



**MEKANISME DAN TROUBLE SHOOTING SISTEM
DIFERENSIAL SERTA PERHITUNGAN PENGUATAN
MOMEN DARI DRIVE PINION TERHADAP AXLE
PADA TOYOTA KIJANG 5K**

PROYEK AKHIR

Disusun Dalam Rangka Menyelesaikan Studi Diploma III
Untuk Mencapai Gelar Ahli Madya

Oleh

Toto Novianto

5250304030

Prodi : Teknik Mesin DIII

PERPUSTAKAAN
UNNES

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2007

ABSTRAK

Toto novianto. 2007. **Mekanisme dan Trouble Shooting Sistem Diferensial serta Perhitungan Penguatan Momen dari Drive Pinion terhadap Axle pada Toyota Kijang 5K.** Proyek Akhir. Teknik Mesin D-3. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Perkembangan teknologi pada bidang otomotif khususnya pada mobil sangat pesat. Hal ini mendorong manusia untuk selalu belajar guna mengetahui lebih mendalam tentang sistem pemindah daya (*power train*) dan berdasarkan dari permasalahan yang diangkat dalam penulisan Proyek Akhir ini adalah ingin mengetahui konstruksi, mekanisme kerja, cara mengatasi gangguan dan cara memelihara diferensial serta perhitungan momen pada Toyota Kijang 5K.

Komponen-komponen utama diferensial pada Toyota Kijang adalah : Roda gigi *pinion (drive pinion)*, poros *pinion (pinion shaft)*, roda gigi sisi (*side gear*), gigi *pinion (differential pinion)*, roda gigi cincin (*ring gear*) dan *differential carrier*, bantalan-bantalan, mur penyetel bantalan, perapat oli (*oil seal*) dan poros-rodas belakang.

Cara kerja dari diferensial pada Toyota Kijang adalah putaran poros engkol dari mesin melalui transmisi oleh *propeller shaft* diperkecil sesuai dengan tenaga yang diteruskan *drive pinion* ke *ring gear*, sebaliknya momennya bertambah dan arah transmisi berubah tegak lurus terhadap arah asalnya.

Dua buah gigi *pinion (differential pinion)* dan dua buah roda gigi sisi (*side gear*) diletakkan dalam *differential case* menjadi satu dengan *ring gear*, sehingga bila *differential case* berputar, *differential pinion* yang terikat pada *differential case* melalui diferensial poros *pinion (pinion shaft)* ikut berputar menyebabkan roda gigi sisi (*side gear*) juga berputar.

Proses kerja diferensial dapat terganggu jika terdapat gangguan operasional pada komponen-komponen diferensial. Hal ini dapat diidentifikasi pemeriksaan kerusakan yang terjadi. Gangguan yang sering terjadi pada diferensial biasanya disebabkan oleh komponen-komponen yang telah mengalami kerusakan antara lain : *ring gear, drive pinion, side gear, pinion gear* dan *pinion shaft ring gear*.

Diferensial dapat berfungsi dengan baik apabila komponen-komponennya tidak mengalami kerusakan dan jangan sampai terlambat dalam pemberian/penggantian minyak pelumas pada diferensial, sebab hal tersebut dapat mengakibatkan persinggungan gigi yang keras dan akibatnya gigi akan aus serta posisi *drive pinion* dan *ring gear* akan berubah dan berilah minyak pelumas sesuai dengan konstruksi gigi-gigi dan jenis diferensial.

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Proyek Akhir, 2007, yang berjudul “ Mekanisme dan Trouble Shooting Sistem Diferensial serta Perhitungan Penguatan Momen dari Drive Pinion terhadap Axle pada Toyota Kijang 5K “ ini telah disetujui dan dipertahankan dihadapan Sidang Ujian pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 21 Agustus 2007

Dosen Pembimbing

Samsudin Anis, S.T, M.T.

Penguji II

Penguji I

Karnowo, S.T, M.T
NIP. 132314897

Samsudin Anis, S.T, M.T
NIP. 132303194

Ketua Jurusan

Ketua Program Studi D3

Drs. Pramono
NIP. 133474226

Drs. Wirawan Sumbodo, M.T
NIP. 131876223

Dekan,

Prof. Dr. Soesanto
NIP. 130875753

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

1. Jadikanlah kegagalanmu sebagai awal dari kesuksesanmu.
2. Hidup adalah perjuangan yang tiada akhirnya.
3. Manfaatkan waktu dengan sebaik-sebaiknya karena waktu tidak akan terulang kembali.



PERSEMBAHAN :

Laporan ini kupersembahkan kepada :

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberi dorongan dengan sepenuh hati.
2. Adik dan kakakku tersayang.
3. Teman-teman seperjuangan.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas karunia dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan lancar dan selamat sehingga tersusunnya laporan ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa semua ini dari berbagai pihak yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Prof. Dr. Soesanto, selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah memberi ijin untuk pelaksanaan Proyek Akhir ini.
2. Bapak Drs. Pramono, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Drs. Wirawan Sumbodo, M.T. selaku Ketua Program Studi D3.
4. Bapak Samsudin Anis, S.T, M.T, selaku Pembimbing sekaligus Penguji I dalam penyelesaian laporan Proyek Akhir ini.
5. Bapak Karnowo, S.T, M.T, selaku Penguji II dalam Proyek Akhir ini.
6. Bapak Widi Widayat, S.Pd, selaku Dosen Pembimbing Lapangan yang telah membantu dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
7. Seluruh keluargaku yang selalu mendukung dan memberi semangat baik moral maupun spiritual.
8. Seluruh teman-teman D3 Teknik Mesin reguler yang merupakan teman-teman seperjuanganku.
9. Teman-teman kosku yang selalu memberi semangat dan menemaniku baik dalam keadaan suka maupun duka.
10. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulisan laporan Proyek Akhir ini dapat selesai.

Semarang, Agustus 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan.....	3
D. Manfaat.....	3
E. Sistematika Penulisan.....	4
F. Metode Pengumpulan Data.....	4
 BAB II MEKANISME DAN TROUBLE SHOOTING SISTEM DIFERENSIAL SERTA PERHITUNGAN PENGUATAN MOMEN DARI DRIVE PINION TERHADAP AXLE PADA TOYOTA KIJANG 5K	
A. Dasar Teori.....	5
1. Konstruksi Diferensial	5
2. Prinsip Dasar Unit Roda Gigi diferensial	10
B. Prinsip Kerja Diferensial	18
C. Hasil Analisa Dan Pembahasan	20
D. Penyetelan-Penyetelan pada diferensial	36
1. <i>Back Lash</i>	36

2. <i>Run Out</i>	37
3. <i>Contact Gear</i>	38
E. Pemeliharaan Diferensial.....	39
BAB III PENUTUP	
A. Kesimpulan	43
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	47



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Konstruksi Diferensial	6
Gambar 2. Bagian Diferensial	7
Gambar 3. <i>Side Gear</i>	8
Gambar 4. <i>Pinion Gear</i>	8
Gambar 5. <i>Drive Pinion Gear</i>	8
Gambar 6. <i>Ring Gear</i>	9
Gambar 7. Rack Dan Shackle.....	11
Gambar 8. Diferensial Konvensional.....	14
Gambar 9. Gigi <i>Bevel</i>	16
Gambar 10. Gigi <i>Spiral Bevel</i>	16
Gambar 11. Gigi <i>Hypoid Bevel</i>	17
Gambar 12. Kerja Diferensial Saat Jalan Lurus	19
Gambar 13. Posisi Kendaraan Berbelok	20
Gambar 14. Hubungan Drive Pinion Dan Ring gear Yang Baik	23
Gambar 15. Hubungan Gigi Berada Di Ujung Gigi	23
Gambar 16. Hubungan Gigi Berada Pada Alas Gigi	24
Gambar 17. Hubungan Gigi Berada Di Dalam Ring	25
Gambar 18. Hubungan Gigi Pada Ujung Luar Gigi	25
Gambar 19. Penyetelan <i>Back Lash</i>	37
Gambar 20. Memeriksa <i>Run Out Ring Gear</i>	38
Gambar 21. <i>Contact Gear</i>	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Trouble Shooting</i> Diferensial.....	29
Tabel 2. Klasifikasi Kualitas Menurut API (<i>American Petroleum Institute</i>).....	41



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Spesifikasi Toyota Kijang 5K.....	48
Lampiran 2. Jumlah Gigi diferensial Toyota Kijang 5K	49
Lampiran 3. Daftar Foto.....	50
Lampiran 4. Surat Pernyataan Selesai Bimbingan	52
Lampiran 5. Surat Pernyataan Selesai Alat.....	53
Lampiran 6. Surat Pernyataan Selesai Revisi	54
Lampiran 7. Surat Penetapan Dosen Pembimbing TA Mahasiswa.....	55
Lampiran 8. Surat Tugas.....	56



BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang makin pesat dewasa ini menimbulkan dampak pada dunia pendidikan, karena makin besar tantangan yang harus dihadapi. Oleh karena itu, untuk menghasilkan sumber daya manusia yang handal untuk dapat menjawab tantangan agar dapat mengantisipasi perkembangan ilmu pengetahuan yang sedang berkembang saat ini, maka diperlukan adanya upaya peningkatan dan penyempurnaan dibidang teknologi.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, tenaga ahli sebagai pelaksana dituntut senantiasa meningkatkan kemampuannya sesuai dengan bidangnya masing-masing dan menentukan apa yang diperlukan dalam teknologi.

Untuk memperjelas pembelajaran baik teori maupun praktik D3 otomotif, maka cara yang tepat adalah dengan mengetahui terlebih dahulu komponen dan cara kerja dari diferensial. Pada praktik D3 ini mahasiswa masih banyak yang minim pengetahuan tentang diferensial, untuk itu pentingnya penulis membahas tentang diferensial.

