siku-siku. Gearbox ulir mudah dipasangkan dengan box input lain, penggerak sabuk atau rantai untuk menghasilkan rasio yang lebih tinggi.



**Gambar 8. Box Ulir**

---

## Merawat Gearbox



Tanpa melihat seberapa baik sebuah gearbox, gearbox akan memerlukan beberapa perawatan dan penggantian pelumas. Tim service besar pengaruhnya pada terhadap seberapa baik gearbox bertahan kerja dengan melihat cara pemasangannya, pengoperasiannya dan perawatannya.

## Menginstal Gearbox

Pada semua gearbox kecuali yang 'Dipasang di Poros, selalu terdapat kerangka atau alat penarik (lug). Bagian ini akan memungkinkan untuk dipasang box ke dalam konstruksi alat yang bekerja.

Konstruksi tersebut harus cukup kuat untuk mengatasi tenaga serta torsi yang besar yang dihasilkan penggerak, artinya apapun torsi yang diperlukan untuk menggerakkan alat, ditransmisikan kembali ke dalam konstruksi pemasangan tetapi dengan putaran yang berlawanan. Struktur tersebut sebaiknya juga membantu untuk memudahkan pelurusan poros dan penginstalasian motor penggerak.

Catatan: Pelurusan poros yang baik mengurangi kemungkinan kegagalan pada <i>bearing</i> dan kopling.
--

Kita harus mengetahui bobot yang terlibat serta posisi atau lug pengangkatan gearbox yang benar sebelum memindahkan atau mengangkat gearbox. Untuk memastikan tidak ada kerusakan pada gearbox atau poros, angkatlah dengan posisi dan alat yang benar.

---



## Pelumasan pada Gearbox

Pelumasan yang benar adalah hal yang penting untuk kelangsungan dan usia pakai yang lama. Harus dipastikan bahwa tingkat dan jenis pelumas yang dipakai benar dan diganti dalam periode waktu khusus sesuai dengan pabrik pembuat dan kewajiban.

Semua pelumas memiliki bahan aditif untuk membantu pekerjaannya - anti-aus, anti-oxidants, anti-pembusaan, pemakaian air, dan lain-lain. Bahan-bahan tambahan ini menjadi aus saat gearbox bekerja, jadi setelah periode waktu tertentu memerlukan penggantian – selanjutnya meknik mengganti oli. Cara ini bukan hanya mengganti bahan tambahan dan oli dengan yang baru, tetapi juga membersihkan dan menghilangkan kotoran yang memasuki atau ada di dalam box.

Sebagian besar gearbox tergantung pada pelumas yang digunakannya dan/atau terpercik lewat roda gigi sehingga menutupi semua komponen yang berputar di dalam. Untuk mengerjakannya dengan benar, ketinggian pelumas harus diperhatikan:

- Terlalu sedikit – roda gigi tidak cukup mendapat pelumasan.
- Terlalu banyak – mengakibatkan pemanasan berlebihan karena roda gigi harus bekerja dengan banyak oli tersebut.

Pada gearbox utama, tangki pelumas luar, pompa, filtrasi, dan sistem pendinginan dipakai untuk memastikan operasi gearbox yang berkelanjutan. Tetapi ketinggian, kuantitas dan mutu masih merupakan hal yang penting.

Diagram berikut menerangkan pemilihan dan kuantitas oli.



## Perawatan Rutin

Seperti telah dijelaskan pada bagian pelumasan, gearbox akan selalu memerlukan pemeriksaan dan penggantian pelumas secara teratur. Sebaiknya menggunakan waktu pemeriksaan yang paling baik.

**Kondisi** – jika gearbox tertutup lumpur atau kotoran, bersihkanlah agar gearbox dapat menghilangkan panas di bagian dalam.

**Temperatur Saat Bekerja (*running*)** – sebaiknya dicatat dan jika mungkin disimpan dengan menggunakan ukuran yang teratur. Informasi ini mungkin membantu mendeteksi setiap kesalahan atau masalah secara dini.

**Suara Bising** – jika gearbox mengalami masalah, umumnya suara gearbox akan menjadi lebih bising saat bekerja.

**Selip balik (*Backlash*)**– dengan memutar poros gearbox dengan tangan (bila mungkin) kita akan dapat merasakan putaran (*mesh*) roda gigi dan melihat selip balik gearbox secara keseluruhan.

**Pekerjaan membuat takik** atau selip balik berlebihan dapat menunjukkan kegagalan pada gigi atau keausan yang berlebihan.

**Pelumas** – saat penggantian oli, sebaiknya debris dan kotoran partikel logam dan tanda-tanda pemanasan berlebihan (oli terbakar) pada oli lama diperiksa.

