

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Alat gali (*excavator*)

Front shovel, dragline, clamshell dan *backhoe* adalah jenis alat gali atau *excavator*¹. *Front shovel* dan *backhoe* disebut sebagai alat gali hidrolis karena bucket digerakkan secara hidrolis.² Alat gali mempunyai as diantara alat penggerakannya dan badan mesin sehingga dapat melakukan gerakan berputar tanpa harus menggerakkan alat penggerakannya (roda atau *crawler*).

Backhoe yang termasuk dalam alat penggali hidrolis memiliki *bucket* yang dipasangkan di depannya. Yang dimaksud dengan alat penggali hidrolis adalah alat yang bekerja karena adanya tekanan hidrolis pada mesin didalam pengoperasiannya. Alat penggerakannya adalah traktor dengan roda depan atau *crawler*.

Backhoe bekerja dengan cara menggerakkan *bucket* kearah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat. Dengan demikian dapat dikatakan *backhoe* menggali material yang berada di bawah permukaan tempat alat itu berada. Sedangkan *front shovel* menggali material di permukaan tempat alat tersebut berada.³ *Dragline* merupakan alat gali yang dipakai untuk menggali material yang letaknya lebih tinggi dari permukaan tempat alat tersebut berada

¹ Ahmad Kholil. *Alat Berat* (Bandung : Remaja Rosdakarya, 2012),h.55.

² *Ibid.* h.55.

³ *Ibid.* h.56.

dengan jangkauan yang lebih jauh dari alat gali lainnya.⁴ *Clamshell* digunakan untuk penggalian tanah lepas seperti pasir, kerikil, batuan pecah dan lain-lain. *Clamshell* mengangkat material secara vertikal.⁵

Sebagian besar gerakan *Excavator* menggunakan sistem hidrolik untuk pengoperasiannya. Jika sistem hidrolik tidak berjalan dengan baik, maka *excavator* pun tidak akan bekerja dengan baik pula. Keberadaan sistem hidrolik digunakan untuk menggerakkan bagian depan atau lengan penggali guna memindahkan material dari satu tempat ke tempat lainnya.

2.2. Bagian-bagian *excavator*.

2.2.1. *Bucket*

Bucket adalah bagian *excavator* yang berfungsi untuk mengeruk dan memindahkan material.

2.2.2. *Bucket cylinder*

Bucket cylinder adalah bagian yang digunakan untuk menggerakkan *bucket*.

2.2.3. *Arm*

Arm adalah bagian yang berfungsi menaikkan dan menurunkan *bucket*.

2.2.4. *Boom*

Boom adalah bagian yang digunakan sebagai tuas utama yang digunakan untuk menggerakkan *arm* naik dan turun.

⁴ *Ibid.* h.58.

⁵ *Ibid.* h.59.

2.2.5. Alat penggerak

Alat penggerak pada excavator dapat berupa crawler atau ban karet. Alat penggerak berfungsi untuk berpindah tempat (*travelling unit*).⁶

2.2.6. Ruang kemudi

Ruangan ini berfungsi sebagai pusat kendali dari *excavator*. Terdapat tuas-tuas untuk menggerakkan *arm*, *bucket*, memutar bagian atas *excavator*, dan menggerakkan *excavator* untuk berpindah tempat. Pada penelitian ini, sistem kemudi yang digunakan hanya untuk berbelok dengan menerapkan sistem kemudi pada mobil.

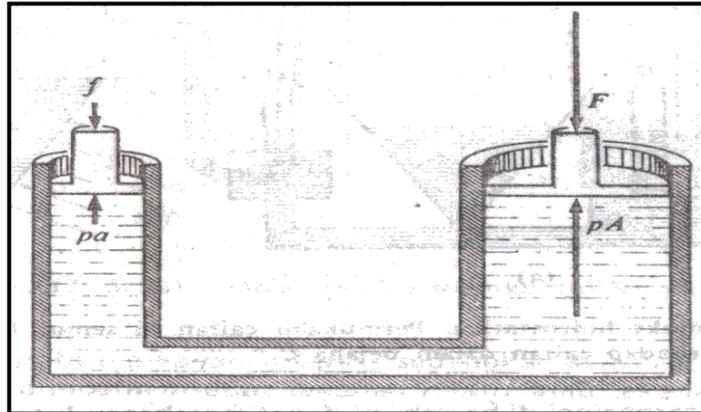
2.3. Dasar sistem hidrolik

Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah hukum pascal, yang mana Tekanan yang dikerjakan pada fluida dalam bejana tertutup diteruskan tanpa berkurang ke semua bagian fluida dan dinding bejana itu.⁷

Hukum pascal dapat diterangkan berdasarkan cara kerja penekan hidrolik, seperti pada gambar 2.1.