Pembelajaran sistem diferensial sangat diperlukan oleh mahasiswa terutama teknik mesin otomotif, dengan tujuan agar mahasiswa dapat mengetahui proses pemindahan tenaga putar dari *propeller shaft* ke roda-roda belakang, baik

pada saat bergerak lurus maupun pada saat kendaraan membelok ke kiri maupun ke kanan. Adapun alasan dipilihnya diferensial ini adalah sebagai berikut:

1. Masih minimnya pengetahuan mahasiswa tentang sistem diferensial dalam teori maupun praktik D3 otomotif.
2. Untuk mengetahui lebih banyak tentang komponen dan cara kerja sistem diferensial pada Toyota Kijang 5K.
3. Untuk mengetahui dan menyimpulkan hasil pembahasan serta mengetahui *trouble shooting* dari sistem diferensial.

Atas dasar tersebut penulis berkeinginan mengambil judul

“MEKANISME DAN TROUBLE SHOOTING SISTEM DIFERENSIAL SERTA PERHITUNGAN PENGUATAN MOMEN DARI DRIVE PINION TERHADAP AXLE PADA TOYOTA KIJANG 5K.”

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian yang dipaparkan di atas maka diambil permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana konstruksi dan bagian-bagian diferensial pada Toyota Kijang ?
2. Bagaimana cara kerja diferensial pada Toyota Kijang ?
3. Bagaimana cara mengatasi gangguan-gangguan diferensial pada Toyota Kijang 5K ?
4. Bagaimana cara menghitung penguatan momen dari *drive pinion* terhadap *axle* pada Toyota Kijang 5K ?

C. TUJUAN

Tujuan dari pembahasan sistem diferensial pada Toyota Kijang 5K adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui mekanisme kerja dan konstruksi diferensial.
2. Mengetahui fungsi masing-masing komponen diferensial.
3. Menganalisa perhitungan momen pada Toyota Kijang 5K.
4. Mengetahui cara menganalisa *trouble shooting* yang terjadi pada diferensial.

D. MANFAAT

Manfaat yang diperoleh dari pembahasan sistem diferensial Toyota Kijang 5K adalah sebagai berikut :

1. Memberi wacana tentang cara kerja masing-masing komponen sistem diferensial Toyota Kijang 5K.
2. Laporan ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan yang lebih di bidang otomotif terutama sistem diferensial pada Toyota Kijang 5K.
3. Bermanfaat bagi masyarakat pengguna mobil Toyota Kijang 5K karena jika terjadi gangguan pada sistem ini dapat segera dianalisis dan kerusakan dapat segera diatasi.

E. SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penulisan Proyek Akhir ini, penulis mengelompokkan menjadi tiga bab yaitu :

Bab I : Pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan,

manfaat dan sistematika penulisan.

Bab II : Isi yang memuat tentang penjelasan dasar teori, konstruksi diferensial dan fungsi komponen, prinsip dasar dan cara kerja, analisa perhitungan momen, penyetelan diferensial serta pemeliharaan diferensial.

Bab III : Penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

F. METODE PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data dalam menyusun laporan Proyek Akhir ini ada beberapa cara yaitu :

1. Metode Observasi

Yaitu mengumpulkan data dengan jalan pengamatan dan terjun langsung ke lapangan.

2. Metode Interview

Yaitu dengan jalan mengadakan tanya jawab secara langsung dengan pembimbing Proyek Akhir untuk mendapatkan informasi secara langsung.

3. Studi Pustaka

Yaitu dengan cara mencari data melalui buku-buku literatur yang berhubungan dengan Proyek Akhir.

BAB II

MEKANISME DAN TROUBLE SHOOTING SISTEM DIFERENSIAL SERTA PERHITUNGAN PENGUATAN MOMEN DARI DRIVE PINION TERHADAP AXLE PADA TOYOTA KIJANG 5K

A. Dasar Teori

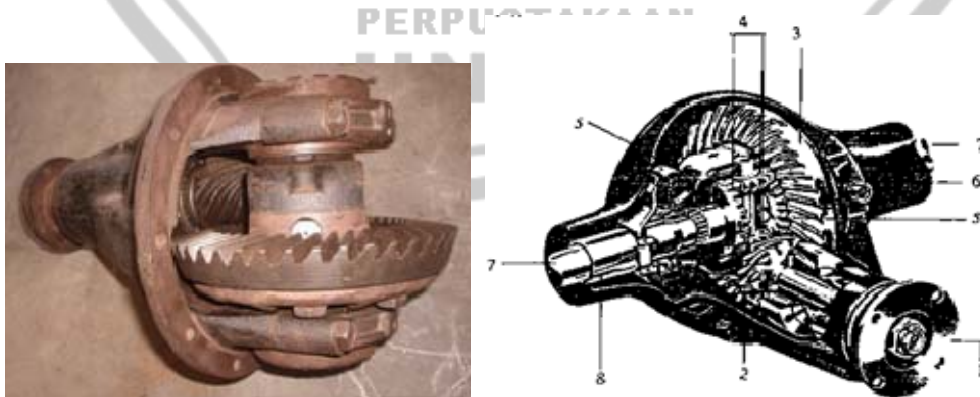
1. Konstruksi Diferensial

Mobil Toyota Kijang tipe 5K komponen otomotif yang dikenal pada diferensial terdiri dari dua bagian yaitu roda gigi akhir dan roda gigi diferensial yang mempunyai fungsi sebagai reduksi akhir poros engkol setelah dirubah oleh transmisi selanjutnya diperkecil oleh roda gigi akhir untuk memperoleh momen yang besar. Perbedaan diferensial tengah dan belakang dibuat susunan roda gigi untuk menghasilkan kecepatan putaran roda sebelah dalam berbeda dengan putaran roda sebelah luar pada saat kendaraan berganti arah sehingga roda tidak akan slip. Diferensial tengah memindahkan tenaga transmisi ke penggerak roda depan dengan penggerak roda belakang saat membelok. Proses perubahan arah tenaga gerak adalah roda gigi akhir merubah arah dari perpindahan tenaga gerak ke posisi tegak lurus atau mendekati ke poros *propeller* sebelum dipindahkan ke roda-roda penggerak.

Diferensial adalah merupakan salah satu bagian dari mekanisme pemindah daya yang bertugas untuk memindahkan tenaga putaran dari *propeller shaft* ke poros roda belakang (*rear axle*) dan untuk memungkinkan adanya perbedaan putaran antara roda kiri dan kanan saat membelok, baik berbelok ke kiri atau

kanan. Diferensial terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut: *pinion* penggerak (*drive pinion*), poros *pinion* (*differential pinion shaft*), roda gigi sisi (*side gear*), *differential case*, gigi *pinion* (*differential pinion*), roda gigi cincin (*ring gear*), *differential carrier*, bantalan-bantalan, mur penyetel bantalan, perapat oli (*oil seal*) dan poros-poros roda belakang.

Pinion penggerak di dalam *differential carrier* oleh dua buah bantalan (*bearing*), pada bagian ujung-ujung luar *pinion* penggerak terdapat alur untuk berkaitan dengan *propeller shaft universal joint yoke*, bagian yang bergigi berkaitan dengan *ring gear*. *Ring gear* diikat dengan baut pada *differential case* dan berputar bersama dengan *case*. *Differential case* dijamin di dalam *differential carrier* dengan bantalan (*bearing*), poros *pinion* (*pinion shaft*) ditempatkan di bagian tengah *case* sejajar dengan *ring gear* dan dipasang sedemikian rupa sehingga kedua gigi *differential pinion* yang terpasang pada ujung-ujung porosnya dapat berputar dengan poros. Bagian dalam *differential case* pada kedua ujung terdapat dua buah roda gigi *differential side gear* yang berkaitan dengan gigi *pinion*. Pada bagian dalam *side gear* terdapat alur (*spline*) untuk perkaitan dengan poros-poros roda belakang (*rear axle shaft*) untuk memungkinkan roda-roda gigi dapat berputar bersama-sama dengan porosnya.



Gambar 1. Konstruksi Diferensial
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 1*. 1991)

Keterangan:

1. Flens Companion.
 2. Gigi *pinion* (*drive pinion*).
 3. Roda gigi ring (*ring gear*).
 4. Roda gigi *pinion* (*pinon gear*).
 5. Roda gigi samping (*side gear*).
 6. Rumah poros belakang.
 7. Poros belakang.
 8. Pembias oli.
- a. Bagian-bagian diferensial adalah :



Gambar 2. Bagian Diferensial

Komponen utama diferensial :

1. Dua buah roda gigi samping (*side gear*) yang masing-masing pada ujung bagian dalam poros belakang. Roda gigi samping berbentuk *bevel gear*.



Gambar 3. *Side Gear*

2. Dua buah roda gigi *pinion* (*pinion gear*) yang dipasang berkaitan dengan roda gigi samping.



Gambar 4. Dua Roda Gigi *Pinion Gear*

3. Sebuah roda gigi *pinion* (*drive pinion gear*) berfungsi sebagai roda gigi ring.



Gambar 5. *Drive Pinion Gear*

4. Sebuah roda gigi ring (*ring gear*) dipasang pada bak diferensial pada baut pengikat dan plat penjamin.



Gambar 6. Roda Gigi Ring (*Ring Gear*)

b. Fungsi Roda Gigi Diferensial

Memindahkan tenaga mesin melalui poros *propeller* diteruskan ke roda-roda belakang melalui gigi diferensial dan poros as belakang. Diferensial mempunyai tiga fungsi sebagai berikut:

1. Pengurangan putaran:

Mengurangi putaran poros *propeller* sebanyak yang diperlukan oleh roda-roda. Pengurangan diperoleh dari gigi ring.

2. Merubah arah tenaga:

Dengan menggunakan gigi *pinion* penggerak dan roda gigi (*ring gear*) akan merubah arah tenaga 90° lalu memindahkan tenaga tersebut ke poros as belakang.