**Membersihkan dan memeriksa *breathers*** – sebuah breather harus menyaring udara yang memasuki dan keluar dari gearbox. Jika terlalu kasar atau patah – kotoran akan masuk dengan mudah. Jika tersumbat – gearbox mungkin tidak sama atau seimbang dengan keadaan sekeliling.

- Bertekanan** – merusak lapisan dengan mendorongnya sehingga oli keluar dari box.
- Tekanan rendah** – menghisap udara dan kotoran masuk melalui pelapis.

Jika semua informasi ini direkam di setiap pengerjaan maka program perbaikan untuk gearbox dapat dijadwalkan.

---

## Memasang Ulang Gearbox

Pada suatu waktu, setiap gearbox akan memerlukan bearing, pelapis, dan bahkan instalasi roda gigi yang baru. Jumlah pekerjaan yang diperlukan ditentukan oleh usia, kegagalan, beban kerja serta kerusakan yang terjadi. Karena lingkungan yang bersih merupakan suatu syarat, maka **semua** box harus dikembalikan ke workshop untuk diperbaiki atau diperiksa bagian dalamnya.

### Melepaskan

Sebelum melepaskan gearbox dari tempatnya, wajib untuk:



- Mengetahui beban yang terdapat pada gearbox dan mengatur peralatan pengangkatan yang tepat.
- Memastikan bahwa peralatan benar dan terisolasi sepenuhnya serta terkunci.
- Memastikan tidak ada muatan yang akan atau dapat mengakibatkan alat ini berjalan atau berputar balik – jadi tidak ada beban pada gearbox yang hendak dilepaskan.
- Melepaskan pengaman.
- Melepaskan kopling atau penggerak lainnya.
- Keringkan pelumas jika memungkinkan dan catatlah kondisi dan kontaminasi (jika ada).
- Lepaskan gearbox dari posisi yang terpasang – dengan menahan pelat (*shims*) dan *packers* yang diketahui dan mencatat posisinya untuk pemasangan ulang yang lebih sederhana.

### Stripping Awal

Apabila box telah dikembalikan ke workshop dan dibersihkan bagian luarnya, jika box masih berfungsi, kita perlu memutar box dengan menggunakan tangan. Cara ini dapat menunjukkan apa yang mungkin perlu diketahui, seperti: memeriksa selip balik yang berlebihan, suara yang sangat berisik dan daya tahan terhadap putaran atau lokasi tertentu yang keras. Pelat penutup pinggir, apabila ditandai untuk menunjukkan posisinya, dapat dilepaskan dan gasket/shim disimpan bersama penutupnya.

Kerangka atas selanjutnya dapat dilepaskan untuk membuka roda gigi dan poros. Setiap poros dapat dilepaskan dan bagian dalamnya diperiksa dari kemungkinan terdapat debris. (Jenis dan kuantitas dapat membantu menentukan alasan kegagalan akan terjadi atau telah terjadi)

Semua komponen perlu dicuci dalam bahan pelarut atau dibersihkan untuk menghilangkan pelumas guna pekerjaan pemeriksaan. Diperlukan pemeriksaan yang hati-hati pada roda gigi untuk mengetahui adanya tanda-tanda keretakan yang halus atau tanda-tanda masalah lainnya (lihat bagian tentang – Jenis-jenis Kegagalan).

Apabila kegagalan, kondisi, ekonomi atau biaya perbaikan telah ditentukan, bearing dan lain-lain dapat dilepaskan.

### **Bearing Pre-loading**

Karena beban pada poros menjadi lebih besar, gearbox memerlukan mutu bearing yang lebih baik dan tahan panas termal yang berasal dari pengerjaan gearbox. Oleh karena itu saat kita mengkonsultasikan cara pengerjaan yang benar, maka akan didapatkan informasi mengenai *pre-load* atau ruang bebas yang diperlukan untuk setiap poros atau instalasi bearing.

Cara yang baik lainnya adalah dengan mencatat apa dan dimana ketebalan shim shim pada saat membuka box, karena cara ini akan membantu pada saat memasang ulang gearbox tersebut. Beberapa cara sederhana memeriksa *pre-load*:

1. Feeler Gauge -
    - (a) Pasanglah *bearings* dan poros ke dalam kerangka tanpa gasket atau shim.
    - (b) Kencangkan penutup hingga poros tidak lagi berputar, poros menjadi terkunci.
    - (c) Dengan *feeler gauges* ukurlah jarak antara kerangka dan penutup bearing.
    - (d) Tambahkan pengapungan bebas (*free float*) yang tepat yang diperlukan untuk gambar ini.
    - (e) Gambar terakhir ini akan menunjukkan pada kita ketebalan shim atau gasket yang tepat yang diperlukan untuk penutup. Jumlah shim per sisi akan diatur sesuai jenis dan pelurusan roda gigi sebenarnya. (Pada spur sederhana dan kotak helikal kecil, jumlah ganjalan adalah setengah per penutup).
-

2. *Feeler Gauge* – Jarak bebas bearing

Cara ini dilakukan apabila bearing harus dipasang pada poros atau apabila bearing dibentuk ke dalam perangkat poros. Perangkat ini kemudian dipasang ke dalam box. Contohnya, *roller bearings* tirus ganda.

