

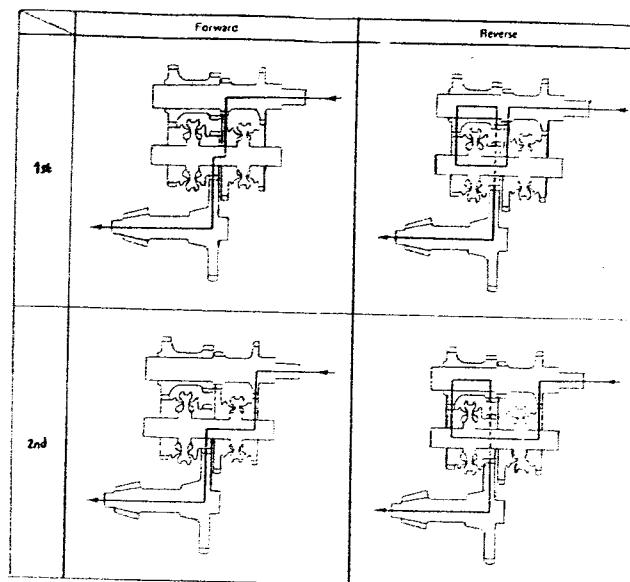
## BAB III

### ANALISIS TORQUE CONVERTER DAN TRANSMISI OTOMATIS

#### A. Data spesifikasi

Data spesifikasi pada transmisi otomatis kendaraan alat berat Nissan Forklift adalah:

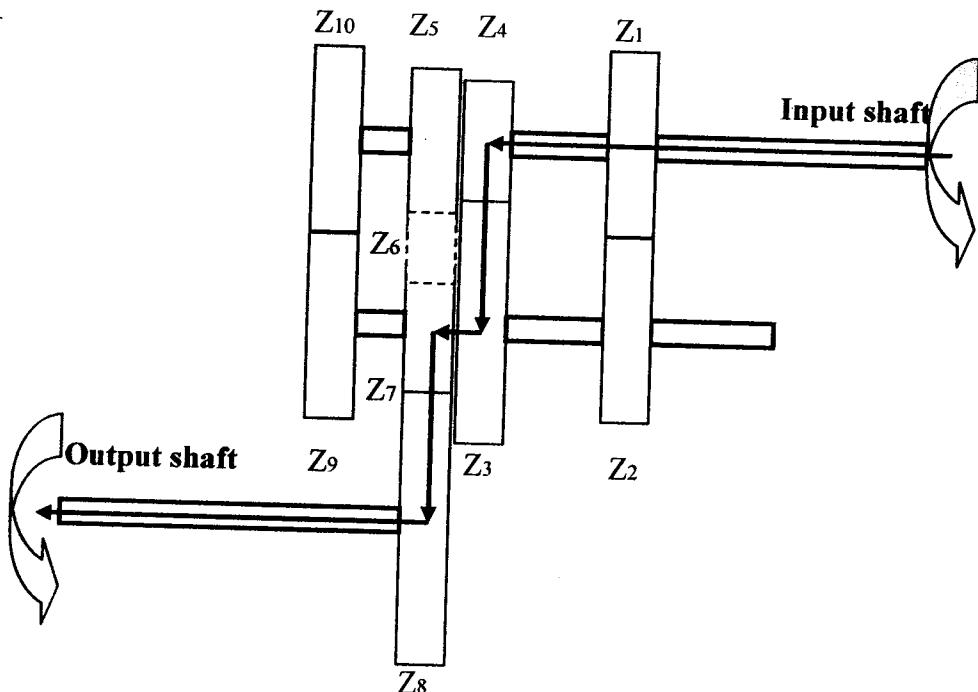
Jenis transmisi	: Transmisi Otomatis
Sistem pemindah gigi	: Column Shift
Kecepatan	: 1 percepatan, 1 mundur
Oli transmisi	: SAE Gross J1349 (setara dengan SAE 10 w)
<i>Intermittent output</i>	: 113.4 Hp/3000 rpm
<i>Continuous output</i>	: 103.5 Hp/3000 rpm
<i>Peak torque</i>	: 217 ft-lb/1600 rpm



**Gambar 3.1 Transmitting path**  
(Nissan general shop manual, 1994.: 20-9)

$$Gear ratio = \frac{\text{Jumlah gigi yang digerakkan}}{\text{Jumlah gigi yang menggerakkan}}$$

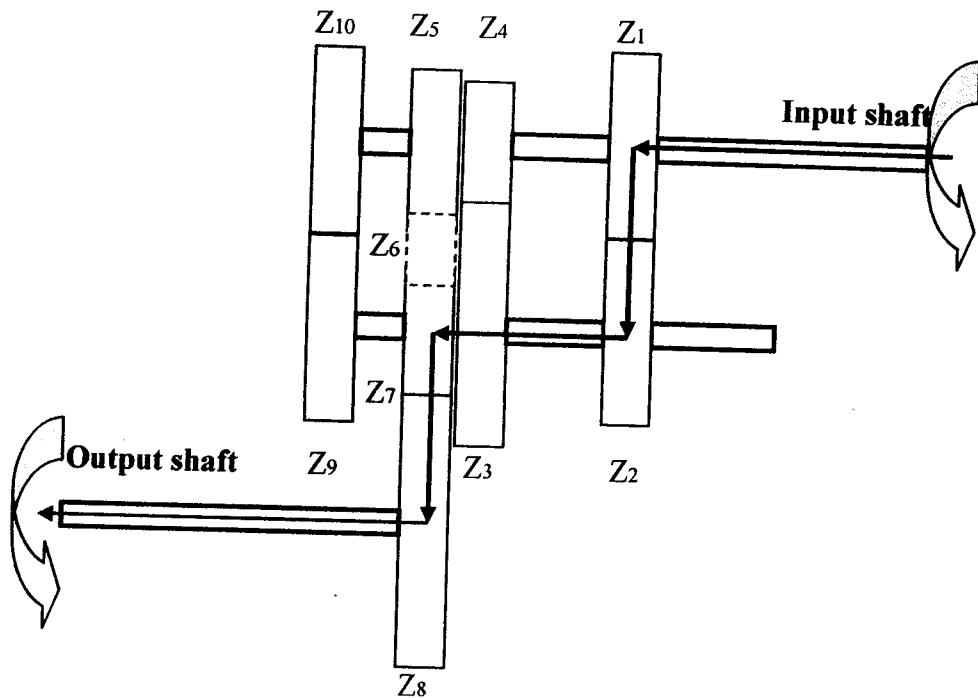
a. Maju kecepatan rendah  $i_1$



$$Gear ratio = \frac{\text{Jumlah gigi yang digerakkan}}{\text{Jumlah gigi yang menggerakkan}}$$

