

BAB III

ANALISIS SISTEM PERHITUNGAN PADA DIFERENSIAL BAGIAN DEPAN

A. Spesifikasi Toyota FJ40

Berikut merupakan gambar beserta data spesifikasi dari kendaraan Toyota FJ40



Gambar 3.1 Toyota FJ40

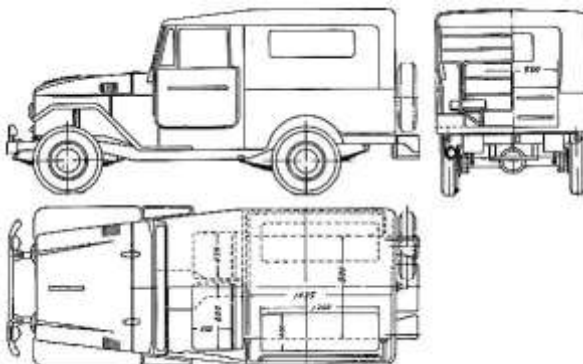
Tabel 3.1 Spesifikasi Toyota FJ40

Dimensi Kendaraan		
Panjang	:	3840 mm
Lebar	:	1666 mm
Tinggi	:	2000 mm
Jarak sumbu	:	2285 mm
Jarak pijak depan	:	1460 mm
Jarak pijak belakang	:	1440 mm
Berat		
Berat kosong	:	1480 kg
Berat depan	:	888 kg
Berat belakang	:	592 kg
Engine		
Model	:	Toyota Dyna 14B
Diameter x langkah	:	102 x 112 mm
Isi silinder	:	3.660 cc
Tenaga	:	98 hp (72 kW) @ 3400 rpm

Torsi	:	177 lb.fts (240 N.m) @1800 rpm
<i>Gearbox Transmisi</i>		
Type	:	<i>synchromesh gear 5</i> kecepatan (4 maju dan 1 mundur)
Ratio Gear	:	1 = 5,352 2 = 2,975 3 = 1,604 4 = 1,00 Mundur = 4,970
<i>Transfer Case</i>		
Type	:	<i>speed helical gear and sliding</i>
Ratio Gear	:	Low = 2,30 Hight = 1,00
<i>Axles</i>		
Front (depan)	:	<i>Full Floating Hypoid</i> Ratio = 3,70
Rear (belakang)	:	<i>Semi Floating Hypoid</i> Ratio = 3,70

B. Spesifikasi Data Umum Diferensial pada Kendaraan Toyota FJ40

Berikut merupakan data spesifikasi dari Toyota FJ40



Gambar 3.2 Desain Rancang Bangun Toyota FJ40
(Sumber: <http://getoutlines.com/>)

Tabel 3.2
Spesifikasi Data Umum Diferensial

Diferensial	:	Spesifikasi
<i>Final drive gear type</i>		<i>Hypoid Gear</i>
Reduction ratio	:	5,286 rpm
<i>Differential gear type</i>	:	<i>bevel gear</i>
<i>Number of teeth</i>	:	
<i>Ring gear</i>	:	37 (Z_1)
<i>Drive pinion</i>	:	10 (Z_2)
<i>Side gear</i>	:	16
<i>Drive pinion</i>	:	20
<i>Oil capacity</i>	:	2,4 Liter

Tabel 3.3
Hasil Pengukuran pada Komponen Diferensial

Nama Komponen	X_1 (mm) Luar/dalam	X_2 (mm) Luar/dalam	X_3 (mm) Luar/dalam	ΔX (mm) Luar/dalam
<i>Drive Pinion</i>	87,10/67,4	87,05/67,5	87,10/67,5	87,08/6,74
<i>Ring Gear</i>	223/215	223/215	223,1/215	223/215
<i>Side Gear</i>	91,83/40,2 0	91,80/40,2 5	91,80/40,2 0	91,80/40,2 1
<i>Spider Gear</i>	60,1/40,20	60/40,25	60,1/40/20	60,06/40,2 5