- (a) *Feeler gauges* dimasukkan ke dalam bearing antara rollers dan bidang luar.
- (b) Kerah tirus atau kerah beban awal disesuaikan hingga jarak bebas yang benar diatur.

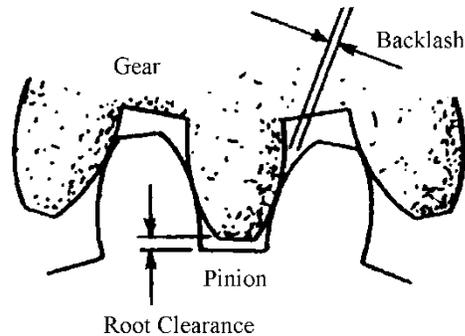
3. *Dial Indicator*

- (a) Pasanglah bearing dan poros ke dalam kerangkanya dengan beberapa atau ketebalan yang sama dari gasket asli atau pengganjal yang dilepaskan.
  - (b) Kencangkan penutup.
  - (c) Pasanglah *dial indicator* agar dapat mengukur pengapungan poros.
  - (d) Pukullah dengan pelan sepanjang sumbu poros untuk menggerakkannya ke kedua arah.
  - (e) Catat jumlah jalannya jarum penunjuk – jika benar, pasanglah sisa baut. Jika salah, tambahkan atau lepaskan sejumlah pengganjal sesuai dengan yang diperlukan.
-

## Pelurusan Roda gigi atau Pentautan

Pada perangkat roda gigi dan gearbox yang sederhana, pengaturan roda gigi diatur lewat bearing dan pembuatan box (biasanya gearbox atau poros akan memiliki bearing bola deret yang dalam)(*deep row ball bearing*)

Pada perangkat roda gigi yang lebih kompleks - ulir, bevels, herringbone, hanya pelurusan yang tepat akan memastikan pekerjaan yang benar serta usia yang lama.



Gambar 9. Pelurusan lateral dan radial

### Terminologi

- Kelonggaran (*Backlash*) – jarak bebas sebenarnya antara gigi-gigi sepanjang jalur pitch.
- Jalur pitch – jalur tengah potongan gigi yang bekerja dan jalur perangkat roda gigi yang bekerja atau berpasangan.
- Dasar – bagian bawah lurus atau radius antara gigi-gigi.
- Roda gigi atau roda – lebih besar dari pasangan roda gigi, biasanya yang digerakkan.
- Pinyon – roda gigi penggerak berukuran lebih kecil.
- Radial – penyesuaian yang dibuat untuk membawa roda gigi bertautan dengan lebih baik.
- Lateral – pelurusan roda gigi agar roda gigi cocok dengan ukuran lebarnya.
- Penggigitan/pentautan – cara dua gigi digunakan dan bekerja satu dengan lainnya.

- *Bearing Blue* – bahan berwarna yang telah dicampur dengan oli sehingga melekat, mentransfer dan memberi tanda pada permukaan yang bersentuhan – sehingga tanda-tanda kontak yang akan dihasilkan teramati, kita dapat menentukan apakah pentautan yang benar telah dibuat.

Catatan: Jika sedang bekerja perangkat roda gigi bekas atau usang -  
**Jangan** mengubah pelurusan apabila telah usang bahkan pula jika roda gigi dipasang dengan salah. Permukaan roda gigi-roda gigi yang bekerja ini akan menyesuaikan secara bersamaan. Mengubah pelurusan akan mengakibatkan tekanan tambahan yang lebih tinggi yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kegagalan secara tiba-tiba. Jika kita merasa ragu menyangkut kesesuaian perangkat roda gigi untuk dipakai ulang

### **Spur dan Helikal**

Untuk roda gigi spur dan helikal, kita biasanya akan mengkhawatirkan pelurusan lateral karena pengaturan radial dikerjakan lewat kerangka gearbox. Jika roda gigi-roda gigi ini tidak dalam kondisi lurus yang benar, biasanya masih akan bergerak tetapi akan mengalami aus yang tidak merata.