⁶ *Ibid.* h.14.

⁷ Sears. Zemansky, *Fisika Untuk Universitas I Mekanika Panas Bunyi* (Edisi keempat, Bandung : Binacipta, 1982), h.297.



Gambar 2.1 Asas penekanan hidrolik⁸

$$p = \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \quad \text{dan} \quad F = \frac{A}{a} \times f \quad \dots\dots\dots^9$$

Keterangan : p = Tekanan fluida (N/m^2)

f = Gaya pada penampang kecil (N)

a = Luas penampang kecil (m^2)

F = Gaya pada penampang besar (N)

A = Luas penampang besar (m^2)

Piston yang memiliki luas penampang kecil digunakan untuk melakukan gaya langsung terhadap suatu zat cair, misalnya minyak. Tekanan $p = \frac{f}{a}$ diteruskan lewat sebuah pipa penghubung ke sebuah silinder yang lebih besar dan piston yang lebih besar. Oleh karena itu penekan hidrolik adalah suatu alat untuk melipat gandakan gaya yang faktor perkaliannya sama dengan perbandingan antara luas kedua piston.

⁸ *Ibid.*

⁹ *Ibid.*

2.4. Rancang bangun

Rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menterjemahkan hasil analisa dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem diimplementasikan.¹⁰ Rancangan sistem adalah penentuan proses dan data yang diperlukan oleh sistem baru (McLeod, 2002). perancangan adalah kegiatan yang memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik (Ladjamudin, 2005). Sedangkan pengertian bangun adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada baik secara keseluruhan maupun sebagian (Pressman, 2002). Bangun sistem adalah membangun sistem informasi dan komponen yang didasarkan pada spesifikasi desain .

Dengan demikian pengertian rancang bangun merupakan kegiatan menterjemahkan hasil analisa kedalam bentuk paket perangkat lunak kemudian menciptakan sistem tersebut ataupun memperbaiki sistem yang sudah ada.

2.5. Software *AutoCAD* 2013

AutoCAD adalah sebuah program merancang berbantu komputer atau CAD (*Computer Aided Design*) yang paling populer dan paling luas

¹⁰ Pressman RS, *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi* (buku satu), (Yogyakarta : 2002)

penggunaannya saat ini.¹¹ *AutoCAD* dapat digunakan untuk membuat gambar 2D dan 3D. *AutoCAD* 2013 mengelompokkan perintah dan tool penggambaran 3D menjadi lebih terorganisir sehingga lebih mudah untuk dipanggil dan digunakan ketika kita melakukan penggambaran 3D.

AutoCAD 2013 menyediakan dua jenis *workspace* untuk tujuan penggambaran 3D, yaitu *workspace 3D basics* dan *3D modeling*. Dalam *3D basics* disediakan berbagai kumpulan perintah dan toolbar untuk tujuan penggambaran 3D sederhana. Sedangkan dalam *workspace 3D modeling* terdapat kumpulan perintah atau toolbar untuk penggambaran yang lebih kompleks.

Penulis menggunakan software *AutoCAD* untuk menggambar rancangan komponen yang akan dibuat dan pengukuran sudut belok kendaraan.

2.6. Sistem Kemudi

Sistem kemudi adalah sebuah sistem yang berfungsi sebagai pengatur arah kendaraan ketika melaju. Cara kerja sistem kemudi adalah dengan membelokkan roda-roda depan, bila roda kemudi diputar, *steering column* akan meneruskan tenaga putarnya ke *steering gear*. *Steering gear* memperbesar tenaga putar ini sehingga dihasilkan momen yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui *steering linkage*.

¹¹ Chandra Handi, *AutoCAD Untuk 3 Dimensi*, (Palembang : Maxikom, 2012), h. iii.

Pada dasarnya sistem kemudi dibedakan menjadi dua yaitu :

- a. Sistem kemudi manual.
- b. Sistem kemudi *power steering*.