Keterangan:

- X_1 (mm): Pengukuran pertama
- X_2 (mm): Pengukuran kedua
- X_3 (mm): Pengukuran ketiga
- ΔX (mm): Rata-rata pengukuran

C. Perhitungan dalam Sistem Diferensial

1. Perhitungan torsi pada diferensial.

Syarifudin Ginanjar Baharsyah, 2019

ANALISIS SISTEM DIFERENSIAL DEPAN PADA RANCANG BANGUN KENDARAAN OFFROAD TIPE TOYOTA FJ40

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Berdasarkan data diatas bahwa kendaraan diferensial depan Toyota FJ40 memiliki jumlah gigi pada *drive pinion gear* adalah 10, dan pada *ring gear* adalah 37. Maka untuk mengetahui nilai *gear ratio* pada diferensial, dapat dihitung dengan perhitungan perbandingan dibawah ini.

- a. Gear Ratio (GR) = Perbandingan gigi

$$GR = \frac{\text{jumlah gigi ring gear}}{\text{jumlah gigi drive pinion}}$$

$$GR = \frac{37}{10} \\ = 3,7$$

Gear Ratio menunjukkan angka 3,7 rpm artinya adalah untuk memutarakan 1 putaran penuh *ring gear (input)* maka membutuhkan 3,7 kali putaran *drive pinion (output)*. sehingga momen yang dihasilkan pada poros *output* tersebut 3,7 kali lebih besar dibandingkan dengan momen pada poros *input*, namun kecepatan putaran poros *input* lebih lambat 3,7 kali dari kecepatan poros *output*.

Setelah mengetahui nilai *gear ratio* pada diferensial, maka selanjutnya mencari nilai torsi dan putaran yang terdapat pada sistem diferensial, namun sebelumnya harus mencari dulu torsi dan putaran pada sistem transmisi, jika diketahui torsi *engine* 240 N.m pada putaran 1800 Rpm dan *gear ratio* setiap tingkat kecepatan dapat dilihat pada tabel diatas (Tabel 3.1)

- a) Menentukan nilai putaran pada sistem transmisi

$$Rpm\ Output = \frac{Rpm\ Input}{TR}$$

$$RpmOut\ V_1 = \frac{1800}{5,242} \\ = 336,95\ Rpm$$

$$RpmOut\ V_2 = \frac{1800}{2,975} \\ = 605,04\ Rpm$$

$$RpmOut\ V_3 = \frac{1800}{1,604} \\ = 1122,19\ Rpm$$

$$RpmOut\ V_4 = \frac{1800}{1} \\ = 1800\ Rpm$$

$$RpmOut\ V_{mundur} = \frac{1800}{4,970}$$

$$= 362,17 \text{ Rpm}$$

- b) Menentukan nilai torsi pada sistem transmisi

$$\text{Torsi Output} = \text{Torsi Input} \times \text{TR}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Output } V_1 &= 240 \times 5,432 \\ &= 1282,08 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Output } V_2 &= 240 \times 2,975 \\ &= 714 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Output } V_3 &= 240 \times 1,604 \\ &= 384,96 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Output } V_4 &= 240 \times 1 \\ &= 240 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Output } V_{\text{mundur}} &= 240 \times 4,970 \\ &= 1192,8 \text{ N.m} \end{aligned}$$

- c) Menentukan nilai putaran pada sistem diferensial.

Maka untuk menentukan besar putaran pada diferensial, dapat menggunakan putaran *output* dari transmisi.

$$\text{Rpm Output} = \frac{\text{Rpm Input}}{\text{AR}}$$

$$\begin{aligned} \text{RpmOut } V_1 &= \frac{336,95}{3,7} \\ &= 91,067 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RpmOut } V_2 &= \frac{605,04}{3,7} \\ &= 163,52 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RpmOut } V_3 &= \frac{1122,19}{3,7} \\ &= 303,30 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RpmOut } V_4 &= \frac{1800}{3,7} \\ &= 486,48 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RpmOut } V_{\text{mundur}} &= \frac{362,17}{3,7} \\ &= 98,02 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

- d) Menentukan nilai putaran pada sistem diferensial.