### ***Herringbone***

Karena secara efektif ini adalah dua roda gigi helikal yang berlawanan arah, kita harus memperhatikan pelurusan lateral. Selama roda gigi tidak lurus, maka hanya satu sisi hanya akan mengangkut semua beban dan akan menghasilkan gaya aksial pada bearing. Bahkan diperlukan blue di seluruh bagian muka gigi *herringbone*.

### **Cacing (*Worm*)**

Pada kotak cacing, kita harus memastikan apakah roda gigi semuanya telah ditengahkan secara lateral. Pengaturan radial atau kedalaman pemakaian diatur lewat permesinan box.

- Jika roda tidak ditengahkan cacing hanya dapat bekerja pada bagian sisi gigi-gigi dari roda bukan bagian lebarnya.
- Jika cacing tidak ditengahkan, kita akan melihat kerusakan pada bagian bawah roda karena cacing tidak berada cukup jauh ke dalam.

### **Bevel**

Ini adalah instalasi roda gigi yang paling kompleks, karena radial dan lateral disesuaikan. Pada bevel tirus, perubahan pada lateral juga akan mengubah pengaturan radial. Pentautan atau penggigitan yang benar berarti roda gigi-roda gigi ini memiliki pengaturan backlash, radial dan lateral yang benar serta penandaan blue baik pada

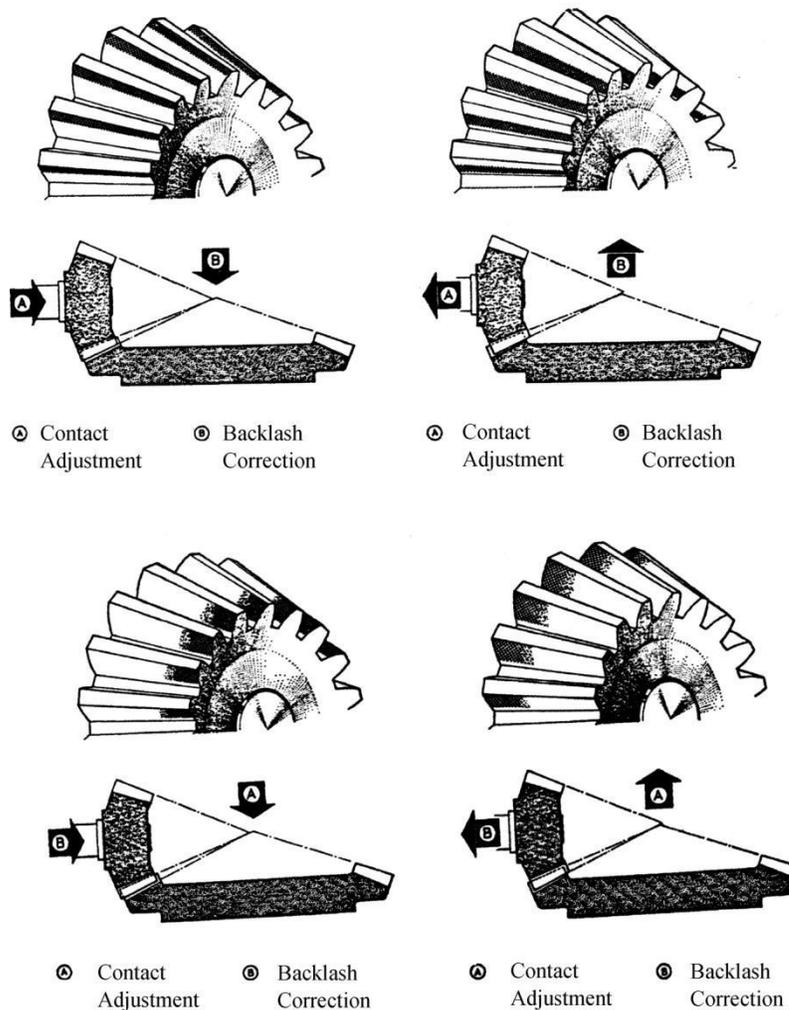
semua gigi untuk pemotongan spur atau penandaan bagian tengah untuk gigi-gigi 23  
 potongan spiral. (Periksalah manual pengerjaan untuk penandaan blue pada box yang  
 diperlukan).

□ Pinyon

Dengan memasukkan pinyon, pentautan gigi-gigi akan menjadi dalam, melepaskan backlash dan mengubah pelurusan roda gigi.