3. Membagi tenaga:

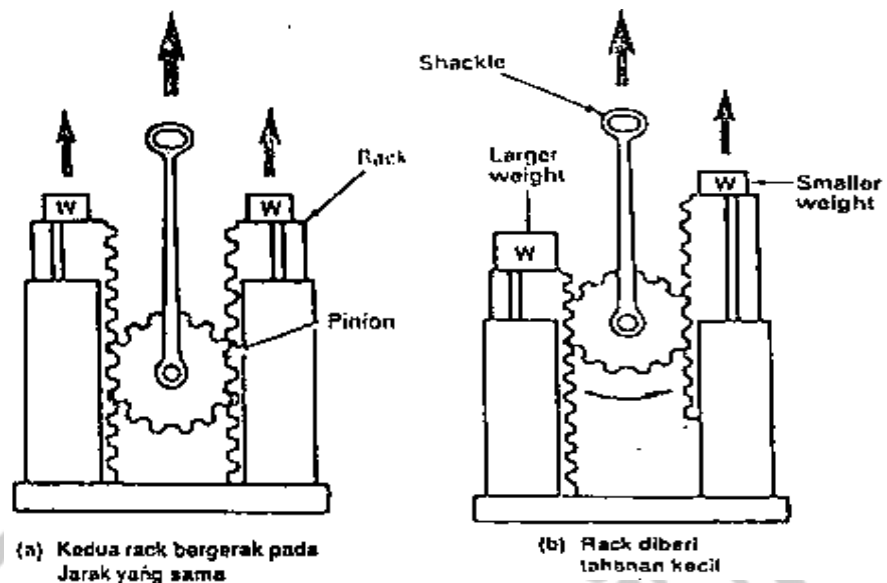
Bila kendaraan merubah haluan, itu akan membuat roda belakang bagian dalam berputar lebih lambat dari pada roda belakang bagian luar sehingga tidak terjadi slip. Aksi ini dilakukan oleh gigi diferensial yang terdiri dari gigi samping (*side gear*) dan roda gigi *pinion* (*pinion gear*).

Perbandingan persinggungan roda-roda giginya besar dan sangat halus. Selama roda-roda gigi berkaitan satu dengan yang lainnya harus dilumasi dengan oli roda gigi *hypoid oil film* yang kuat.

2. Prinsip Dasar Unit Roda Gigi Diferensial

Prinsip dasar unit roda gigi diferensial dapat dipahami dengan menggunakan peralatan yang terdiri dari roda gigi *pinion* dan dua *rack* seperti yang diperlihatkan pada gambar (a), Kedua *rack* dapat menggelincir pada arah vertikal sejauh berat *rack* dan tahanan gelincir terangkat bersamaan. *Pinion* diletakkan diantara *rack* dan *pinion* dihubungkan ke alat penyangga dan dapat digerakkan oleh alat penyangga. Bila beban W yang sama diletakkan pada setiap *rack* kemudian alat penyangga (*shackle*) ditarik ke atas maka kedua *rack* akan terangkat pada jarak yang sama, hal ini akan mencegah agar *pinion* tidak berputar.

Tetapi bila beban yang lebih besar diletakkan pada *rack* sebelah kiri dan *shackle* ditarik ke atas seperti pada gambar (b) *pinion* akan berputar sepanjang gigi *rack* yang mendapat beban lebih berat disebabkan adanya perbedaan tahanan yang diberikan pada *pinion*, sehingga beban yang lebih kecil terangkat. Jarak *rack* yang terangkat sebanding dengan jumlah putaran *pinion*. Dengan kata lain bahwa *rack* mendapat tahanan yang lebih besar tidak bergerak, sementara tahanan yang mendapat beban yang lebih kecil akan bergerak. Prinsip ini digunakan pada perencanaan roda-roda gigi diferensial.



Gambar 7. Rack Dan Sackle

(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 1*. 1995)

a. Cara Kerja Diferensial

Putaran poros engkol dari mesin melalui transmisi oleh *propeller shaft* diperkecil sesuai tenaga yang diteruskan *drive pinion* ke *ring gear*, sebaliknya momen bertambah dan arah transmisi bergerak tegak lurus terhadap arah asalnya. Dua buah gigi *pinion* (*differential pinion*) dan dua buah roda gigi sisi (*side gear*) diletakkan dalam *differential case* menjadi satu dengan *ring gear*, sehingga bila *differential case* berputar, *differential pinion* yang terkait pada *differential case* melalui diferensial poros *pinion* (*pinion shaft*) ikut berputar menyebabkan roda gigi sisi (*side gear*) juga berputar. *Side gear* dihubungkan ke poros roda belakang dan memindahkan tenaga putar ke roda-roda. Putaran pada poros menjadi rendah karena tenaga putar *propeller shaft* telah direduksi oleh *drive pinion* yang berkaitan dengan *ring gear* yang konstruksi giginya lebih banyak.

Adapun perbandingan reduksi kecepatan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Reduksi kecepatan} &= \frac{\text{Putaran propeller shaft/menit}}{\text{Putaran poros roda belakang/menit}} \dots\dots\dots(1) \\ &= \frac{\text{Jumlah gigi ring gear}}{\text{Jumlah gigi drive pinion}} \end{aligned}$$

(PT TAM. Jakarta. *New Step 1 Training Manual*. 2000 : hal 4-24)

Adapun tujuan mereduksi kecepatan adalah untuk memperbesar momen puntir sehingga gaya putarnya menjadi besar dan mampu mengangkat beban berat.

Sedangkan untuk menganalisa perbandingan putaran roda kiri dan kanan saat berbelok serta momen yang dihasilkan masing-masing roda.

- Putaran Diferensial :

$$\left(\frac{\text{Putaran Mestn (rpm)}}{t \text{ transmisi} \times t \text{ penggerak axle}} \right) (\text{Put/menit}) \dots\dots\dots(2)$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Momen Diferensial

$$t \text{ transmisi} \times t \text{ penggerak axle} \times \text{momen mestn (Nm)} \dots\dots\dots(3)$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Putaran roda kanan saat belok ke kiri

$$\text{Put diferensial} \times \text{jari - jari jalan} + \frac{(1/2 \times \text{jarak roda kiri dan kanan})}{\text{jari - jari jalan}} \dots\dots\dots(4)$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Putaran roda kiri saat belok ke kiri

$$\text{Putaran differensial} \times \text{jarak 2 jalan} = \frac{(1/2 \times \text{jarak roda kiri dan kanan})}{15} \dots(5)$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Rumus momen roda kanan < momen roda kiri saat belok ke kiri

Momen roda kanan

$$1/2 M \text{ differensial} + 1/2 M \text{ differensial} \frac{(\text{Put differensial} - \text{Put kanan})}{\text{Put differensial}} \dots(6)$$

Momen roda kiri

$$1/2 M \text{ differensial} + 1/2 M \text{ differensial} \frac{(\text{Put differensial} - \text{Put roda kiri})}{\text{Put differensial}} \dots(7)$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Hubungan antara rpm drive wheel dan ring gear dapat dirumuskan seperti berikut :

$$\text{Rpm ring gear} = \frac{\text{Rpm drive wheel kiri} + \text{Rpm drive wheel kanan}}{2} \dots (8)$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Adapun cara memperoleh rasio jumlah *putaran axle* belakang terhadap *pinion shaft* :

$$\frac{\text{jumlah gigi pinion}}{\text{jumlah gigi ring gear}} \dots \dots \dots (9)$$

(Sumber : PT. TAM. Jakarta. *New Step 1 Training Manual*. 2000: hal 4-24)

- Perbandingan putaran *axle* menghasilkan perbandingan putaran *side gear*.

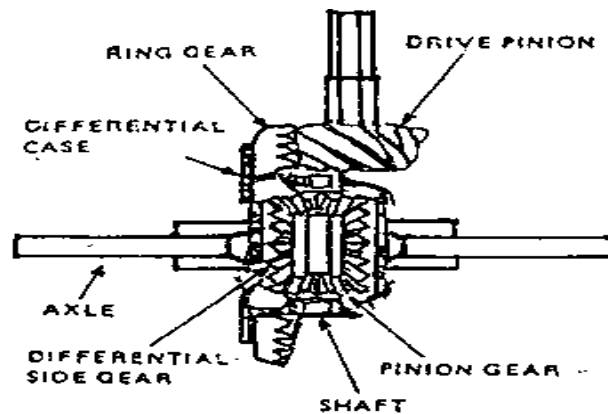
Perbandingan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Z_1 \times n_1 = Z_2 \times n_2 \dots \dots \dots (10)$$

(Sumber : PT. TAM. Jakarta. *New Step 1 Training Manual*. 2000 : hal 4-25)

b. Differensial Tipe Konvensional

Konstruksi Differensial tipe konvensional dibentuk sedemikian rupa oleh perkaitan roda-roda gigi dalam suatu unit terdiri dari:



Gambar 8. Differensial Konvensional
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 1*. 1991)

Keterangan:

1. Dua buah roda gigi samping (*side gear*) yang masing-masing pada ujung bagian dalam poros belakang. Roda gigi samping berbentuk *bevel gear*.
2. Dua buah roda gigi diferensial *pinion* (*pinion gear*) yang dipasang berkaitan dengan roda gigi samping.
3. Sebuah roda gigi *differential pinion* dipasang dan di kunci pada bak diferensial dengan pin pengunci. Poros tersebut memungkinkan roda gigi *differential pinion* berputar bebas.
4. Sebuah bak diferensial (*differential case*) berfungsi sebagai tempat dudukan roda gigi diferensial *pinion*.
5. Sebuah roda gigi ring (*ring gear*) dipasang pada bak diferensial dengan menggunakan baut pengikat dan pelat penjamin.