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{Z_3}{Z_4} \times \frac{Z_8}{Z_7} = \\ &= \frac{64}{19} \times \frac{78}{33} = \frac{4992}{627} = 7,961 \end{aligned}$$

b. Maju kecepatan tinggi  $i_2$



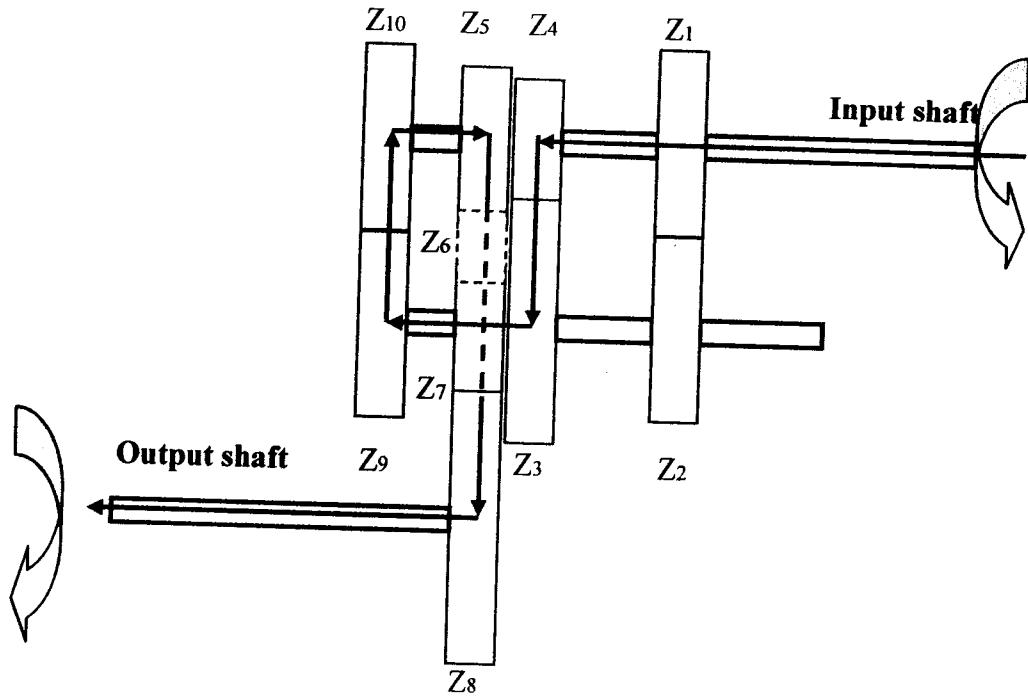
Jumlah gigi yang digerakkan

*Gear ratio* = \_\_\_\_\_

Jumlah gigi yang menggerakkan

$$\begin{aligned}
 i_2 &= \frac{Z_2}{Z_1} \times \frac{Z_8}{Z_7} = \\
 &= \frac{55}{55} \times \frac{78}{33} = \frac{4290}{1815} = 2,363
 \end{aligned}$$

c. Mundur kecepatan rendah  $i_3$



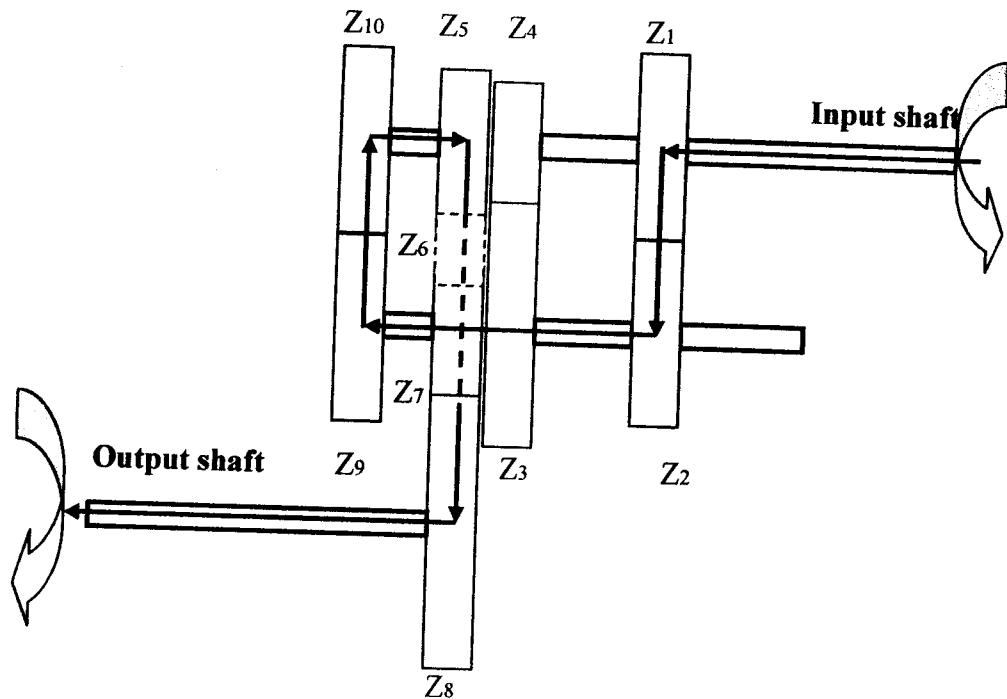
Jumlah gigi yang digerakkan

*Gear ratio* = \_\_\_\_\_

Jumlah gigi yang menggerakkan

$$\begin{aligned}
 i_3 &= \frac{Z_3}{Z_4} \times \frac{Z_{10}}{Z_9} \times \frac{Z_6}{Z_5} \times \frac{Z_7}{Z_6} \times \frac{Z_8}{Z_7} = \\
 &= \frac{64}{19} \times \frac{55}{55} \times \frac{19}{33} \times \frac{33}{19} \times \frac{78}{33} = \frac{172149120}{21622095} = 7,961
 \end{aligned}$$

d. Mundur kecepatan tinggi  $i_4$



Jumlah gigi yang digerakkan

*Gear ratio* = \_\_\_\_\_

Jumlah gigi yang menggerakkan

$$\begin{aligned}
 i_4 &= \frac{Z_2}{Z_1} \times \frac{Z_{10}}{Z_9} \times \frac{Z_6}{Z_5} \times \frac{Z_7}{Z_6} \times \frac{Z_8}{Z_7} = \\
 &= \frac{55}{55} \times \frac{55}{55} \times \frac{19}{33} \times \frac{33}{19} \times \frac{78}{33} = \frac{147940650}{62590275} = 2,363
 \end{aligned}$$