□ Roda gigi

Dengan mengubah roda gigi, kita dapat mengubah tautan gigi dan backlash. Penyesuaian ini tidak dapat mengubah pelurusan



**Gambar 10. Gerakan relatif perangkat bevel gear**

## **Jenis-jenis Kegagalan**

Penggerak roda gigi biasanya tidak akan mengalami kesalahan yang berat tanpa memberikan beberapa peringatan atau tanda-tanda sebelum terjadi kesalahan. Banyak dari gejala ini akan ditunjukkan dan dapat diamati tanpa membongkar gearbox dari pengerjaan. Tetapi apabila kita benar-benar membongkar bagian dalam gearbox, akan ada banyak roda gigi yang bisa menunjukkan kegagalan.

### **Panas**

Apabila roda gigi bekerja dengan kondisi yang benar, roda gigi-roda gigi tersebut akan menunjukkan warna umum yang sama dan akan memperlihatkan bagian depan pekerjaan berwarna perak halus. Jika roda gigi-roda gigi terkena panas yang berlebihan atau kurangnya pelumasan, kita akan menemukan warna yang kabur akibat panas. Warna-warna ini akan ditunjukkan dengan tidak meratanya warna pada gigi hingga warna biru total pada bagian depan gigi yang bekerja dan atau seluruh gigi.

### **Pelumasan**

Apabila perangkat roda gigi dipasang dengan benar, hal yang paling penting berikutnya adalah pelumasan. Pasangan roda gigi yang diinstal buruk bisa mengerjakan beban yang dibutuhkan, tetapi jika pelumasan salah penggerak dengan cepat menjadi tidak dapat bekerja. Bentuk-bentuk kesalahan akan ditunjukkan pada bagian depan gigi.

#### **(a) Debris**

Membiarkan benda asing atau partikel akibat keausan tetap berada di dalam casing dan oli akan mengakibatkan keausan yang lebih abrasif. Masalahnya akan menjadi semakin kronis karena apabila proses tersebut mulai terjadi, semakin banyak debris akan dihasilkan dan semakin banyak kerusakan yang terjadi pada roda gigi dan bearing. Pola kerusakan yang terjadi berupa garis-garis yang terdapat dari bagian bawah hingga ujung setiap gigi. Begitupula di dalam box, kita akan menemukan partikel logam dan kotoran.

Biasanya masalah ini disebabkan oleh masuknya kotoran – jadi breather dan pelindung gearbox harus diperiksa. Mungkin saja masalah tersebut disebabkan breather perlu di upgrade atau kondisinya dimana diperlukan periode waktu yang lebih pendek antara penggantian-penggantian oli guna menjaga kontaminasi berada pada batas yang dapat ditolerir.

---

---

**(b) Jenis yang salah**

Meski tidak dipungkiri semua oli melumasi, tetapi tidak benar jika setiap oli akan melakukannya. Agar gearbox industri tertentu bekerja secara efektif, oli harus memiliki kekuatan film yang cukup serta bahan tambahan untuk menangani muatan yang dikerjakan.

Terlalu ringan -

Petunjuk yang memperlihatkan oli terlalu ringan adalah tanda goresan pada bagian depan gigi. Goresan-goresan ini disebabkan karena bagian permukaan gigi secara terus menerus menjadi beradu satu dengan lainnya dan beberapa fusi permukaan atau pengelasan yang berlangsung. Gearbox akan menjadi berisik, menjadi panas dan saat pergantian oli akan banyak terdapat kandungan logam.

Terlalu berat -

Jika oli terlalu kental, akan dapat mengakibatkan kondisi pelumasan menjadi kurang. Karena oli menjadi lebih kental, dua hal akan terjadi:

1. Roda gigi harus bekerja lebih keras untuk menekan keluar oli antara bagian-bagian depan yang bekerja – sehingga akan menimbulkan panas.
2. Kemampuan oli melindungi semua roda gigi dan bearing di dalam gearbox menjadi terbatas. Hal ini akan menyebabkan kekurangan pelumasan untuk beberapa komponen yang terdapat di dalam gearbox.

Kondisi ini akan menyebabkan pemanasan pada roda gigi dan/atau timbulnya goresan pengelasan permukaan gigi.