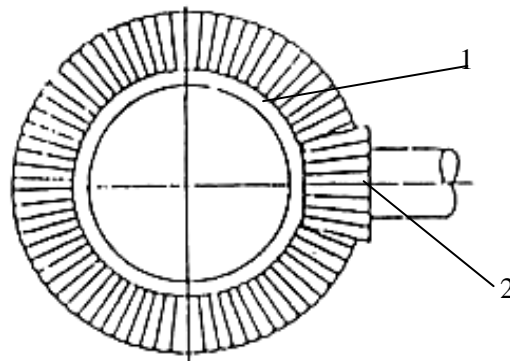
Sebuah roda gigi *pinion* (*drive pinion gear*) berfungsi sebagai roda gigi ring. Roda gigi *pinion* pemutar dijamin oleh pembawa differensial (*differensial carrier*) dengan menggunakan dua buah bantalan. Roda gigi ring mempunyai jumlah gigi lebih banyak dari roda gigi *pinion* sehingga dapat menurunkan jumlah putaran dan sebaliknya dapat memperbesar momen. Perbandingan jumlah putaran atau besar momen yang dihasilkan oleh perkaitan roda gigi *pinion* pemutar dan roda gigi ring pada differensial sering disebut perbandingan roda gigi. Pada umumnya untuk kendaraan komersial/penumpang besar perbandingan roda gigi differensial antara 2 : 1 sampai 4 : 1. Ini artinya jumlah roda gigi ring dua sampai empat kali lebih banyak dibandingkan dengan roda gigi pemutar. Sehingga apabila roda gigi *pinion* pemutar berputar dua sampai empat kali, maka roda gigi ring hanya berputar satu kali. Dengan kata lain momen yang dihasilkan oleh differensial tersebut diperbesar antara dua sampai empat kali.

Adapun konstruksi *bevel gear* pada differensial ada tiga macam yaitu:

1. Gigi *bevel*

Perkaitan antara *drive pinion* dengan ring gear terjadi garis pusat *pinion* berimpit dengan garis pusat *ring gear*. Konstruksi *bevel gear* ini mempunyai bentuk gigi yang lurus, sehingga perkaitan antara kedua gigi terdapat celah.

Oleh sebab itu putaran yang dihasilkan menjadi tidak halus oleh karenanya type gigi *bevel* jarang digunakan pada kendaraan.



Keterangan:

1. Ring gear
2. Drive pinion

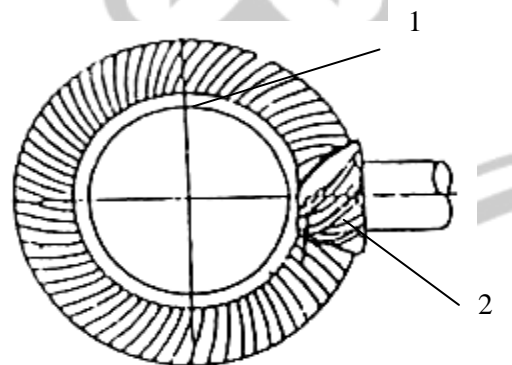
Gambar 9. Gigi Bevel

(Teknik mobil. 1980. Bhatara Karya Aksara:98)

2. Gigi bevel spiral

Perkaitan antara *drive pinion* dengan *ring gear*, garis pusat *pinion* berimpit dengan garis pusat *ring gear* tanpa ada celah antara kedua gigi, hal tersebut dimungkinkan karena konstruksi *bevel gear* ini berbentuk spiral, sehingga bunyi dan getaran yang timbul sangat kecil dan momen dipindahkan dengan lembut.

Type gigi *bevel spiral* dipasang pada kendaraan penggerak roda depan tetapi konstruksi *bevel gear* ini sangat mahal karena pembuatannya memerlukan pekerjaan yang harus teliti.



Keterangan:

1. Ring gear
2. Drive pinion

Gambar 10. Gigi Spiral Bevel

(Teknik mobil. 1980. Bhatara Karya Aksara:98)

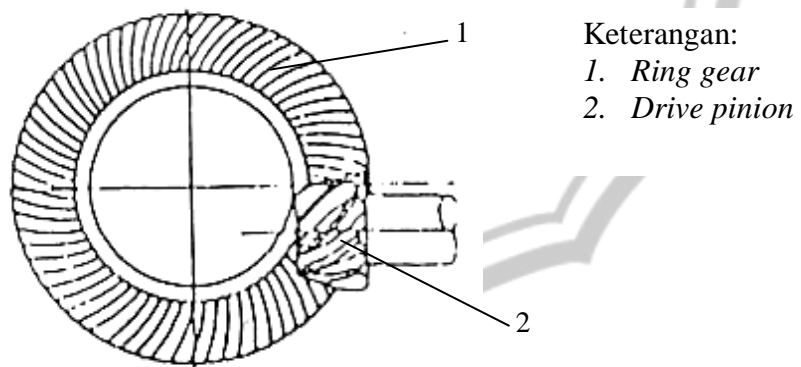
3. Gigi Hypoid bevel

Perkaitan antara *drive pinion* dengan *ring gear* terjadi dibawah garis pusat *ring gear*. Perkaitan antara kedua tersebut tanpa ada celah karena konstruksinya berbentuk spiral.

Type gigi *hypoid bevel* ini banyak digunakan pada kendaraan-kendaraan karena mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan tipe lainnya antara lain sebagai berikut:

- a. Putaran yang dihasilkan lebih halus.
- b. Lebih kompak dan lebih kuat.
- c. Pemakaiannya lebih praktis.
- d. *Propeller shaft* diperendah tanpa mengurangi jarak minimum ke tanah.

Tetapi karena tipe *hypoid* mempunyai sifat kerja seperti menyapu sehingga gesekan yang ditimbulkan lebih besar, oleh karena itu diperlukan minyak pelumas khusus dengan viskositas tinggi untuk mencegah gigi menjadi panas.



Gambar 11. Gigi Hypoid Bevel
 (Teknik mobil. 1980. Bhatara Karya Aksara: 98)

B. Prinsip Kerja Diferensial

Putaran poros engkol dari mesin melalui transmisi oleh *propeller shaft* diperkecil sesuai tenaga yang diteruskan *drive pinion* ke *ring gear*, sebaliknya momennya bertambah maka arah transmisi berubah terhadap arah asalnya.

Di dalam *differential case* terdapat dua buah roda gigi *pinion (pinion gear)* dan dua buah *side gear*, sehingga bila *differential case* berputar, maka poros *pinion (pinion shaft)* ikut berputar menyebabkan roda gigi sisi (*side gear*) juga berputar. *Side gear* dihubungkan ke poros roda belakang dan memindahkan tenaga putar ke roda-roda.

Putaran pada poros menjadi rendah karena tenaga putar *propeller shaft* telah direduksi oleh *drive pinion* yang berkaitan dengan *ring gear* yang konstruksi giginya lebih banyak.

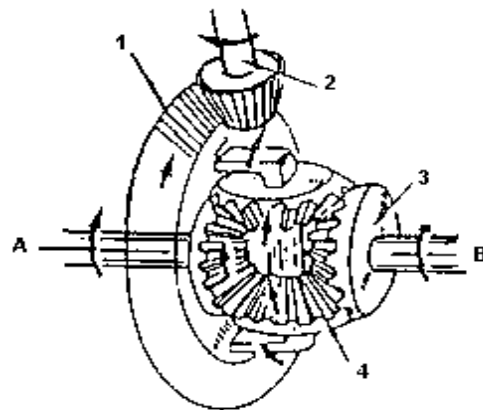
Adapun cara kerja diferensial dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Cara kerja diferensial pada saat berjalan lurus

Tekanan gelinding pada kedua roda penggerak hampir sama pada saat kendaraan bergerak lurus pada jalan datar. Pada kedua *side gear* berputar sebanding dengan putaran *differential pinion* dan semua komponen berputar dalam satu unit.

Bila tekanan kedua poros roda belakang sama *differential pinion* tidak berputar sendiri tetapi berputar bersama *ring gear*, *differential case* dan poros *pinion*. Dengan demikian *differential pinion* hanya berfungsi sebagai penghubung *side gear* kiri dan kanan, sehingga kedua *side gear* berputar dalam satu unit

dengan putaran *differential pinion* yang menyebabkan kedua poros roda berputar pada kecepatan yang sama.



Keterangan :

1. Ring gear
2. Drive pinion
3. Side gear
4. Differential pinion

: Jalan Lurus

(New step 1. 1991. Toyota Astra Motor: 27)

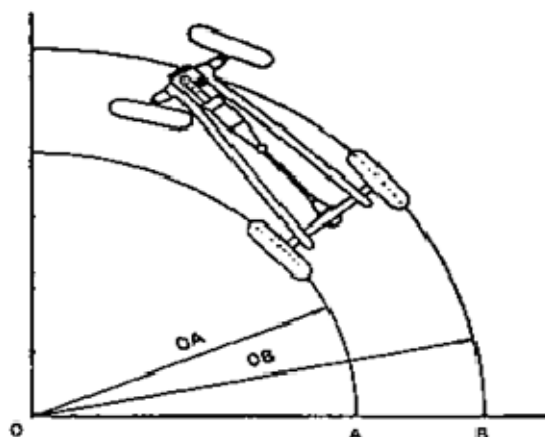
2. Cara Kerja Diferensial saat berbelok

Pada saat roda kendaraan belok kanan, jarak tempuh roda kiri lebih panjang dibandingkan dengan jarak tempuh roda kanan, bila dibandingkan pada saat kendaraan berjalan lurus.

Pada saat ini *side gear* bagian kanan tertahan, tiap *differential pinion* berputar melalui *shaftnya* masing-masing dan juga bergerak mengelilingi *axle* belakang, akibatnya putaran *side gear* kiri bertambah cepat.

Sebaliknya pada saat kendaraan berbelok kiri, jarak tempuh roda kanan lebih jauh dengan jarak tempuh roda kiri bila pada saat dibandingkan pada saat kendaraan berjalan lurus.

Pada saat belok kiri, *side gear* kiri tertahan, tiap *differential pinion* berputar melalui *shaftnya* masing-masing serta bergerak mengelilingi *axle* belakang, akibatnya putaran *side gear* kanan bertambah cepat.