Maka untuk menentukan besar torsi pada diferensial, dapat menggunakan torsi *output* dari transmisi.

$$\text{Torsi Output} = \text{Torsi Input} \times \text{TR}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Output } V_1 &= 1282,08 \times 3,7 \\ &= 4743,69 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\text{Torsi Output } V_2 = 714 \times 3,7$$

$$\begin{aligned}
 &= 2641,6 \text{ N.m} \\
 \text{Torsi Output } V_3 &= 384,96 \times 3,7 \\
 &= 1424,36 \text{ N.m} \\
 \text{Torsi Output } V_4 &= 240 \times 3,7 \\
 &= 888 \text{ N.m} \\
 \text{Torsi Output } V_{\text{mundur}} &= 1192,8 \times 3,7 \\
 &= 4413,36 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

2. Perbandingan putaran roda kiri dan kanan

a) Kendaraan saat berbelok

Pada saat kendaraan berbelok dapat diasumsikan perbandingan berikut:

$$(N_1) = \frac{N_{31} + N_{32}}{2}$$

$$\text{Rpm Ring Gear} = \frac{\text{putaran side gear kanan} + \text{putaran side gear kiri}}{2}$$

(Sumber: Untung, Sunarto Halim: hlm 3)

N_1 = Jumlah putaran ring gear (rpm)

N_{31} = Jumlah Putaran *Side Gear* Kiri (rpm)

N_{32} = Jumlah Putaran *Side Gear* Kanan (rpm)

Apabila *ring gear* (N_1) berputar satu kali putaran maka:

$$N_1 = \frac{N_{31} + N_{32}}{2}$$

Karena $N_1 = 1$ kali putaran dan $N_{32} = 2 \times N_1$ maka:

$$1 = \frac{N_{31} + (2N_{32})}{2}$$

$$2 = N_{31} + 2$$

$N_{31} = 0$ (diam), maksudnya pada saat kendaraan belok ke kiri diferensial *side gear* kiri diam ($N_{31} = 0$) dan diferensial *side gear* bagian kanan putarannya dua kali lebih banyak dari putaran *ring gear* ($N_{31} = 2$)

Kendaraan pada saat belok ke arah kanan.

$$N_1 = \frac{N_{31} + N_{32}}{2} \text{ dikarenakan } N_1 = 1 \text{ dan } N_{32} = 2 \times N_1 \text{ maka:}$$

$$1 = \frac{(2N_{31}) + N_{32}}{2}$$

$$2 = 2 + N_{32}$$

$$N_{32} = 0 \text{ (diam)}$$

3. Perbandingan daya antara diferensial depan dan belakang

a) Perbandingan putaran *Low* dan *High* pada *Transfer case*

$$\begin{aligned} Rpm \text{ Output } V_1 &= \frac{Rpm \text{ Input } V_1}{TCL} \\ &= \frac{336,95}{2,30} \\ &= 146,5 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rpm \text{ Output } V_1 &= \frac{Rpm \text{ Input } V_1}{TCH} \\ Rpm \text{ Out } V_1 &= \frac{336,95}{1,00} \\ &= 336,95 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

b) Perbandingan putaran pada diferensial depan dan belakang

Terjadi pada saat tuas *transfer case* pada 4H (4 roda bergerak bersamaan) Jika diketahui perbandingan putaran pada diferensial depan 40 % dan pada diferensial belakang 60%, maka Putaran pada tingkat kecepatan pertama (V_1) = 336,95 rpm

➤ Diferensial depan

$$336,95 - 60 \% = 134,78 \text{ rpm}$$

➤ Diferensial belakang

$$336,95 - 40 \% = 202,17 \text{ rpm}$$

Dengan demikian besar putaran pada diferensial depan 134,78 rpm dan untuk diferensial belakang 202,17 rpm.