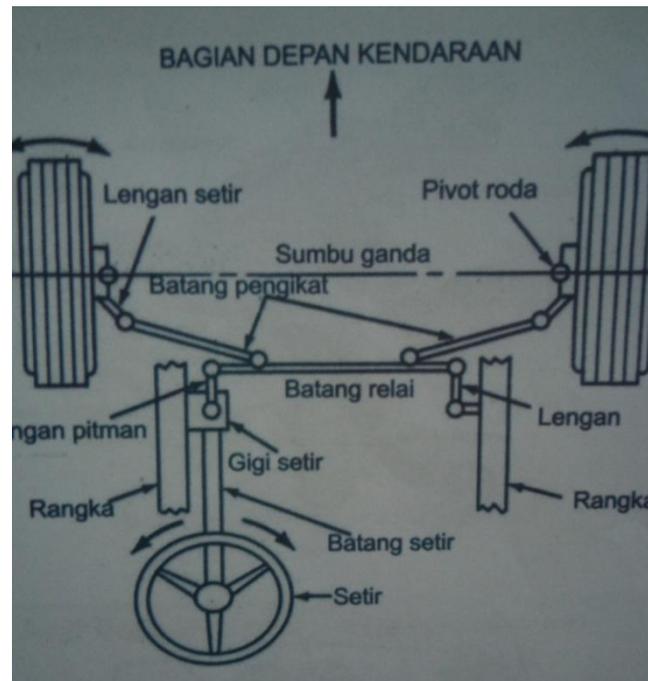
2.7. Sistem Kemudi Manual

Sistem kemudi manual sering disebut sistem kemudi konvensional karena memanfaatkan tenaga dari pengemudi untuk membelokkan roda.¹² Seluruh tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda dari pengemudi ditransmisikan langsung melalui sistem kemudi. Ada 2 komponen mekanis yang biasa digunakan untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi dan mentransmisikan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus yaitu : *recirculating ball* dan *rack and pinion*.

2.7.1 *Recirculating ball*

Biasanya digunakan pada kendaraan besar seperti bus dan truck dan kendaraan besar lainnya yang membutuhkan gaya yang lebih besar dari pengemudi untuk membelokkan roda kemudi dengan baik. *Recirculating ball* dimaksudkan untuk dapat meningkatkan rasio kemudi yang dapat meningkatkan gaya putar dari pengemudi lebih besar sehingga meringankan beban pengemudi.

¹² I Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *Teknologi Otomotif edisi kedua*, (Surabaya : Guna Widya, 2010), h.330.



Gambar 2.2. Sistem kemudi tipe *recirculating ball*.¹³



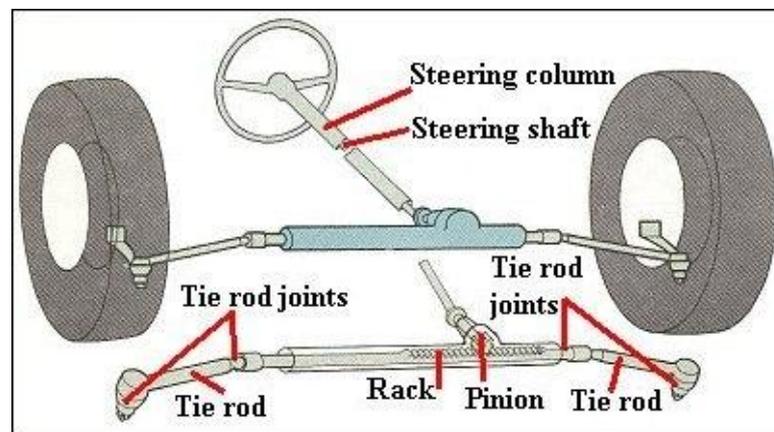
Gambar 2.3. *Recirculating ball gear*.¹⁴

¹³ *Ibid.* h.331.

¹⁴ *Ibid.* h.331.