Jarak A < Jarak B
RPM roda bagian dalam < RPM roda bagian luar

Gambar 13. Posisi Kendaraan Berbelok
(*New step 1*. Toyota Astra Motor: 28)

C. Hasil Analisa dan Pembahasan

❖ Diagnosa gangguan dan cara mengatasi diferensial

Gangguan pada diferensial biasanya ditandai dengan terdengarnya suara pada bagian belakang kendaraan, akan tetapi harus diperhatikan bahwa dalam mendiagnosa terkadang suara-suara yang lain sering mengganggu dalam menentukan analisa yang tepat. Tetapi bila sering mendengarnya suara yang timbul diakibatkan oleh diferensial maka hal tersebut akan mempercepat dalam menentukan penyebabnya.

Suara yang timbul akibat kerusakan diferensial dapat terdengar jelas saat kendaraan berjalan dengan kaca pada kendaraan tertutup semua. Suara dari diferensial dapat dibedakan dalam beberapa macam gerakan kendaraan yaitu:

- Bunyi pada saat kendaraan berjalan lurus suara diferensial mendengung.
- Bunyi pada saat kendaraan berbelok suara diferensial ngoklok.

- Bunyi pada saat kendaraan akselerasi ataupun deakselerasi mendengung dengan suara keras.

Penyebab semua itu biasanya terjadi akibat komponen-komponen di bawah ini yang telah mengalami kerusakan atau keanehan :

1. Ring Gear

Ring gear terletak pada *differential case*, sedangkan *ring gear* sendiri diputar oleh *drive pinion*. Daya pemindah yang baik adalah bila digerakkan dari *drive pinion* dapat dipindahkan ke *differential case* oleh *ring gear* tanpa halangan apapun, tidak timbul hentakan atau suara. Apabila *ring gear* mengalami kerusakan, giginya patah atau *run out*nya besar, maka akan timbul suara pada *ring gear* pada saat daya mulai dipindahkan. *Run out ring gear* akan menyebabkan terjadinya gesekan yang abnormal pada perkaitan gigi antar *ring gear* dengan *drive pinion*. Gesekan yang tidak normal akan mengakibatkan keausan, dan keausan ini akan mengakibatkan jarak kebesaran antara *ring gear* dengan *drive pinion* (*back lash*) menjadi tidak normal atau tidak sesuai dengan standarnya sehingga menimbulkan suara saat kendaraan berjalan. Kerusakan *ring gear* karena *run out* besar atau gigi lebih terasa saat kendaraan baru mulai berjalan atau kendaraan sedang melakukan akselerasi atau deakselerasi dan saat kendaraan jalan lurus.

2. Drive Pinion

Drive pinion berfungsi untuk meneruskan gaya putar dari *propeller shaft* ke *ring gear*. Perkaitan antara *drive pinion* dengan *ring gear* akan menghasilkan perbandingan gigi dari satu diferensial. Perkaitan gigi antara *drive pinion* dengan

ring gear mempengaruhi besar kecilnya permukaan gesek, dimana permukaan gesek menentukan besar kecilnya luas bidang yang menjadi bidang kerja. Apabila perkaitan tidak baik atau telah terjadi keausan pada gigi *drive pinion*, maka ketika kendaraan sedang berjalan akan timbul suara pada diferensial suara akan lebih terasa ketika kendaraan berjalan pada jalan yang lurus. Perkaitan antara *drive pinion* dengan *ring gear* tidak boleh terlalu rapat dan tidak boleh terlalu renggang. Untuk mendapatkan jarak yang tepat, maka perkaitan *drive pinion* dengan *ring gear* harus disetel. Penyetelan *back lash drive pinion* dengan *ring gear*.

- a. Penyetelan *back lash drive pinion* dengan *ring gear*, menggunakan *feeler gauge*:
 - 1) Gerakan *drive pinion* ke depan ke arah pusat *ring gear*.
 - 2) Ukur *back lash drive pinion* dengan *ring gear* menggunakan *feeler gauge*, *back lash* yang ditetapkan 0,1524 mm atau (0,006''-0,01'').
 - 3) Bila *back lash* terlalu rapat atau renggang maka jaraknya dikurangi atau ditambahkan shim pada *drive pinion* untuk memperkecil gerakan *drive pinion* ke depan atau ke belakang.
- b. Penyetelan *back lash drive pinion* dengan *ring gear* menurut hubungan tapak gigi :
 - 1) Oleskan cat warna pada gigi-gigi *ring gear*.
 - 2) Gerakan *ring gear* sehingga *drive pinion* bersentuhan dengan *ring gear*.
 - 3) Periksa hubungan gigi tapak gigi yang terlihat pada *ring gear*.

- 4) Hubungan gigi yang baik bila tapak gigi terdapat ditengah-tengah bidang *ring gear*.
- 5) Tapak gigi yang tidak tepat dapat disetel dengan mengatur kedudukan *ring gear* dan *drive pinion*.



Gambar 14. Hubungan *Drive Pinion* Dan *Ring Gear* Yang Baik
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

Kemungkinan kerusakan yang terjadi pada hubungan tapak gigi :

1. Jika tapak gigi terdapat pada sepanjang ujung gigi akan menyebabkan keausan dan suara



Gambar 15. Hubungan Gigi Berada Di Ujung Gigi
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

Cara memperbaikinya:

- a. Gesekan *drive pinion* ke arah pusat *ring gear* dengan memasang sebuah shim dibelakang *drive pinion*.

- b. Setel kembali *back lash* gigi.
2. Jika tapak gigi terdapat di sepanjang alas tetapi tipis



Gambar 16. Hubungan Gigi Berada Pada Alas Gigi
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

Hal tersebut akan menyebabkan gigi cepat aus dan bunyi,

Cara memperbaikinya :

- a. Putar *drive pinion* keluar dari pusat *ring gear* dengan menggunakan shim yang lebih tipis dibelakang *drive pinion*.
 - b. Setel kembali *back lash* lagi.
3. Jika tapak gigi terdapat pada bagian ujung dalam *ring gear*

Hal ini akan menyebabkan ujung gigi dapat tersayat dan rusak, mudah aus.

Sedangkan cara memperbaikinya adalah:

- a. Putar *ring gear* menjauhi *drive pinion*.
- b. Penyetelan ini akan menambah *back lash* gigi melebihi 0,254 mm.
- c. Sisipkan shim yang lebih tebal dibelakang *drive pinion* yang dapat digunakan untuk menggeser *drive pinion* menuju *ring gear* dan membuat *back lash* gigi menurut spesifikasi 0,1524 mm - 0,254 mm.



Gambar 17. Hubungan Gigi Berada Di Dalam Ring
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

4. Jika tapak gigi berada pada ujung luar gigi

Hal ini akan menyebabkan ujung gigi pecah atau cepat aus yang berlebihan,

Cara membetulkan:

- a. Putar *ring gear* kedalam mendekati *drive pinion*.
- b. Penyetelan ini akan mengurangi kebebasan gigi.
- c. Sisipkan shim tipis di belakang *drive pinion*.

Drive pinion akan menjauhi *ring gear* dan membuat *back lash* gigi diantara spesifikasi yaitu 0,006'' - 0,001'' (0,1524 mm)



Gambar 18. Hubungan Gigi Pada Ujung Luar Gigi
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

3. Side Gear

Pada saat jalan lurus kedua buah *side gear* menerima gaya yang sama.

Tetapi ketika kendaraan belok maka terdapat perbedaan putaran antara *side gear*

kiri dan *side gear* kanan. Gangguan yang timbul bila terjadi keausan pada *side gear* pada bagian gigi yang aus atau celah yang dibentuk dengan *pinion gear* menjadi besar sehingga bila roda penggerak berputar maka akan menimbulkan suara pada diferensial. Suara tersebut akan makin jelas terdengar bila kendaraan sedang berbelok dan makin keras *side gear* berputar lebih cepat.

Cara memperbaikinya adalah :

- a. Periksa bidang sentuh bantalan samping *differential case*.
- b. Apakahudukan bantalan tergores atau tidak.
- c. Bidang cincin tekan di dalam *differential case* harus halus dan bebas dari keausan.
- d. Ganti bantalan samping dengan yang baru (bila perlu) dan melumasi bidang sentuh *differential case*.
- e. Bila digunakan bantalan samping yang baru harus menggunakan kerucut luar yang baru.
- f. Lumasi *differential case*, cincin cetakan, *pinion gear* dan *side gear shaft*.
- g. Pasang *side gear* dan cincin padaudukannya didalam *differential case*.
- h. Putar *pinion gear* sekeliling *side gear shaft case* sehingga segaris dengan lubang poros.
- i. Sisipkan blok spasi poros pinion dan pena pengunci.
- j. Ukur jarak kebebasan antara *side gear* dan cincin tekan.

Gangguan di dalam diferensial dapat meliputi antara lain :

1. Di dalam rumah diferensial sangat ribut

Hal ini adalah disebabkan alat diferensial kekurangan minyak pelumas, pada umumnya dalam suasana udara dingin keadaan minyak pelumas membeku, minyak pelumas semacam ini harus diganti dengan minyak pelumas bermutu tinggi.

2. Suara ribut ketika motor mulai menarik kendaraan

Ketika motor menarik kendaraan (kendaraan mulai berjalan) terdengar suara yang ribut menggeram, suara itu akan hilang setelah kendaraan berjalan cepat, suara itu terjadi adalah disebabkan penyetelan gigi dari poros *pinion* dan roda gigi ring terlalu rapat, untuk menghilangkan suara itu keadaan poros *pinion* harus dijauhkan dari roda gigi ring atau roda gigi ring dijauhkan dari poros *pinion*, bila hal ini masih tetap memberikan suara-suara yang tidak diinginkan haruslah semua bagian pesawat diferensial dibongkar dan penyetelan diperbaharui.

3. Suara-suara selama kendaraan berjalan pada sikap netral

Kendaraan dijalankan dengan kecepatan yang biasa kemudian dijalankan dalam posisi bak persneling dalam sikap netral akan terdengar suara-suara, suara itu akan hilang setelah motor menarik kendaraan kembali, hal ini adalah disebabkan penyetelan gigi-gigi dari poros *pinion* dan roda gigi ring terlampau renggang, penyetelan selanjutnya terletak pada poros *pinion* dan roda gigi ring masing-masing dirapatkan sedikit sehingga dapat mencapai dukungan gigi-gigi yang tepat.