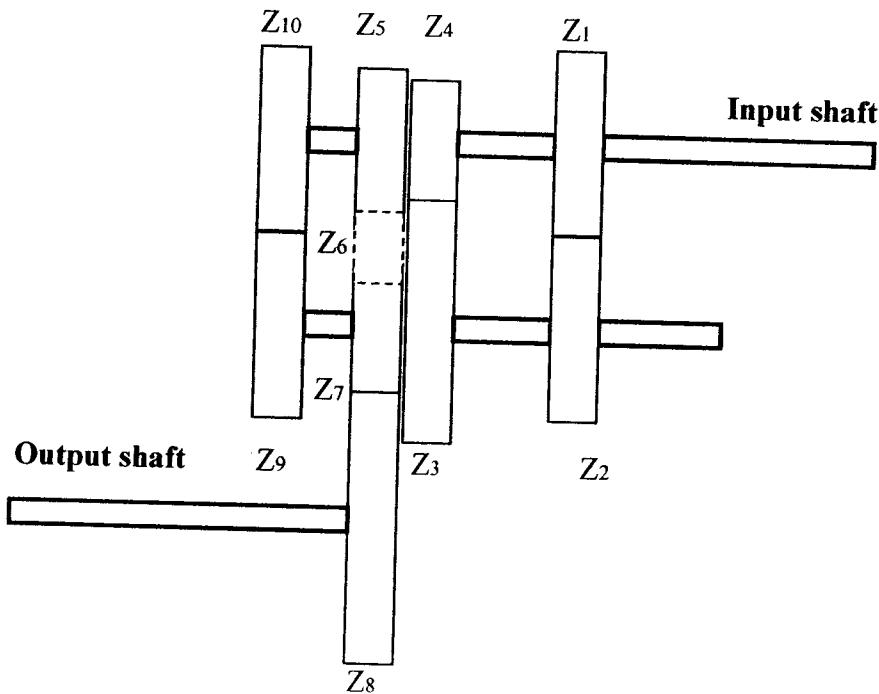
## 2. Perhitungan Putaran Roda Gigi

### a. Perhitungan putaran pada setiap roda gigi

Jika putaran roda gigi yang berpasangan dinyatakan dengan  $n_1$ (rpm) pada poros penggerak dan  $n_2$ (rpm) pada poros penggerak, diameter jarak dari  $d_1$  dan  $d_2$ (mm) dan jumlah gigi  $Z_1$  dan  $Z_2$ . Maka perbandingan putaran  $u$  adalah :

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Diketahui :  $n_1 = 3000$  rpm



$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$n_2 \cdot Z_2 = n_1 \cdot Z_1$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_2}$$

Dimana:

$n_1$  = Putaran roda gigi 1

$n_2$  = Putaran roda gigi 2

$Z_1$  = Jumlah gigi pada roda gigi  $Z_1$

$Z_2$  = Jumlah gigi pada roda gigi  $Z_2$

$$n_2 \cdot Z_2 = n_1 \cdot Z_1$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_2} =$$

$$= \frac{3000 \cdot 55}{55} = 3000 \text{ rpm}$$

$$n_3 \cdot Z_3 = n_1 \cdot Z_1$$

$$n_3 = \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_3} =$$

$$= \frac{3000 \cdot 55}{64} = 2578,125 \text{ rpm}$$

$$\begin{aligned}
 n_4 \cdot Z_4 &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_4 &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_4} = \\
 &= \frac{3000.55}{19} = 8684,210 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_5 \cdot Z_5 &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_5 &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_5} = \\
 &= \frac{3000.55}{33} = 5000 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_6 \cdot Z_6 &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_6 &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_6} = \\
 &= \frac{3000.55}{19} = 8684,210 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_7 \cdot Z_7 &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_7 &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_7} = \\
 &= \frac{3000.55}{33} = 5000 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_8 \cdot Z_8 &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_8 &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_8} = \\
 &= \frac{3000.55}{78} = 2115,384 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_9 \cdot Z_9 &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_9 &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_9} = \\
 &= \frac{3000.55}{55} = 3000 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{10} \cdot Z_{10} &= n_1 \cdot Z_1 \\
 n_{10} &= \frac{n_1 \cdot Z_1}{Z_{10}} = \\
 &= \frac{3000.55}{55} = 3000 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

#### b. Putaran pada saat roda gigi berhubungan

Putaran pada saat roda gigi berhubungan, yaitu:

$$i = \frac{n_e}{n_o}$$

$$n_o = \frac{n_e}{i_1}$$

Dimana:

$n_e$  = putaran engine

$n_o$  = putaran output

$i_1$  = gear ratio

**Roda gigi F1 ( $i_1$ )**

$$n_{o1} = \frac{n_e}{i_1} = \frac{3000}{7,961} = 376,837 \text{ rpm}$$

**Roda gigi F2 ( $i_2$ )**

$$n_{o2} = \frac{n_e}{i_2} = \frac{3000}{2,363} = 1269,572 \text{ rpm}$$

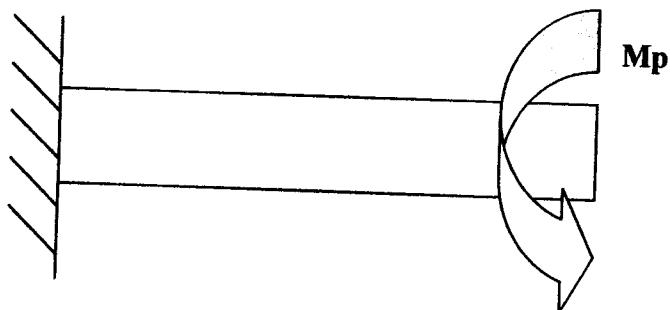
**Roda gigi R1 ( $i_3$ )**

$$n_{o3} = \frac{n_e}{i_3} = \frac{3000}{7,961} = 376,837 \text{ rpm}$$

**Roda gigi R2 ( $i_4$ )**

$$n_{o4} = \frac{n_e}{i_4} = \frac{3000}{2,363} = 1269,572 \text{ rpm}$$

### 3. Perhitungan momen puntir



$$M_p = 71620 \frac{P}{n}$$

(Harun Nawawi, 1952 :169-170)