2.7.2 Rack and Pinion

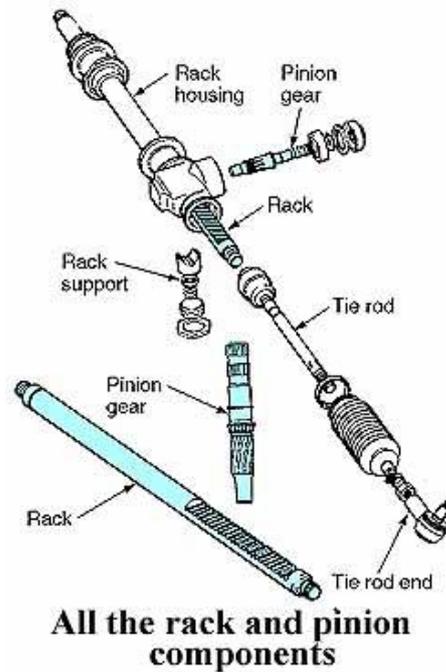
Rack and pinion umumnya digunakan pada kendaraan kecil atau kendaraan penumpang yang tidak memerlukan gaya yang besar untuk memutar roda kemudi. Sistem ini mempunyai pinion gear pada ujung dari poros lingkaran kemudi yang dihubungkan dengan *rack* datar dengan gigi sesuai dengan gigi *pinion*. *Pinion* dengan gerak berputar dirubah menjadi gerak lurus oleh *rack*.¹⁵



Gambar 2.4. Sistem kemudi tipe *rack and pinion*.¹⁶

¹⁵ *Ibid.* h.332

¹⁶ Anis, "Sistem kemudi", Anis Tkr, diakses dari <http://www.anistkr.blogspot.com/2012/05/sistem-kemudi.html>, pada tanggal 4 Desember 2013 pukul 16.22.



Gambar 2.5. Komponen *rack and pinion*.¹⁷

2.8.Sistem kemudi *power steering*

Kendaraan yang menggunakan *power steering* memiliki sistem tenaga untuk membantu pengemudi dalam membelokkan kendaraan. Tenaga yang dibutuhkan hanya sedikit untuk memberikan signal atau menggerakkan katup pengatur sistem tenaga.¹⁸ Sebagian tenaga dari *power steering* pada kendaraan adalah sistem hidrolis. Pompa hidrolis mensupply hidrolis bertekanan tinggi jika pengemudi memutar roda kemudi. Fluida bertekanan dari pompa memberikan semua tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda.

¹⁷ *Ibid.*

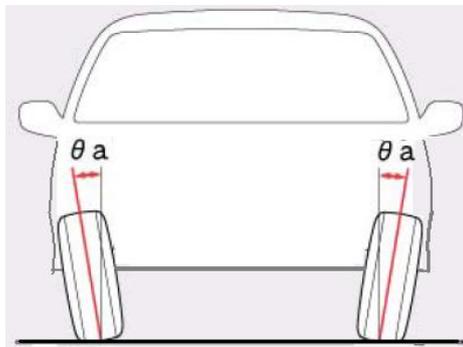
¹⁸ | Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *Op Cit*, h.333.

2.9. Front Wheel Alignment.

Front wheel alignment adalah penyetelan sudut geometris dan ukuran roda-roda yang terdiri dari *camber*, *caster*, *toe angle*, *kingpin inclination*, *turning radius*. *Wheel alignment* berfungsi untuk menghasilkan stabilitas dalam pengemudian kendaraan. Apabila salah satu dari elemen wheel alignment tidak tepat maka akan menimbulkan masalah seperti pengemudian berat, kemudi kurang stabil, pengembalian roda kemudi setelah belok kurang baik, dan umur ban pendek.

2.9.1 Camber

Sudut *camber* adalah kemiringan roda terhadap garis vertikal (tegak lurus) jika dilihat dari depan mobil.

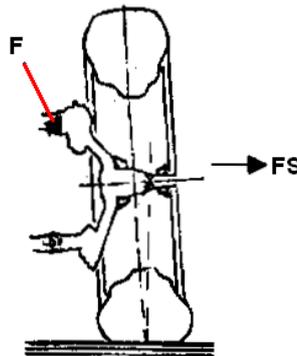


Gambar 2.6. *Camber* dilihat dari posisi depan mobil.¹⁹

Jika roda miring ke sisi dalam mobil artinya *camber* negative. Gaya sejajar S / spindel (FS) yang mengarah keluar dari roda menyebabkan roda ingin lepas dari pengikatnya, reduksi kecocokan bantalan dapat dirasakan pada sistim kemudi . *Camber* negative

¹⁹ Astra international

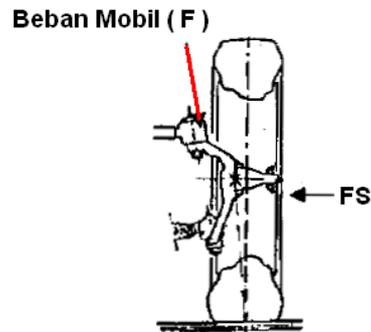
menyebabkan efek kebebasan bantalan roda bertambah. Letak beban kendaraan pada sumbu spindel mendekati bantalan luar menyebabkan beban spindel bertambah, getaran yang ditimbulkan spindel diteruskan ke sistim kemudi bertambah.