4. Suara ketika kendaraan berjalan dalam tikungan

Suara itu adalah disebabkan karena roda gigi samping sudah aus atau pada porosnya, selain itu terdapat kemungkinan-kemungkinan cincin-cincin

tembaga dari roda gigi samping tidak terpasang atau aus bila semua dalam keadaan baik maka terdapat kemungkinan gangguan terdapat pada poros jarak antara roda gigi samping telah aus.

Dua hal yang harus diperhatikan pada waktu atau memperbaiki diferensial ialah kebersihan dan pemeriksaan bagian-bagian, tanda penyeter bantalan peti diferensial dan blok bantalan sebelum dilepaskan, periksa pula kebebasan gigi sebelum melepaskan peti diferensial. Keluarkan peti diferensial dari dalam pembawa dan tandai, kemudian simpan plat ganjal baik – baik, periksa kegoyangan flens roda gigi ring dan pasang roda gigi ring dengan baut – baut pengikat khusus, bila akan melepaskan poros *pinion*, tandai dan perhatikan jumlah plat ganjal yang digunakan. Stel pra beban/tanpa beban samping peti diferensial menurut petunjuk pabrik, periksa kebesaran roda gigi dan *pinion*. Periksa tapak gigi dari roda gigi ring, putarkan roda gigi *pinion* sehingga roda gigi ring membuat satu putaran penuh. Betulkan tapak gigi yang kurang tepat dengan jalan menyeter *pinion* kedalam atau keluar juga menggerakkan roda gigi ring mendekati atau menjauhi gigi *pinion*.

Tabel 1. *Trouble shooting* diferensial

Gangguan	Kemungkinan kerusakan	Cara memperbaiki
a. Pecah (<i>differential carrier</i>), bantalan dsb.	<ul style="list-style-type: none"> - Minyak diferensial salah jenis atau tidak cukup. - Posisi <i>drive pinion</i> dengan <i>ring gear</i> tidak tepat. 	<p>Bila minyak diferensial salah jenis atau tidak cukup maka harus mengganti.</p> <p>Menyeter sesuai petunjuk atau bisa juga mengganti.</p>

b. Bunyi saat kendaraan lurus (mendengung).	- Perkaitan <i>drive pinion</i> dengan <i>ring gear</i> terlalu rapat.	Mengganti <i>trush washer</i> dengan yang lebih tebal hingga terbentuk penapakan yang sesuai.
c. Bunyi saat berbelok.	- <i>Backlash</i> antar <i>side gear</i> dengan <i>differential pinion</i> terlalu lebar.	Mengukur <i>back lash side gear</i> dengan salah satu <i>pinion gear</i> ditahan. Bila terlalu lebar tambah Shim dengan tebal yang sama kiri dan kanan. Standar <i>back lash</i> : 0,05 – 0,20 mm.
Gangguan	Kemungkinan kerusakan	Cara memperbaiki
d. Terjadi suara ketukan dan getaran dari bodi diferensial.	- Baut <i>companion flange</i> kendur. - Komponen pendukung <i>drive pinion</i> sudah aus seperti <i>outer race</i> , <i>collapsible spacer</i> , <i>bearing</i> depan dan <i>drive pinion</i> sudah kocak.	Mengencangkan dengan momen 2000 kgcm. Melakukan pemeriksaan <i>run out</i> sisi dan <i>run out</i> putaran <i>companion flange</i> dengan <i>dial gauge</i> .
e. Oli keluar diantara sambungan <i>differential carrier</i> dan <i>axle case</i> .	- Paking/perpak sudah rusak atau sobek.	Mengganti dengan yang baru.

f. Bunyi saat akselerasi dan deakselerasi	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi <i>run out</i> yang berlebihan pada <i>ring gear</i>. - <i>Backlash</i> antara <i>ring gear</i> dengan <i>drive pinion</i> terlalu lebar 	<p>Mengukur <i>run out ring gear</i> dengan <i>dial gauge</i>, kalau melebihi ganti <i>ring gear</i>.</p> <p>Mengukur <i>backlash ring gear</i> dengan <i>dial gauge</i>, bila tidak sesuai lakukan penyetelan <i>ring gear</i>.</p>
Gangguan	Kemungkinan kerusakan	Cara memperbaiki
g. Gigi berbunyi	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Backlash</i> kurang setel antara <i>pinion</i> penggerak dan <i>ring gear</i>. - Mata gigi rusak atau kontak <i>pinion</i> penggerak dan <i>ring gear</i> kurang baik. 	<p>Menyetel sesuai spesifikasi.</p> <p>Menyetel atau mengganti jika sudah rusak.</p> <p>Mengganti bantalan/<i>pinion</i> gerak tersebut.</p>
h. Bantalan berbunyi	<ul style="list-style-type: none"> - Bantalan atau <i>pinion</i> gerak belakang rusak. - Bantalan aus/rusak atau ada bagian yang aus. 	<p>Mengganti bantalan.</p> <p>Mengganti bantalan.</p>

- ❖ Hasil analisis perhitungan perbandingan putaran roda kiri dan kanan saat berbelok serta momen yang dihasilkan masing – masing roda

Rumus perbandingan putaran roda kiri dan kanan saat belok beserta momen yang dihasilkan masing – masing roda :

Misalkan :

jari – jari tengah jalan = 15 m

Jarak roda	= 1,5 m
i penggerak axle	= 5
i transmisi	= 2
putaran mesin	= 3200 put/menit
momen putar mesin	= 200 Nm

- Untuk menghitung putaran diferensial dapat menggunakan persamaan 2, yaitu :

$$\left(\frac{\text{Putaran Mesin (rpm)}}{i \text{ transmisi} \times i \text{ penggerak axle}} \right) \text{ (Put/menit)}$$

$$\frac{3200}{2 \times 5} = 320 \text{ put/menit}$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Untuk menghitung momen diferensial dapat menggunakan persamaan 3, yaitu :

$$i \text{ transmisi} \times i \text{ penggerak axle} \times \text{momen mesin (Nm)}$$

$$2 \times 5 \times 200 = 2000 \text{ Nm}$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Untuk menghitung putaran roda kanan saat belok ke kiri menggunakan persamaan 4, yaitu :

$$\text{Put differensial} \times \text{jarl} - \text{jarl jalan} + \frac{(1/2 \times \text{jarak roda krtl dan kanan})}{\text{jarl} - \text{jarl jalan}}$$

$$320 \times 15 + \frac{(1/2 \times 1,5)}{15}$$

$$320 \times 1,05 = 336 \text{ put/menit}$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Untuk menghitung putaran roda kiri saat belok ke kiri dapat menggunakan persamaan 5, yaitu :

$$\text{Putaran diferensial} \times \text{jari2 jalan} - \frac{(1/2 \times \text{Jarak roda kiri dan kanan})}{15}$$

$$320 \times 15 - \frac{(1/2 \times 1,5)}{15}$$

$$320 \times \frac{14,25}{15} = 304 \text{ put/menit}$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Untuk menghitung momen roda kanan dan momen roda kiri dapat menggunakan persamaan 6 dan 7, yaitu :

Momen roda kanan

$$\frac{1}{2} M \text{ diferensial} + \frac{1}{2} M \text{ diferensial} \frac{(\text{Put diferensial} - \text{Put kanan})}{\text{Put diferensial}}$$

$$\frac{1}{2} \times 2000 + \frac{1}{2} \times 2000 \frac{(320 - 336)}{320}$$

$$1000 + 1000 \left(-\frac{16}{320} \right)$$

$$1000 + 1000 \times (-0,05) = 950 \text{ Nm}$$

Momen roda kiri

$$\frac{1}{2} M \text{ diferensial} + \frac{1}{2} M \text{ diferensial} \frac{(\text{Put diferensial} - \text{Put roda kiri})}{\text{Put diferensial}}$$

$$\frac{1}{2} \times 2000 + \frac{1}{2} \times 2000 \frac{(320 - 304)}{320}$$

$$1000 + 1000 \left(\frac{16}{320} \right)$$

$$1000 + 1000 \times 0,05 = 1050 \text{ Nm}$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Hubungan antara rpm drive wheel dan ring gear dapat dirumuskan menggunakan persamaan 8, yaitu :

$$Rpm \text{ ring gear} = \frac{Rpm \text{ drive wheel kiri} + Rpm \text{ drive wheel kanan}}{2}$$

$$\frac{304 + 336}{2} = 320 \text{ put/ment}$$

(Sumber : PPGT VEDC. Malang. *Casis & Transmisi*. 2000 : hal 3-6)

- Adapun cara memperoleh rasio jumlah putaran axle belakang terhadap pinion shaft dapat menggunakan persamaan 9, yaitu :

$$\frac{\text{jumlah gigi pinion}}{\text{jumlah gigi ring gear}}$$

$$\frac{10}{41} = 0,3 \text{ putaran}$$

0,3 : 1 (1 kali putaran pinion shaft menghasilkan 0,3 putaran axle)

(Sumber : PT. TAM. Jakarta. *New Step 1 Training Manual*. 2000: hal 4-24)

Apabila perbandingan yang dihasilkan besar misal 5 :1 maka akselerasi dan tenaga bagus, namun mesin akan bergerak pada rpm yang tinggi untuk mempertahankan kecepatan yang sama. Akibatnya bahan bakar boros.

Sebaliknya apabila perbandingan rasio kecil 0,3 : 1 maka akselerasi dan tenaga berkurang namun mesin dapat bergerak pada rpm yang lebih rendah untuk mempertahankan kecepatan yang sama, sehingga bahan bakar irit.

- Perbandingan putaran axle menghasilkan perbandingan putaran side gear.