Dimana:

$M_p$  = Momen puntir (kg cm)

P = Daya (HP)

n = Putaran (Rpm)

### Penjelasan rumus:

Turunan satuan

$$M_p = 71620 \frac{P(HP)}{n(rpm)} = \frac{ftlbs / s}{s} = ftlb = mkg = kgcm$$

Momen = gaya × jarak

$$M = F \times s$$

$$\text{Daya} = \frac{\text{usaha}}{\text{waktu}} = P = \frac{W}{t}$$

a. Momen pada *input shaft* transmisi

Dik: Daya maksimum:  $P = 113,4 \text{ HP}$

Putaran maksimum *engine*:  $n = 3000 \text{ rpm}$

$$\begin{aligned} Mp &= 71620 \frac{113,4}{3000} \\ &= 2.707,23 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

b. Momen pada *output shaft* transmisi

Gigi F1 ( $i_1$ ) terhubung:

$P = 113,4 \text{ HP}$

$n_{o1} = 376,837 \text{ rpm}$

$$Mp = 71620 \frac{113,4}{376,837} = 0,300 \text{ Kg cm}$$

Gigi F2 ( $i_2$ ) terhubung:

$P = 113,4 \text{ HP}$

$n_{o2} = 1269,572 \text{ rpm}$

$$Mp = 71620 \frac{113,4}{1269,572} = 0,089 \text{ Kg cm}$$

Gigi F3 ( $i_3$ ) terhubung:

$P = 113,4 \text{ HP}$

$n_{o3} = 376,837 \text{ rpm}$

$$Mp = 71620 \frac{113,4}{376,837} = 0,300 \text{Kgcm}$$

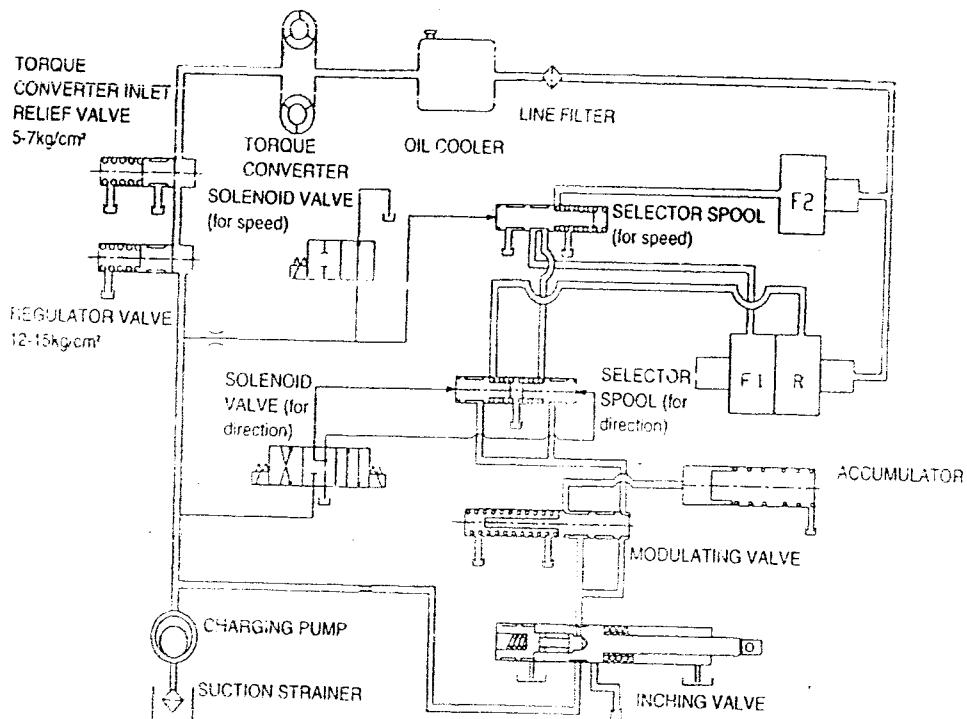
Gigi F4 ( $i_4$ ) terhubung:

$$P = 113,4 \text{ HP}$$

$$n_{o4} = 1269,572 \text{ rpm}$$

$$Mp = 71620 \frac{113,4}{1269,572} = 0,089 \text{Kgcm}$$

### C. Analisis kerja percepatan transmisi otomatis



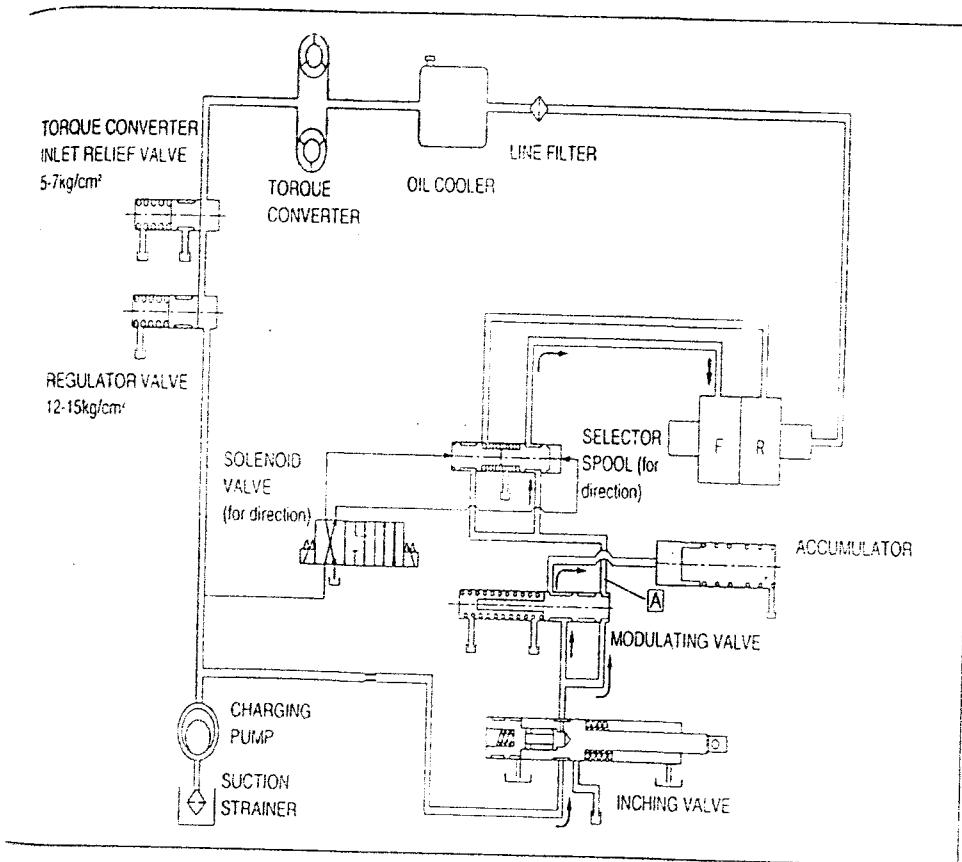
**Gambar 3.2 Sirkuit hidrolik transmisi posisi netral**