Gambar 2.7. *Negative camber*.²⁰

Sedangkan *camber* positif adalah jika roda miring ke arah luar mobil. Gaya sejajar S / spindel (FS) yang mengarah ke roda menyebabkan reaksi roda menekan ke arah bantalan dalam, sehingga reaksi kelonggaran bantalan berkurang. Letak beban kendaraan pada spindel mendekati bantalan dalam, menyebabkan getaran yang ditimbulkan spindel dan diteruskan ke sistim kemudi menjadi kecil.

²⁰ *Ibid.*

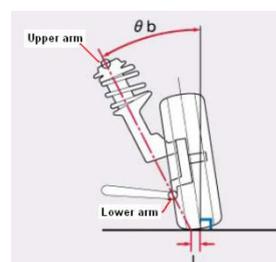


Gambar 2.8 *Camber positive*.²¹

Untuk mudahnya, apabila kita melihat kedua roda depan dari arah depan mobil, roda seperti huruf A maka dijuluki camber negatif. Kalau mirip huruf V maka camber positif. Karena itulah, perlu diseimbangkan antara roda depan kiri dan kanan. Supaya kemudi lebih ringan dan stabil. Juga untuk mengatur agar keausan ban sama rata, serta mendukung suspensi lebih nyaman.

2.9.2 *Steering axis*

Steering axis adalah sumbu tempat roda berputar saat berbelok. *King pin inclination* adalah sudut yang dibentuk oleh steering axis dengan garis vertical dilihat dari depan kendaraan.



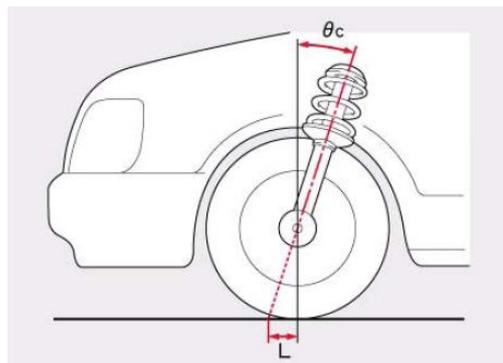
Gambar 2.9 *King pin inclination*.²²

²¹ *Ibid.*

Offset adalah jarak dari titik potong garis tengah ban dengan jalan ke titik potong *steering axis* dengan jalan. Offset yang lebih kecil akan menyebabkan kemudi menjadi lebih ringan dan daya balik kemudi baik.

2.9.3 Caster

Kemiringan sumbu kemudi (kingpin) terhadap garis tengah roda vertikal jika dilihat dari samping Kendaraan. Fungsi *Caster* adalah pada saat jalan lurus *caster* akan mengarahkan roda agar tetap stabil dalam posisi lurus walau roda kemudi dilepas. Ada tiga macam *caster* yaitu *caster* positif, *caster* negatif, dan *zero caster*. *Caster* positif adalah bila kemiringan *steering axis* bagian atas ke arah belakang, *caster* negatif adalah kebalikan dari *caster* positif, dan *zero caster* adalah *steering axis* yang posisinya tegak lurus, tidak mempunyai sudut kemiringan ke depan atau ke belakang.



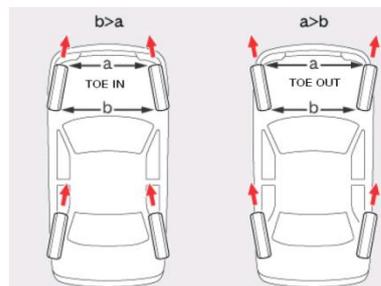
Gambar 2.10. *Caster* positif.²³

²² *Ibid.*

²³ *Ibid.*

2.9.4 *Toe angle (toe in dan toe out)*

Toe angle adalah perbedaan jarak antara roda kanan dan kiri bagian depan dengan belakang. Untuk penggerak roda depan, *toe* berfungsi meningkatkan daya pengereman dan juga mengoreksi posisi *camber*. Adapun untuk mobil gerak roda belakang, *toe* berfungsi menyelaraskan roda belakang dan depan. Bila bagian roda lebih kecil kearah dalam daripada bagian belakang roda (dilihat dari atas), ini disebut *toe in*. sebaliknya susunan yang berlawanan disebut *toe out*. Bila bagian depan roda sama dengan bagian belakang roda disebut *toe 0 (zero toe)*.