Perbandingan tersebut dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan

10, yaitu :

$$Z_1 \times n_1 = Z_2 \times n_2$$

$Z_1 =$ Jumlah gigi drive pinion

$Z_2 =$ Jumlah gigi ring gear

$n_1 =$ Banyaknya putaran drive pinion

$n_2 =$ Banyaknya putaran ring gear

Misal diketahui $Z_1 = 10$

$$Z_2 = 41$$

$$n_1 = 100$$

$$n_2 = \dots?$$

Penyelesaian

$$Z_1 \times n_1 = Z_2 \times n_2$$

$$6 \times 10 = 41 \times n_2$$

$$\text{Maka } n_2 = \frac{1000}{41} = 24,4 \text{ put/menit}$$

(Sumber : PT. TAM. Jakarta. *New Step 1 Training Manual*. 2000 : hal 4-25)

Dalam keadaan kendaraan berjalan lurus kedua *side gear* Z_3 dan Z_4 menghasilkan putaran yang sama yaitu 24,4 putaran, karena Z_3 dan Z_4 jumlah giginya yang sama, sehingga perbandingan putarannya sama.

$Z_3 =$ Jumlah gigi *side gear* I

$Z_4 =$ Jumlah gigi *side gear* II

D. Penyetelan-Penyetelan Pada Diferensial

1. *Back Lash*

a. Pengertian

Back lash adalah jarak persinggungan antar gigi, misalnya jarak persinggungan antara *drive pinion* dengan *ring gear*.

b. Tujuan

Tujuannya adalah agar jarak antara *ring gear* dengan *drive pinion* tidak terlalu besar karena akan menimbulkan suara saat kendaraan berjalan.

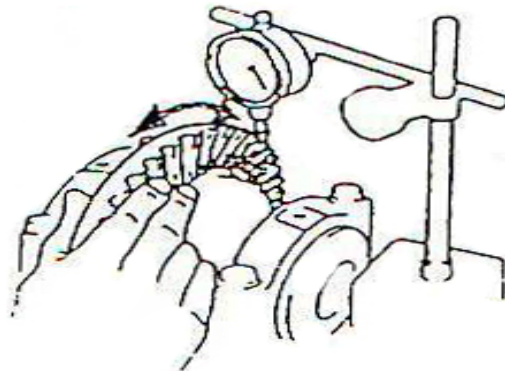
c. Penyetelan

- 1) Menggunakan *dial indicator*, *back lash ring gear* disetel sampai masuk dalam spesifikasi yaitu antara 0,13-0,18 mm.

Back lash disetel dengan memutar ke kiri dan ke kanan mur penyetel dengan jumlah yang sebanding. Sebagai contoh kendorkan mur sebelah kiri satu lubang dan kencangkan mur sebelah kanan satu lubang.

- 2) Menggunakan *dial indicator*, *back lash side gear* diukur dengan menahan satu pinion gear ke arah *differential case* sesuai dengan spesifikasi yaitu antara 0,05-0,20 mm.

Bila *back lash* tidak masuk dalam spesifikasi dipilih ketebalan yang cocok untuk *trust washer side gear*.



Gambar 19. Penyetelan *Back Lash*
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

2. *Run Out*

a. Pengertian

Run Out adalah keolengan dari komponen diferensial yang berputar, misalnya *run out* pada *ring gear* dan *run out* pada *differential case*.

b. Tujuannya

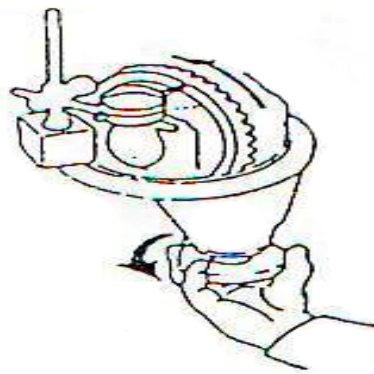
Tujuannya adalah agar tidak timbul suara pada waktu mesin berjalan, misalnya apabila *run out ring gear* terlalu besar maka akan menyebabkan gesekan yang tidak normal pada perkaitan gigi antara *ring gear* dengan *drive pinion*.

c. Penyetelan

1) Memeriksa *run out differential case*

- a) Menempatkan *outer race bearing* pada *bearingnya* masing-masing, memeriksa bahwa *outer race* kiri dan kanan tidak saling tertukar.
- b) Memasang *differential case* pada *differential carrier*.

- c) Bila tidak ada gerak bebas ke kiri pada *side bearing*, digunakan *washer*.
 - d) Meluruskan tanda pada tutup *bearing* dan *differential carrier*.
 - e) Memasang dan mengencangkan ke empat baut tutup *bearing* dalam beberapa tahap.
 - f) Menggunakan *dial indicator*, *run out differential case* diukur. *Run out* maksimum adalah 0,07 mm.
 - g) Membuka *differential case*.
- 2) Memeriksa *run out ring gear*
- Menggunakan *dial indicator*, *run out dari ring gear* diukur, *run out* maksimum 0,10 mm. Bila *run out* tidak sesuai spesifikasi maka *ring gear* diganti.



Gambar 20. Memeriksa *Run Out Ring Gear*
(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

3. Contact Gear

a. Pengertian

Contact gear adalah persinggungan antara *drive pinion* dengan *ring gear*.

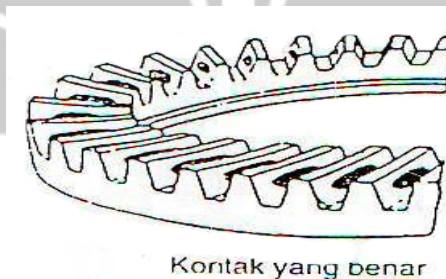
b. Tujuan

Tujuannya agar persinggungan antar gigi bersinggungan dengan benar, karena apabila persinggungan tidak benar atau telah terjadi keausan pada gigi *drive pinion*, maka ketika kendaraan berjalan akan timbul suara pada differensial

c. Penyetelan

Memeriksa persinggungan gigi antara *ring gear* dengan *drive pinion*

- 1) Melapisi tiga atau empat gigi pada tiga posisi yang berlainan di ring gear dengan warna merah.
- 2) Menahan *companion flange* dengan benar dan memutar ring gear dalam kedua arah.
- 3) Memeriksa bentuk persinggungan gigi.



Gambar 21: *Contact Gear*

(PT. Toyota Astra Motor. *New Step 2*. 1994)

E. Pemeliharaan Differensial

Pemeliharaan diferensial yang perlu dilakukan adalah :

Pemberian minyak pelumas yang tepat waktu dan sesuai pada diferensial.

Minyak pelumas yang dipakai juga harus memperhatikan konstruksi dari gigi-gigi diferensial.

1. Syarat – syarat minyak pelumas:

a. Kekentalan sesuai

Minyak pelumas diferensial mempunyai tingkat kekentalan yang tinggi. Untuk mencegah kerusakan pada roda gigi dan bantalan, bunyi serta kebocoran minyak pelumas. Kekentalan minyak pelumas cenderung bertambah ketika temperatur turun dan sifat fluidanya menjadi lemah. Minyak pelumas yang kekentalannya hanya merubah sedikit bila terjadi perubahan temperatur sangat diperlukan. Oleh sebab itu, minyak pelumas diferensial harus mempunyai kekentalan yang sesuai yaitu SAE 90.

b. Mempunyai kemampuan memikul beban

Ketika gigi berhubungan antara satu dengan yang lainnya maka tekanan dan guncangan yang timbul lebih besar. Fungsi utama dari minyak pelumas yang sangat penting adalah untuk membantu mengaitkan beban disaat roda gigi bersinggungan dan mencegah panas dari pemakaian roda gigi dan bantalan.

c. Tahan panas dan oksidasi

Saat keadaan minyak pelumas memburuk karena panas atau oksidasi, maka kotoran yang ada akan membentuk suatu zat asam yang menyebabkan perubahan minyak menjadi kental sekali. Endapan kotoran tersebut menyebabkan tidak sempurnanya pelumas pada bantalan dan endapan kotoran yang mengeras dapat merusak komponen diferensial karena bersinggungan dengan permukaan gigi.

Tingginya suatu kekentalan oleh kotoran-kotoran tersebut sehingga kemampuan pendinginannya berkurang dan tahanannya bertambah. Selain itu kadar asam yang terbentuk menyebabkan timbulnya karat, maka minyak diferensial harus mempunyai kemampuan tahan panas dan oksidasi.

2. Klasifikasi kekentalan

Minyak pelumas diferensial diklasifikasikan khusus untuk kekentalannya dan kemampuan dalam menahan beban. Adapun angka kekentalan minyak pelumas diferensial adalah SAE 90.

3. Klasifikasi kualitas dan penggunaan

Penggunaan minyak pelumas diferensial diklasifikasikan menurut tipe gigi yang digunakan. Di bawah ini adalah tabel klasifikasi kualitas dan penggunaan minyak pelumas menurut API (*American Petroleum Institute*) :

Tabel 2. Klasifikasi kualitas menurut API (*American Petroleum Institute*)

Klasifikasi API	Penggunaan dan Kualitas
GL. 1	Mineral oli murni untuk roda gigi, jarang dipakai dimobil
GL. 2	Untuk <i>warm gear</i> , mengandung minyak hewani dan tumbuhan
GL. 3	Untuk manual transmisi dan <i>stering gear</i> , mengandung bahan tambah <i>Extrem pressure resisting</i> dan lain – lain.
GL. 4	Untuk <i>hypoid gear</i> digunakan untuk melayani diatas GL. 3 mengandung bahan tambah <i>extreme pressure resisting</i> tapi lebih besar jumlahnya dibanding GL. 3

Klasifikasi API	Penggunaan dan Kualitas
GL. 5	Digunakan untuk <i>hypoid</i> dengan pelayanan lebih sedikit dari kondisi GL. 4, kandungan <i>extreme pressure resisting</i> lebih besar dibandingkan GL 4. Dan kondisi kerja lebih berat karena untuk menahan beban kejutan yang lebih besar dan menerima kecepatan luncur yang tinggi.