D. Data Hasil Perhitungan

1. Perhitungan torsi pada diferensial.

Tabel 3.4
Hasil perhitungan Torsi dan Putaran

Engine: Torsi= 240 N.m Putaran 1800 rpm							
Nilai Input		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V _{mundur}	Satuan
		5,342	2,975	1,604	1	4,970	Rpm
Pinion Gear	Putaran	337,07	605,04	1122,19	1800	362,17	Rpm
	Torsi	1282,0	714	384,96	2400	1192,8	N.m

Syarifudin Ginanjar Baharsyah, 2019

ANALISIS SISTEM DIFERENSIAL DEPAN PADA RANCANG BANGUN KENDARAAN OFFROAD TIPE TOYOTA FJ40

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

		8					
Nilai Output							
Ring Gear	Putaran	91,067	163,52	303,30	286,48	98,02	Rpm
	Torsi	4743,69	2641,8	1424,35	888	4413,36	N.m

Berdasarkan data diatas ditemukan, jika diketahui sebuah *engine* memiliki Torsi 240 N.m pada putaran 1800 rpm maka sebelum masuk ke diferensial, putaran tersebut akan masuk ke transmisi kemudia di reduksi oleh setiap tingkatan laju kendaraan, dimana pada kendaraan Toyota FJ40 ini menggunakan transmisi Toyota Dyna 14B tipe *synchromesh gear* dengan 5 kecepatan (4 maju dan 1 mundur).

Pada setiap tingkatan kecepatannya dipengaruhi oleh gigi yang bergesekan didalamnya, dimana pada setiap tingkatan kecepatan (V) memiliki *gear ratio* yang berbeda yang membuat nilai putaran dan torsi yang diteruskan ke diferensial juga akan berbeda.

2. Perbandingan putaran roda kiri dan kanan

Tabel 3.5
Hasil Perbandingan Putaran Roda Kiri dan Kanan

Rpm ring gear	Rpm roda kiri	Rpm roda kanan	Total putaran pada roda kiri dan kanan	Keterangan
200	100	100	200	Jalan lurus
200	80	120	200	Berbelok ke kiri
200	120	80	200	Berbelok ke kanan

Berdasarkan data diatas, dapat mengetahui besar perbandingan putara tingkat kecepatan pertama pada diferensial, yaitu pada putaran 91,067 rpm.

Tabel 3.6
Hasil Perbandingan Putaran Roda Kiri dan Kanan pada V_1

Rpm ring gear	Rpm roda kiri	Rpm roda kanan	Total putaran pada roda kiri dan kanan	Keterangan
91,067	45,533	45,33	91,067	Jalan lurus

91,067	22,766	68,300	91,067	Berbelok ke kiri
91,067	68,300	22,766	91,067	Berbelok ke kanan

Dari data diatas dapat diketahui, jika putaran pada diferensial sebesar 100% rpm, maka pada saat jalan lurus putaran roda kiri dan kana akan berputar dalam keadaan sama, yaitu 50% untuk putaran roda kiri dan kanan. Sedangkan pada saat posisi belok ke kiri, diketahui untuk perbandingan nya yaitu 25% roda kiri dan 75% untuk roda kanan, maka begitupun sebaliknya.

3. Perbandingan putaran diferensial depan dan belakang

Tabel 3.6
Hasil Perhitungan Perbandingan Diferensial Depan dan Belakang

No	Hasil Temuan	Nilai
1	<i>Gear ratio</i> pda diferensial depan dan belakang	3,7
2	<i>Gear ratio</i> pada <i>transfer case low (TCL)</i>	2,30
	<i>Gear ratio</i> pada <i>transfer case high (TCH)</i>	1,00
3	Perbandingan putaran pada kecepatan 1 (V_1)	336,95 rpm
4	Hasil (<i>TCL</i>) pada V_1	146,5 rpm
	Hasil (<i>TCH</i>) pada V_1	336,95 rpm
5	Putaran diferensial depan	134,78 rpm
	Putaran diferensial belakang	202,17 rpm