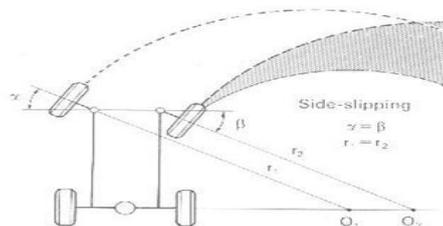


Gambar 2.11. Toe in dan toe out.²⁴

2.9.5 *Turning radius*

Turning radius berfungsi untuk membuat kendaraan lebih lincah pada saat dikemudikan dan memperpanjang umur pemakaian ban karena pada saat kendaraan membelok sudut roda kiri dan kanan dibuat tidak sama.

²⁴ *Ibid.*



Gambar 2.12. *Turning radius*.²⁵

2.10. Jenis perilaku belok kendaraan

Gerakan berbelok pada kendaraan adalah gerakan yang menentukan kualitas kestabilan dari kendaraan. Pada gerakan belok dengan adanya gaya sentrifugal pada kendaraan akan dapat menimbulkan gaya-gaya dan momen pada roda sehingga terjadi sudut slip pada ban. Besarnya pengaruh sudut slip ban menentukan kualitas dari stabilitas arah kendaraan.²⁶ Umumnya makin besar pengaruh sudut slip maka makin terganggu stabilitas kendaraan.

Perilaku belok kendaraan akan dilihat pada kondisi dimana sudut slip pada ban dianggap tidak ada dan juga pada kondisi dimana pengaruh sudut slip ban cukup dominan.²⁷ Dengan meliha kondisi tersebut maka perilaku belok kendaraan dapat dibedakan sebagai berikut:

2.10.1. Perilaku *ackerman*

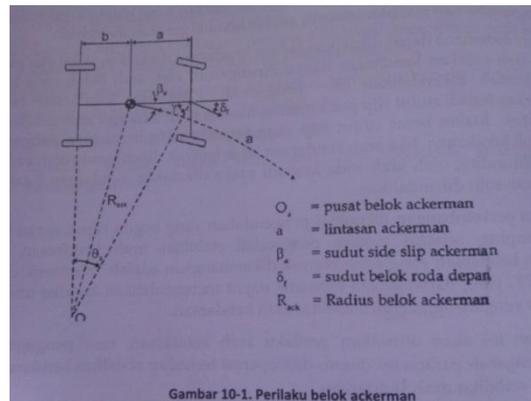
Perilaku *ackerman* sering disebut perilaku gerakan belok ideal yang artinya menganggap tidak ada sudut slip yang terjadi

²⁵ *New Step 2* (Jakarta: PT. Toyota Astra Motor, 1994), h. 130.

²⁶ I Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *Teknologi Otomotif edisi kedua*, (Surabaya : Guna Widya, 2010),h. 262.

²⁷ *Ibid.*

pada ban.²⁸ Kondisi ini pada kenyataannya sangat sulit terjadi atau mungkin terjadi pada saat kendaraan berbelok dengan kecepatan yang sangat rendah atau pada radius belok besar sehingga gaya sentrifugal yang terjadi belum mampu membentuk sudut slip pada ban.



Gambar 2.13. perilaku belok ackerman²⁹

Dari gambar diatas dapat diketahui perilaku ackerman dapat dihitung dengan rumus :

$$R_{ack} = \frac{a+b}{\delta_f} 57,29 \dots\dots\dots 30$$

dimana : a = Jarak pusat berat terhadap poros depan (m)

b = Jarak pusat berat terhadap poros belakang (m)

δ_f° = Sudut belok roda depan ($^\circ$)