GL = pelumas roda gigi (*Gear lubricants*)

Pada kendaraan otomotif yang menggunakan diferensial dengan tipe gigi *hypoid bevel*, maka minyak yang digunakan mempunyai klasifikasi API GL 5

4. Pemeriksaan dan penggantian minyak pelumas

Pengisian minyak pelumas diferensial harus sampai batas permukaan yang telah ditentukan yaitu apabila minyak pelumas telah keluar dari lubang pengisian, maka pemeriksaan minyak pelumas diferensial dilakukan bila kendaraan telah menempuh jarak 1500 km, bila ternyata permukaan minyak turun/kurang tambahlah sampai batas pengisian minyak pelumas baru diganti setelah kendaraan berjalan menempuh jarak 7500 km.

BAB III

PENUTUP

A. Kesimpulan

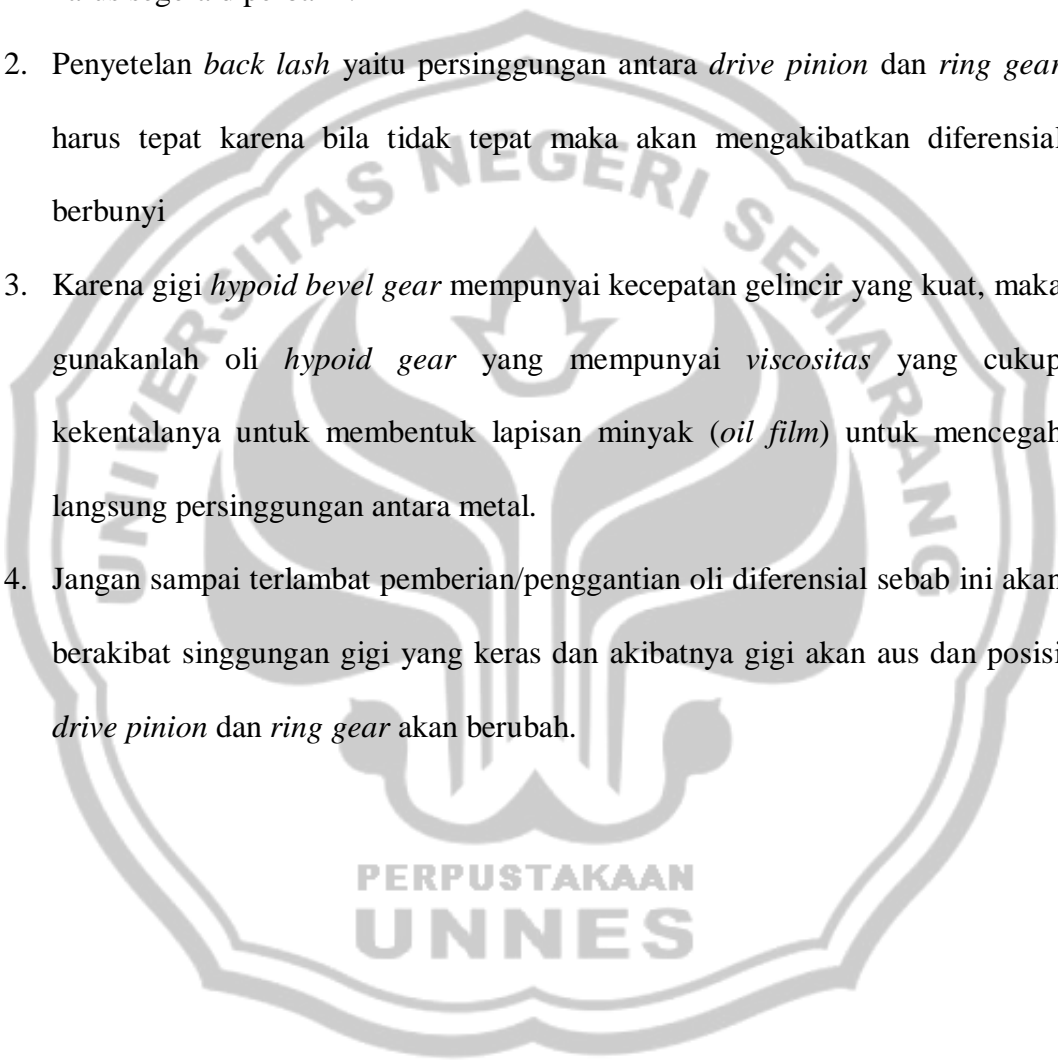
Dari uraian laporan di atas tentang Mekanisme Dan *Trouble Shooting* Sistem Diferensial Serta Perhitungan Penguatan Momen Dari *Drive Pinion* Terhadap *Axle* pada Toyota Kijang tipe 5K, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Diferensial merupakan salah satu bagian dari mekanisme pemindah daya yang bertugas untuk memindahkan tenaga putaran dari *propeller shaft* ke poros roda belakang (*rear axle*) dan untuk memungkinkan adanya perbedaan putaran antara roda kiri dan kanan saat membelok, baik berbelok ke kiri atau kanan.
2. Komponen-komponen utama diferensial pada Toyota Kijang adalah : Roda gigi pinion (*drive pinion*), poros pinion (*pinion shaft*), roda gigi sisi (*side gear*), *differential* (gigi pinion), roda gigi cincin (*ring gear*) dan *differential carrier*, bantalan-bantalan, mur penyetel bantalan, perapat oli (*oil seal*) dan poros-poros roda belakang.
3. Gangguan yang sering terjadi pada diferensial biasanya disebabkan oleh komponen-komponen yang telah mengalami kerusakan antara lain : *ring gear*, *drive pinion*, *side gear*, *pinion gear* dan *pinion shaft ring gear*.
4. Hasil analisa dari perhitungan momen diferensial pada putaran mesin 3200 put/menit adalah sebesar 2000 Nm.

5. Momen roda kiri pada saat berbelok ke kiri lebih besar dari momen roda kanan, hal ini diakibatkan karena tahanan gaya gesek yang diterima roda kiri lebih besar dari roda kanan sehingga menyebabkan perputarannya lebih lambat.
6. Pada analisa perhitungan rasio diperoleh 0,3 : 1 (jika *pinion shaft* berputar 1 kali maka menghasilkan 0,3 putaran *axle*). Maka akselerasi dan tenaga berkurang namun mesin dapat bergerak pada rpm yang lebih rendah untuk mempertahankan kecepatan yang sama, sehingga bahan bakar irit.
7. Bunyi mendengung pada saat jalan lurus ini bisa diakibatkan posisi dari *drive pinion* dan *ring gear* tidak tepat, cara mengatasinya yaitu dengan cara menyetel sesuai petunjuk atau dengan menggantinya bila sudah rusak parah.
8. Diferensial dapat berfungsi dengan baik apabila komponen-komponennya tidak mengalami kerusakan dan jangan sampai terlambat dalam pemberian/penggantian minyak pelumas pada diferensial, sebab hal tersebut dapat mengakibatkan persinggungan gigi yang keras dan akibatnya gigi akan aus serta posisi *drive pinion* dan *ring gear* akan berubah dan berilah minyak pelumas sesuai dengan konstruksi gigi-gigi dan jenis diferensial.

B. SARAN

1. Diferensial mempunyai peran yang sangat penting karena selain untuk memperbesar momen juga untuk mengatur perputaran roda bagian dalam dan luar pada saat membelok, oleh karena itu bila ada kerusakan pada diferensial harus segera diperbaiki.
2. Penyetelan *back lash* yaitu persinggungan antara *drive pinion* dan *ring gear* harus tepat karena bila tidak tepat maka akan mengakibatkan diferensial berbunyi
3. Karena gigi *hypoid bevel gear* mempunyai kecepatan gelincir yang kuat, maka gunakanlah oli *hypoid gear* yang mempunyai *viscositas* yang cukup kekentalanya untuk membentuk lapisan minyak (*oil film*) untuk mencegah langsung persinggungan antara metal.
4. Jangan sampai terlambat pemberian/penggantian oli diferensial sebab ini akan berakibat singgungan gigi yang keras dan akibatnya gigi akan aus dan posisi *drive pinion* dan *ring gear* akan berubah.



DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1995. *New Step 1 Training manual*. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.

Anonim. 1994. *New Step 2 Training Manual*. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.

Anonim. 1991. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.

Anonim. 1980. *Teori Chasis Dan Body I*. Jakarta : PT. Bhatara Karya Aksara.

Modul Pelatihan Otomotif. *Casis & Transmisi, Propeler Dan Differential*. PPGT VEDC. 2000 : Malang.



LAMPIRAN



Lampiran 1.**Spesifikasi Toyota Kijang seri 5K**

- Tipe *Multipurpose Vehicle*.
- *Gross Vehicle Weight* 1930 kg.
- *Driving system* 4 roda, penggerak 2 roda.
- *Engine* model 5K.
- *Wheel base* 2451 – 2600 mm.
- Model bodi wagon.
- Posisi roda kemudi kanan.
- ❖ Mesin
 - Model : 5K.
 - Tipe : *gasoline* 4 silinder OHV.
 - Volume silinder : 1468 cc.
 - Tenaga : 73 / 5500 (ps/rpm)
 - Torsi : 14,2 / 3200 (kgm/rpm)
- ❖ Transmisi
 - Model : MSG 5K.
 - Tipe : 4 *speed*.
- ❖ Diferensial
 - Model : *hypoid bevel gear*.
 - Gear ratio : 4,1.
- ❖ Ukuran ban

- 165 – 13 – 8 PR.

Lampiran 2. Jumlah Gigi Diferensial Pada Toyota Kijang 5K

Jumlah Gigi *Drive Pinion*, *Ring Gear*, *Side Gear* dan *Differential Pinion*

Pada Diferensial Toyota Kijang 5K.

1. Jumlah Gigi *Drive Pinion* : 10
2. Jumlah Gigi *Ring Gear* : 41
3. Jumlah Gigi *Side Gear* : 15
4. Jumlah Gigi *Differential Pinion* : 10



Lampiran 3.

Daftar Foto

1. Foto Mobil Toyota Kijang 5K



2. Foto Letak Diferensial Toyota Kijang 5K



3. Foto Bagian Diferensial Toyota Kijang 5K



4. Foto Axle Shaft Roda Belakang Toyota Kijang 5K