Bahan Tambahan yang Salah

Beberapa bahan tambahan yang terkandung di dalam oli menentukan kemampuannya dalam menangani tekanan berlebihan yang dihasilkan serta tidak meratanya permukaan roda gigi. Pemilihan jenis oli yang benar dan zat tambahannya sebaiknya dilakukan berdasarkan data-data dari pabrik pembuat, bersama supplier pelumas, pengetahuan tentang kondisi kerja dan pengerjaannya. Penggunaan oli yang salah akan mengakibatkan kerusakan sebelum periode servis yang harus dilakukan, oleh karena itu memungkinkan terjadinya kerusakan yang lebih cepat. Tanda-tanda terjadinya kerusakan yang lebih cepat adalah:

- oli kehilangan kekentalannya (viscosity) selama masa penggantian standar
  - oli masih bersih tetapi banyak logam yang hilang
  - korosi bagian dalam atau serangan bahan kimia di bagian dalam box.
-

**(c) Bahan Pelumas tidak berubah**

Karena oli bekerja terus menerus, kualitas oli (bahkan oli sintesis) akan menurun. Hingga pada akhirnya oli tersebut tidak akan memiliki kekuatan film yang dibutuhkan. Biasanya saat itu juga oli juga akan menjadi bersifat korosif, sehingga kerusakan pada gearbox menjadi lebih cepat. Periode pengerjaan yang benar atau pengujian kondisi oli secara teratur merupakan kewajiban guna memastikan usia yang panjang dari gearbox. Oli dengan kondisi ini akan menjadi lebih encer dibanding pada pemakaian awal dan akan bersifat asam.

***Overloading*****Plastic Flow**

Apabila kita memeriksa roda gigi, kita akan memperhatikan bahwa bentuk pinggiran roda gigi menjadi tidak teratur atau pada bentuk gigi-gigi pada roda gigi. Hal ini menunjukkan bahwa telah menjadi lunak, tidak diperkeras dengan baik atau telah mengalami overloading. Perubahan pada bagian pinggir disebabkan oleh perubahan logam karena disebabkan beban, sehingga memungkinkan bagian pinggir menjadi berubah bentuknya.

Jika roda gigi masih dalam kondisi yang baik, pemutaran atau perubahan pada bagian pinggir dapat digerinda secara hati-hati dengan membuat sedikit penumpulan (chamfer) pada bagian pinggir roda gigi. (Jika mungkin gearbox ini perlu dipasang pada posisi dengan beban dikurangi)

***Overload***

Jika permukaan terlihat tergores dan materi terlepas tidak merata dari semua bagian permukaan kerja, maka penyebabnya bisa merupakan overloading. Pemeriksaan harus dilakukan menyangkut seberapa baik pentautan diatur dan pada beban gearbox sebenarnya.

**Kerusakan pada permukaan/goresan/lobang**

Ada dua kondisi yang dapat mengakibatkan kerusakan ini:

1. Debris yang terdapat pada kontak permukaan kerja dari roda gigi.
2. Ketidakteraturan permukaan atau kerusakan permukaan setempat yang mengakibatkan keretakan terbentuk.

Hati-hati saat bekerja pada kondisi-kondisi di atas karena keduanya mengurangi luas permukaan sentuh dan dapat mengakibatkan kerusakan permukaan yang lebih jauh. Selain itu, debris yang dihasilkan dapat mengakibatkan kerusakan lebih jauh jika tidak dibersihkan atau dibiarkan mengendap oleh pelumas. Jumlah kerusakan permukaan

---

yang sedikit tidak akan mengambil banyak perhatian, tetapi alasan terjadinya perlu 27  
diketahui.

### **Pengaturan yang salah**

Masalah berikut berhubungan dengan bevel gears, karena semua jarak bebas radial ditetapkan oleh jarak pusat kerangka. Pelurusan yang salah – mengurangi luas permukaan kontak adalah satu-satunya masalah yang dapat diralat oleh kita. (Lihat gambar 10)

### **Pentautan terlalu dalam**

Untuk pengerjaan yang benar, semua roda gigi yang berpasangan memerlukan jarak bebas antara bagian dasar dan ujung. Jika kita memperhatikan kerusakan pada bagian dasar serta pembulatan di bagian ujung pada kedua sisi, kemungkinan besar adalah pentautan roda gigi terlalu dalam dan kontak sesungguhnya telah terjadi.

- Jika permukaan gigi benar sesuai gambar maka roda gigi dapat diatur kembali dengan benar.
- Jika bagian depan gigi menunjukkan tanda-tanda keausan maka diperlukan perhatian yang ekstra hati-hati. Kita tidak boleh mengatur kembali posisi relatif roda gigi dan pengganjalan, tetapi jarak bebas harus dibuat. Gerindalah atau mesinkan secara hati-hati tip atau diameter tirus luar dari pinyon hingga jarak bebas dibuat. Bersihkan bagian pinggir yang tajam atau kasar dan atur kembali dengan menggunakan ketebalan shim yang asli baik pada roda gigi maupun setting pinyon.

### **Pentautan tidak cukup**

Jika tanda-tanda keausan menunjukkan dangkal atau backlash berlebihan, mungkin bevel gear tidak bertautan dengan benar.