E. Pembahasan

Setelah melakukan perhitungan pada sistem diferensial Toyota FJ40, bahwa:

Syarifudin Ginanjar Baharsyah, 2019

ANALISIS SISTEM DIFERENSIAL DEPAN PADA RANCANG BANGUN KENDARAAN OFFROAD TIPE TOYOTA FJ40

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1. Nilai torsi dan putaran pada diferensial

Pada sistem diferensial, komponen yang paling utama bekerja, yaitu adanya putaran pada *drive pinion* yang kemudian memutar *ring gear*. Hal tersebut tentunya berpengaruh terhadap momen gaya dan torsi. Seperti yang telah diketahui dari data di atas, salah satu contoh, bahwa torsi dan putaran yang dapat diteruskan oleh diferensial depan pada tingkat kecepatan pertama, yaitu sebesar 4743,69 Nm pada putaran 91,067 rpm, sedangkan torsi pada tingkat kecepatan pertama transmisi, yaitu sebesar 1282,08 Nm pada putaran 336,95 rpm, Hal tersebut menandakan bahwa nilai torsi dari transmisi ke diferensial akan menjadi lebih besar dan putarannya akan menjadi lebih kecil, penyebabnya karena adanya *gear ratio* atau perbandingan gigi yang dapat mereduksi putaran dan memperbesar nilai torsi. Jadi sebagaimana dari fungsi diferensial yaitu dapat memperbesar momen, yang berarti diferensial dapat memperlambat kecepatan putaran yang berasal dari transmisi, sehingga torsi atau tenaga putar menjadi besar, yang selanjutnya dapat memutar roda-roda.

2. Perbandingan putaran roda kiri dan kanan

Perbandingan putaran antara roda kiri dan kanan, dapat dibedakan pada saat kendaraan berbelok ke kiri maupun berbelok ke kanan, dan juga pada saat salah satu roda dalam keadaan slip. namun pada saat kendaraan berjalan lurus, jumlah perbandingan pada kedua roda tersebut sama yaitu 50% pada masing-masing putarannya (roda kiri dan kanan). Sedangkan pada saat berbelok ke kiri, maka putaran roda sebelah kanan akan lebih besar dibandingkan dengan roda sebelah kiri. Hal ini diketahui jika putaran pada diferensial sebesar 91,067 rpm, maka pada saat kendaraan belok ke kiri, putaran roda kiri sebesar 22,766 rpm dan untuk putaran roda kanan sebesar 68,300 rpm, oleh sebab itu, jarak tempuh atau lintasan pada roda bagian luar (kanan) lebih panjang, daripada roda bagian dalam (kiri), dengan demikian roda bagian kanan bergerak lebih cepat dan putarannya lebih banyak dibandingkan roda bagian kanan. Begitupun sebaliknya jika kendaraan berbelok ke kanan.

3. Perbandingan daya pada diferensial depan dan belakang

Putaran yang terjadi pada diferensial depan dan belakang diasumsikan sebanyak 40% untuk diferensial bagian depan dan 60% untuk diferensial bagian belakang, jika diketahui nilai putaran

yang dihasilkan oleh transmisi pada kecepatan pertama, yaitu sebesar 336,95 rpm, maka putaran untuk diferensial depan sebesar 134,78 rpm dan untuk diferensial belakang sebesar 202,17 rpm. Jumlah putaran pada diferensial bagian depan lebih sedikit dibandingkan dengan diferensial bagian belakang, hal ini karena diferensial belakang sering digunakan, tidak seperti diferensial depan jarang untuk digunakan, akan tetapi digunakan pada saat penggerak roda belakang atau diferensial belakang tidak mampu melalui lintasan yang sulit untuk dilaluinya. Maka dari itu fungsi dari diferensial depan sebagai penambah torsi, agar kendaraan bisa tetap melaju.