(Umpanki service manual. 1994)

#### 1. Gerak maju

Pada saat tuas perseneling diposisi maju, *solenoid valve* diposisi gerak maju. Piston bergerak ke kiri dan oli mengalirkan ke dalam kopling. Tekanan minyak di dalam daerah (A) turun sehingga piston pada spool bergerak ke kanan oleh pegas untuk mengalirkan oli ke dalam *accumulator*. Selama oli mengalir ke dalam *accumulator*, tekanan oli bertambah secara bertahap. Setelah *accumulator* terisi dengan oli, tekanan kopling bertambah dengan cepat sesuai dengan nilai yang ditetapkan, kemudian

mengunci kopling dengan sepenuhnya. Lalu piston bergerak ke arah kiri dan oli di dalam *accumulator* mengalir.

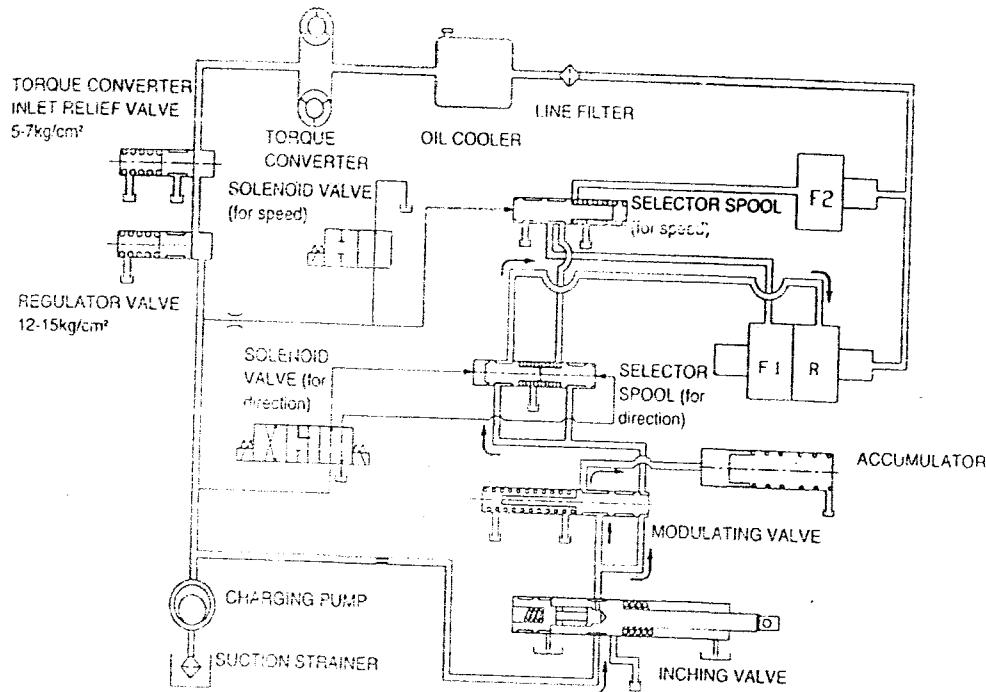


**Gambar 3.3 Sirkuit hidrolik transmisi posisi gerak maju**

(*Umpangi service manual*. 1994)

## 2. Gerak mundur

Pada saat tuas perseneling di posisi mundur, *solenoid valve* diposisi gerak mundur. Piston bergerak ke arah kanan dan oli mengalir ke dalam kopling, langkah selanjutnya sama dengan gerak maju

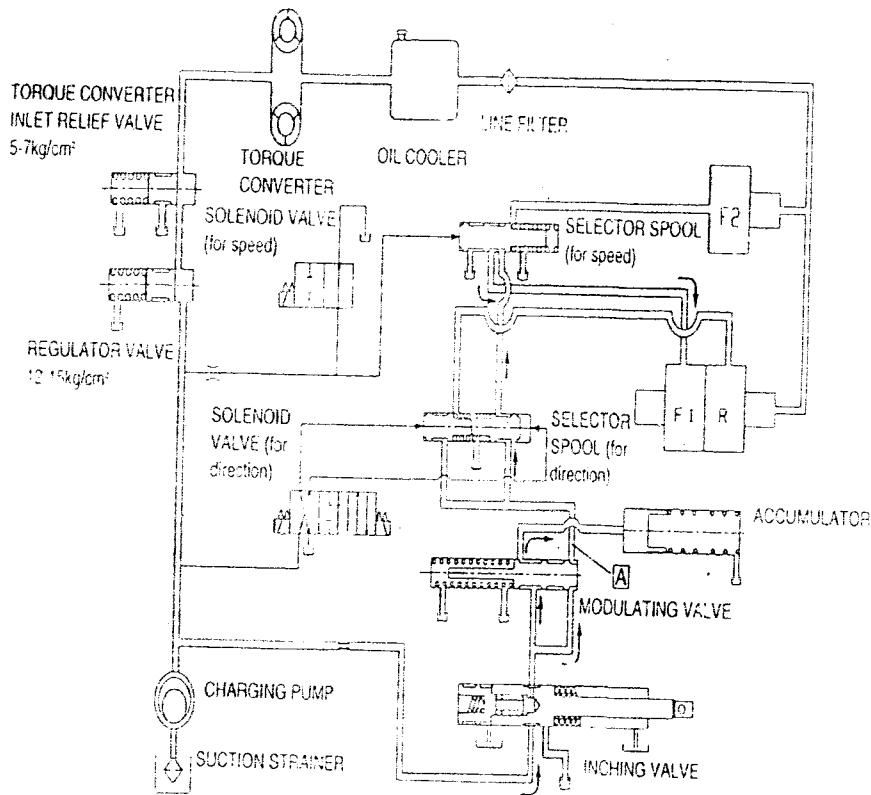


**Gambar 3.4 Sirkuit hidrolik transmisi posisi gerak mundur**

(Umpanti service manual. 1994)

### 3. Kecepatan rendah

Pada saat tuas perseneling di posisi maju, *solenoid valve* di posisi gerak maju. Piston bergerak ke kiri dan oli mengalir ke dalam kopling kecepatan rendah (*first gear forward*). Tekanan oli di daerah (A) menurun, sehingga piston bergerak ke kanan tertekan oleh pegas untuk membiarkan oli mengalir ke dalam *accumulator*. Selama oli mengalir ke dalam *accumulator*, tekanan oli meningkat secara bertahap. Pada saat *accumulator* terisi dengan oli, tekanan oli di kopling bertambah dengan cepat sesuai dengan nilai yang ditetapkan, kemudian mengunci kopling. Piston bergerak ke kiri dan oli di dalam *accumulator* mengalir.