- Jika permukaan gigi benar sesuai dengan gambar maka roda gigi dapat direset dengan benar.
  - Jika gigi-gigi telah usang – tidak ada yang bisa dilakukan untuk memperbaikinya, kurangnya penggerindaan ulang pada permukaan untuk memperbaharui dan memperbaharui kembali roda gigi-roda gigi. Kita sebaiknya tidak mereset pentautan roda gigi yang telah usang. (Jika roda gigi-roda gigi ini masih bisa bekerja dalam jangka waktu yang lama maka jika diperlukan, setelah mengubah dan membahas bersama supervisor kita, roda gigi-roda gigi ini dapat digunakan kembali hingga penggantian nanti. Tidak dianjurkan tetapi bisa dilakukan)
-

---

## ***Troubleshooting***

Apabila kita mengerjakan atau memeriksa gearbox, kita sebaiknya mengamati kondisi gearbox. Kita sebaiknya mencatat hal-hal berikut:

- Panas
    - Tanda-tanda overloading atau kurangnya pelumasan atau kegagalan pendinginan jika diatur:
      - Apakah box lebih panas lebih panas dari biasanya atau lebih dari 30°C di atas luas sekeliling atau sekitar?
      - Panas atau bau terbakar di sekitar box?
      - Tingkat ketinggian pelumasan, jenis yang salah atau terlalu penuh?
  - Bising
    - Suara penggerindaan, bunyi benda jatuh, pukulan?
  - Kondisi oli
    - Perubahan warna pada oli karena panas?
    - Perubahan warna karena masuknya kotoran dan debu?
    - Apakah ada partikel logam yang halus?
  - Bocor
    - Pelindung tidak berfungsi atau sudah usang?
    - Kerusakan pada bearing?
    - Beban samping yang berlebihan pada poros – poros melentur?
    - Pelumas terlalu banyak – kebocoran pada breather?
    - Breather terblokir – tekanan yang berlebihan pada box?
  - Poros bergerak tidak seimbang
    - Bearing usang atau tidak bekerja dengan baik?
    - Putaran bearing pada kerangka atau pada poros?
  - Kelonggaran pada kaitan gigi (*back lash*)
    - Roda gigi sudah usang?
    - Pengaturan yang salah?
-

## Karakteristik beberapa kerusakan roda gigi dan penyebabnya

(Neale, Michael J. 1995. *Tribology Handbook 2nd Edition.*)

### Pengelupasan Permukaan Roda Gigi

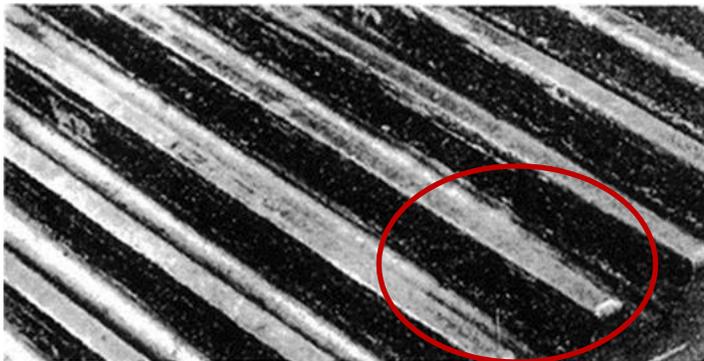


Permukaan roda gigi yang dikeraskan terkelupas atau pecah menjadi kepingan

Penyebab:

Pengelupasan permukaan roda gigi merupakan indikasi permukaan yang dikeraskan terlalu tipis untuk menahan beban. Apabila tidak ditangani segera maka gigi roda gigi akan mengalami kerusakan

### Kerusakan Roda Gigi karena Pitting

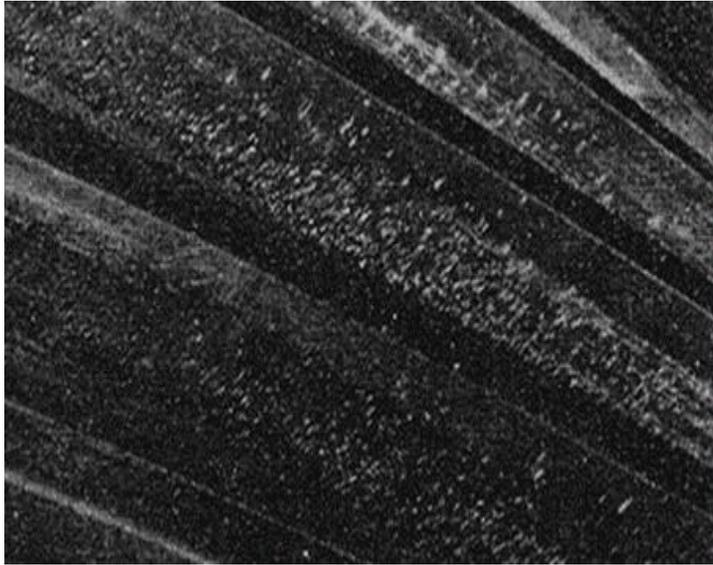


Terdapat lubang lubang (pitting) pada permukaan roda gigi terutama pada sisi tekan. Apabila pitting terus bertambah maka akan ada potensi kerusakan pada gigi