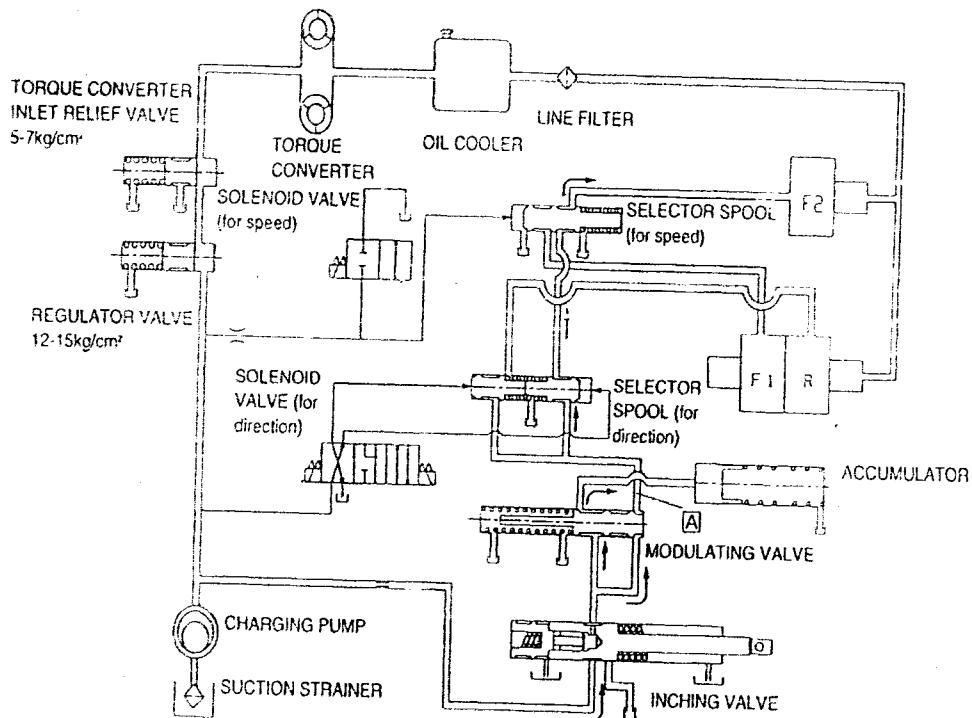


**Gambar 3.5 Sirkuit hidrolik transmisi posisi kecepatan rendah**

(Umpanki service manual, 1994)

#### 4. Kecepatan tinggi

Pada saat kecepatan bertambah, solenoid valve aktif dan piston bergerak ke kanan. Oli dari kopling kecepatan rendah masuk ke dalam kopling kecepatan tinggi. Tekanan oli di daerah (A) menurun dengan cepat sehingga piston bergerak ke kanan, tertekan oleh pegas, untuk membiarkan oli mengalir ke dalam *accumulator*. Selama oli mengalir ke dalam *accumulator*, tekanan oli bertambah secara bertahap. Pada saat *accumulator* terisi dengan oli, tekanan oli di kopling bertambah sesuai dengan nilai yang ditetapkan, kemudian mengunci kopling. Piston bergerak ke kanan dan oli di dalam *accumulator* mengalir.



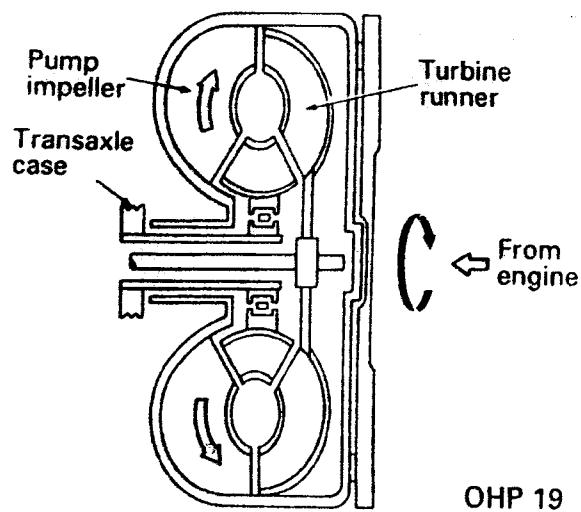
**Gambar 3.6 Sirkuit hidrolik transmisi posisi kecepatan tinggi**

(Umpanki service manual. 1994)

#### D. Analisis kerja torque converter

##### 1. Saat kendaraan berhenti, *engine idling*

Pada saat *engine idling*, maka momen yang dihasilkan oleh *engine* minimum. Bila rem (*parking brake* atau *foot brake*) dioperasikan beban pada turbine runner, menjadi besar karena tidak dapat berputar. Karena kendaraan berhenti, maka *speed ratio* antara pompa impeller dan turbine runner nol, sedangkan *torque ratio* nya maksimum. Oleh karena itu, turbine runner akan selalu siap untuk berputar dengan momen yang lebih tinggi dari momen yang dihasilkan oleh *engine*.



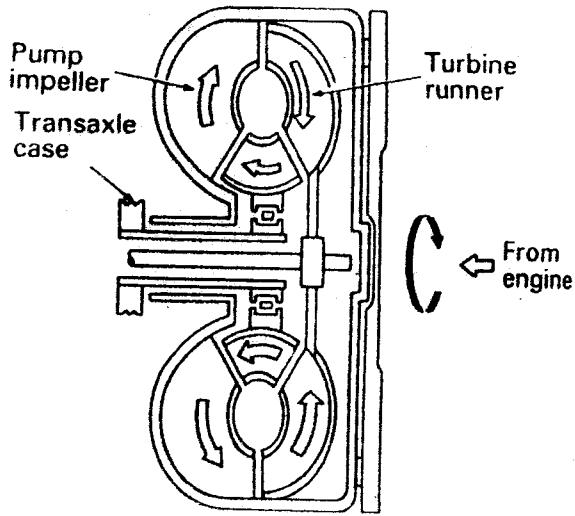
**Gambar 3.7 Kerja torque converter saat *engine idling***  
 (TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group*: 26)

### 2. Saat kendaraan mulai bergerak

Pada saat rem dibebaskan, maka turbine runner dapat berputar dengan poros input transmisi. Dengan menekan pedal akselerator, maka turbine runner akan berputar dengan momen yang lebih besar dari yang dihasilkan oleh *engine*, jadi kendaraan mulai bergerak.