Penyebab:

Material roda gigi mengalami stres berlebihan, seringkali karena beban kejut yang berulang. Apabila Pitting terjadi pada sisi tertentu, periksa alignment roda gigi.

### Partikel di Dalam Pelumas



Terdapat alur pada roda gigi searah dengan arah gerakan dan ukuran seukuran dengan kontaminan yang ada di dalam pelumas

#### Penyebab:

Abrasi karena material yang masuk ke dalam pelumas roda gigi, seringkali terjadi pada roda gigi terbuka. Periksa pelumas roda gigi secara berkala, apabila menggunakan pelumas rendam atau sirkulasi, gunakan saringan

### Patah karena Kejut



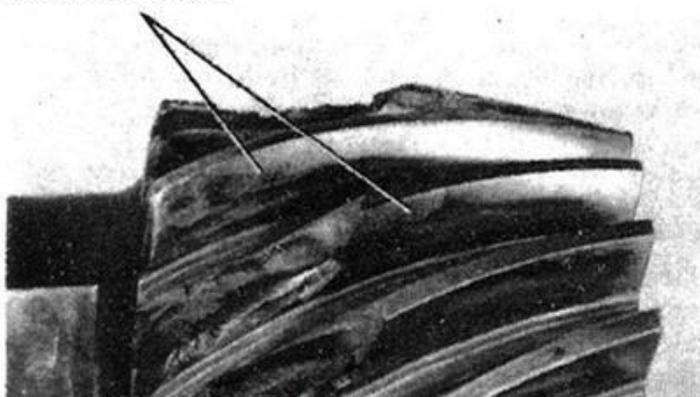
Roda gigi yang patah dapat satu atau lebih roda gigi. Pada material yang keras permukaan patahan akan tampak seperti granular. Pada material yang lebih liat permukaan akan tampak seperti dibengkokkan

#### Penyebab:

Terjadi beban kejut yang besarnya melebihi kekuatan material roda gigi. Patahan brittle pada roda gigi kuningan merupakan indikasi terjadinya pemanasan lebih

### Beban pada Ujung dan Atas Gigi

#### Lecet Permukaan

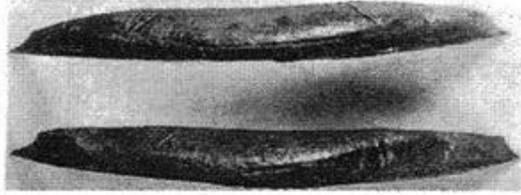


Bagian ujung dan atas gigi mengalami kerusakan. Biasanya pada sisi dalam roda gigi heliks.

#### Penyebab:

Terjadi beban kejut setempat yang berlebih. Beban ini menghasilkan torsi yang sangat tinggi dan menyebabkan kerusakan pada ujung ujung gigi.

### Impak atau Beban Lebih Menyebabkan Fatik



Seringkali terjadi retak pada dasar roda gigi pada sisi beban roda gigi. Apabila gigi patah maka akan tampak dua fasa, butiran halus dimana kerusakan akhir terjadi dan butiran kasar tempat awal terjadinya patahan.

#### Penyebab:

Beban yang terjadi sangat intens sehingga melebihi batas stress material yang mengakibatkan keretakan pada dasar gigi



## Soal-soal Latihan

1. Jelaskan alasan pemilihan roda gigi sebagai sarana penggerak
  2. Backlash adalah kejadian ketika roda gigi dapat berputar berlawanan arah putaran.
    - a. Sebutkan penyebab terjadinya backlash
    - b. Apa kerusakan yang dapat disebabkan oleh terjadinya backlash
    - c. Apa perbaikan yang harus dilakukan untuk menghilangkan backlash
  3. Sebutkan tiga jenis gearbox dan jelaskan perbedaannya
  4. Jelaskan tahapan untuk memasang dan mensetel
  5. Jelaskan tanda tanda roda gigi kelebihan beban
  6. Jelaskan jenis kerusakan roda gigi dan sebutkan penyebabnya
-