### 3. Saat kendaraan berjalan dengan kecepatan rendah

Bila kecepatan kendaraan bertambah, putaran turbine runner dengan cepat mendekati pompa impeller. Torque rationya dengan cepat mendekati 1,0. Pada saat perbandingan putaran turbine runner dan pompa impeller mendekati angka tertentu (*clutch point*) stator mulai berputar. Dengan kata lain torque converter mulai bekerja sebagai kopling fluida. Oleh karenanya, kecepatan kendaraan naik hampir berbanding lurus dengan putaran engine.



**Gambar 3.8 Kerja torque converter saat kecepatan rendah**

(TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group: 26*)

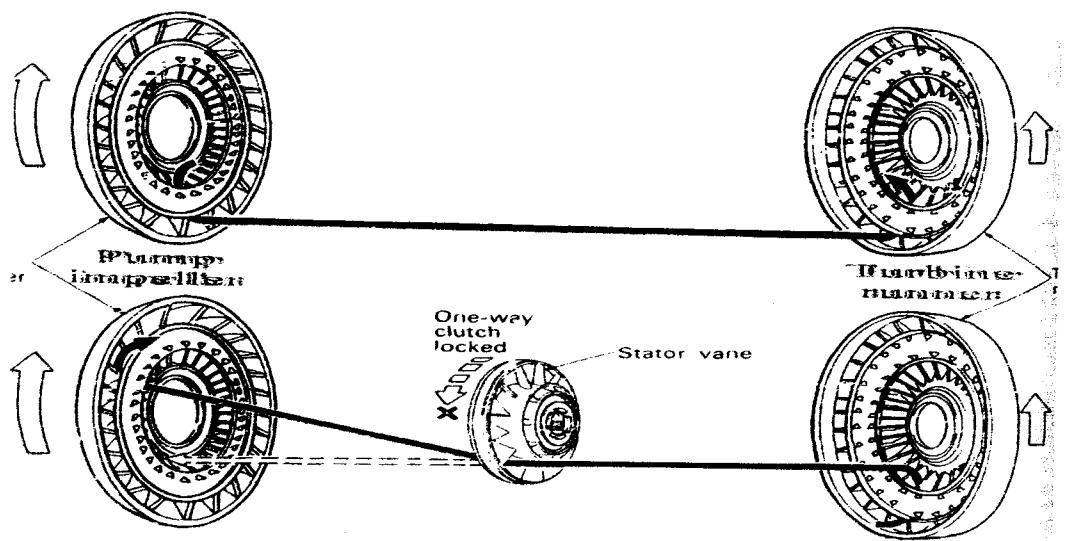
**4. Kendaraan berjalan pada kecepatan sedang sampai kecepatan tinggi**

Torque converter hanya berfungsi sebagai kopling fluida. Turbine runner berputar pada kecepatan yang hampir identik dengan pump impeller.

**5. Fungsi *one way clutch***

a. Pada saat aliran vortex besar

Arah minyak memasuki stator dari turbine runner tergantung pada perbedaan kecepatan putar dari pompa impeller dan turbine runner. Bila perbedaan ini besar kecepatan minyak yang bersirkulasi (*vortex flow*) melalui turbine runner dan pump impeller tinggi jadi minyak mengalir dari turbine ke stator dengan arah yang menahan putaran pompa impeller seperti yang digambarkan dibawah



**Gambar 3.9 Aliran vortex besar**  
(TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group: 22*)

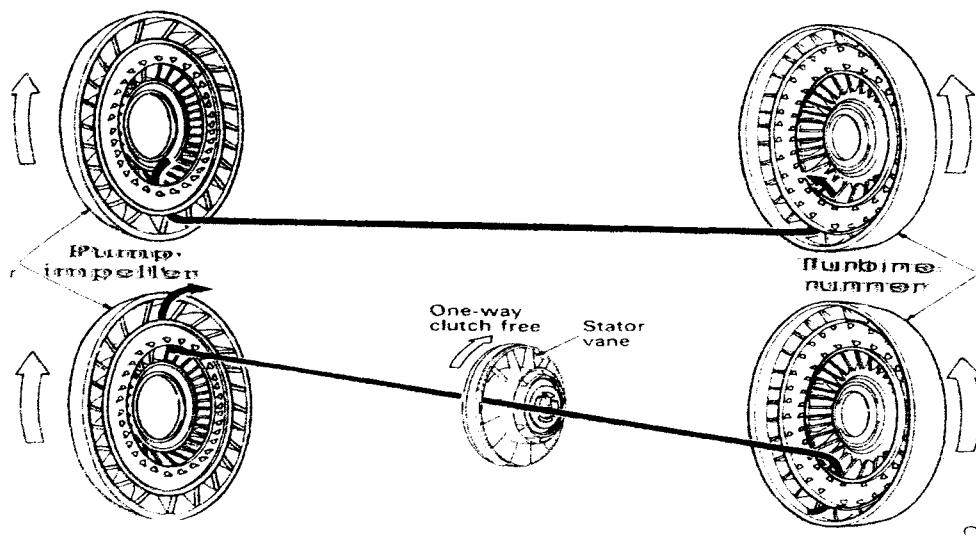
Disini minyak membentur permukaan bagian depan stator vane, menyebabkan stator berputar dengan arah berlawanan dengan arah putaran pompa impeller. Karena stator terkunci oleh *one way clutch*, ia tidak berputar tetapi vane nya menyebabkan arah aliran minyak berubah kearah yang akan membantu putaran pompa impeller.

#### *Vortex flow*

*Vortex flow* adalah aliran minyak yang dipompa oleh pompa impeller pada saat mengalir ke turbine runner dan stator, kemudian kembali ke pompa impeller lagi. Aliran ini semakin kuat bila perbedaan kecepatan putar pompa impeller dan turbine runner semakin besar, seperti pada saat kendaraan start.

b. Bila *vortex flow* kecil

Bila kecepatan putaran turbine runner mendekati kecepatan pompa impeller, maka kecepatan minyak (*rotary flow*) yang berputar dengan turbine runner pada arah yang sama akan bertambah. Dalam hal ini, kecepatan minyak (*vortex flow*) yang bersirkulasi pada turbine runner dan pompa impeller berkurang. Oleh karena itu arah aliran minyak dari turbine ke stator sama seperti arah putaran pompa impeller. Karena pada saat ini minyak membentur permukaan bagian belakang stator vane, maka stator vane akan menghalangi aliran minyak.



**Gambar 3.10 Aliran vortex kecil**

(TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group: 23*)

Dalam hal ini *one way clutch* akan membiarkan stator berputar dengan pompa impeller, jadi memungkinkan minyak untuk kembali ke pompa impeller. Seperti diterangkan diatas, stator berputar searah dengan pompa impeller pada saat kecepatan putaran turbine runner mencapai proporsi yang sebanding dengan kecepatan putar pompa impeller. Ini disebut *clutch point* atau *coupling point*. Setelah clutch point tercapai, maka

peningkatan momen puntir tidak terjadi dan torque converter berfungsi sebagai kopling fluida biasa.

#### *Rotary flow*

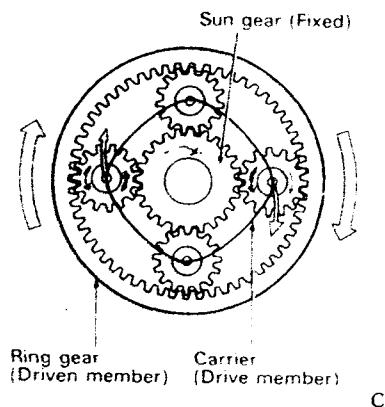
*Rotary flow* adalah aliran minyak di dalam torque converter searah dengan putaran torque converter. Aliran ini besar bila perbedaan putaran antara turbine dengan pompa impeller kecil, umpamanya pada saat kendaraan dijalankan dengan kecepatan tetap. Aliran ini akan semakin kecil sebanding dengan perbedaan kecepatan antara pompa impeller dengan turbine runner.

#### **6. Mekanisme lock-up clutch**

Pada *coupling range* (tidak ada peningkatan momen puntir) torque converter meneruskan momen input dari engine ke transmisi pada ratio mendekati 1:1. Pada pompa impeller dan turbine runner paling sedikit terdapat perbedaan kecepatan putar samapi 4-5%. Oleh sebab itu, torque converter tidak memindahkan 100% tenaga yang dibangkitkan oleh engine, ke transmisi, jadi terdapat kerugian energi. Untuk mencegahnya dan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar, *lock up clutch* secara mekanik menghubungkan pompa impeller dengan turbine runner pada saat kecepatan kendaraan mencapai kecepatan sedang atau lebih, dengan demikian hampir 100% tenaga yang dibangkitkan oleh *engine* diteruskan ke transmisi.

## E. Analisis kerja planetary gear

### 1. Perlambatan



**Gambar 3.11 Planetary gear (perlambatan)**  
 (TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group*: 41)

Cara kerja roda gigi

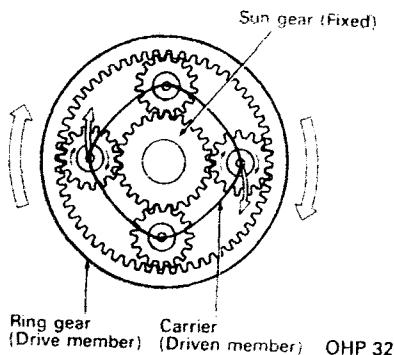
Ring gear – *drive member* (penggerak)

Sun gear – *fixed* (ditahan)

Carrier – *driven member* (digerakkan)

Bila ring gear berputar searah jarum jam, pinion gear akan berputar mengelilingi sun gear sambil berputar searah jarum jam. Ini menyebabkan putaran carrier menjadi lambat sesuai dengan banyaknya gigi ring gear dan sun gear.

## 2. Percepatan



**Gambar 3.12 Planetary gear (percepatan)**  
 (TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group: 41*)

Cara kerja roda gigi

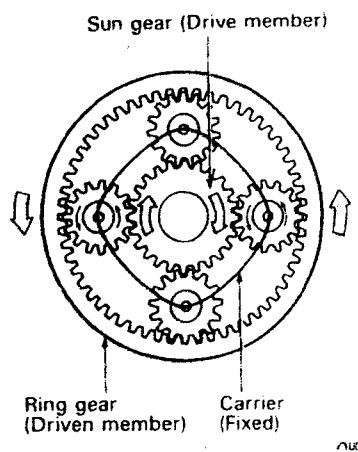
Ring gear – *driven member* (digerakkan)

Sun gear – *fixed* (ditahan)

Carrier – *drive member* (penggerak)

Bila ring gear berputar searah jarum jam, pinion gear akan berputar mengelilingi sun gear sambil berputar searah jarum jam, ini menyebabkan putaran ring gear menjadi cepat sesuai dengan jumlah gigi ring gear dan sun gear dan ini berlawanan dengan contoh diatas.

### 3. Mundur



**Gambar 3.13 Planetary gear (mundur)**

(TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group: 42*)

Cara kerja roda gigi

Ring gear – *driven member* (digerakkan)

Sun gear – *drive member* (penggerak)

Carrier – *fixed* (ditahan)

Bila sun gear berputar searah jarum jam, pinion gear yang terikat pada carrier akan berputar berlawanan dengan jarum jam dan mengakibatkan ring gear juga berputar berlawanan dengan jarum jam. Pada saat ini ring gear menjadi lambat sesuai dengan jumlah gigi sun gear dan ring gear.

**Tabel 3.1 Kecepatan dan arah putaran gigi *planetary gear***(TOYOTA ASTRA MOTOR, *Drive Train Group: 42*)

FIXED (DITAHAN)	DRIVE MEMBER (PENGGERAK)	DRIVEN MEMBER (DIGERAKKAN)	KECEPATAN PUTARAN	ARAH PUTARAN
Ring gear	Sun gear	Carrier	Berkurang	Searah dengan drive member (penggerak)
	Carrier	Sun gear	Bertambah	
Sun gear	Ring gear	Carrier	Berkurang	Searah dengan drive member (penggerak)
	Carrier	Sun gear	Bertambah	
Carrier	Sun gear	Ring gear	Berkurang	Berlawanan dengan drive member (penggerak)
	Ring gear	Sun gear	Bertambah	