2.10.2. Perilaku netral

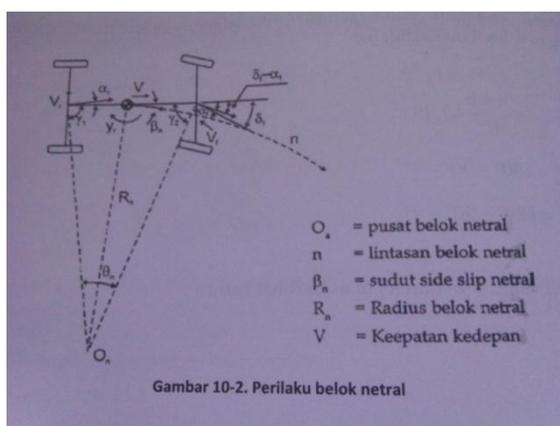
Pada setiap gerakan belok kendaraan selalu terjadi gaya sentrifugal yang cukup untu menimbulkan sudut slip pada setiap

²⁸ Ibid.

²⁹ Ibid.h.262.

³⁰ Ibid. h.263

ban. Jika sudut rata-rata slip roda depan (α_f) sama dengan rata-rata sudut slip roda belakang (α_r) maka kondisi dinamakan kondisi kendaraan dengan perilaku beok netral.³¹



Gambar 2.14. Perilaku belok netral³²

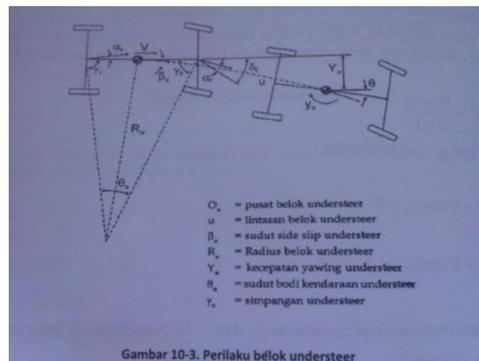
2.10.3. Perilaku *understeer*

Perilaku *understeer* adalah seperti perilaku belok netral yaitu memperhitungkan pengaruh dari sudut slip rata-rata roda belakang dan roda depan.³³ Pada kondisi *understeer* sudut slip roda belakang lebih kecil dari sudut slip roda depan. Kendaraan dengan perilaku *understeer* adalah kendaraan yang sulit untuk berbelok sehingga membutuhkan sudut belok yang lebih besar untuk belokan tertentu.

³¹ *Ibid.*h.263.

³² *Ibid.*h.264.

³³ *Ibid.*h.266.



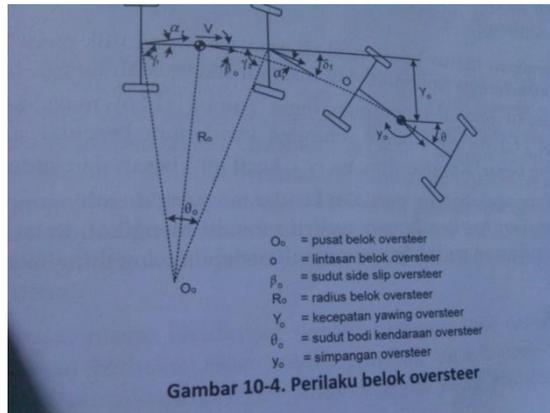
Gambar 2.15. Perilaku belok *understeer*³⁴

2.10.4. Perilaku *oversteer*

Perilaku *oversteer* memiliki kesamaan dengan perilaku *understeer*, perilaku *oversteer* menunjukan kondisi dimana pengaruh sudut slip roda depan dan belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan.³⁵ Perilaku *oversteer* menyebabkan kendaraan sangat responsive pada waktu berbelok atau ia dapat berbelok lebih besar dari yang diharapkan. Kendaraan dengan keadaan *oversteer* membutuhkan kemampuan mengemudi yang terampil. Pada kendaraan *oversteer* sudut slip roda belakang lebih besar dari sudut slip roda depan.

³⁴ *Ibid.*h.266.

³⁵ *Ibid.*h.267.



Gambar 2.16. Perilaku belok *oversteer*³⁶

2.11. Mengukur titik berat kendaraan

Posisi titik berat kendaraan memiliki peranan penting dalam analisa dinamika kendaraan. Pengukuran posisi titik berat terhadap poros depan (a) dan poros belakang (b) dilakukan dengan cara menimbang bagian depan dan belakang pada saat posisi benar-benar horisontal. Hasil penimbangan poros depan didapat W_f dan poros belakang W_r maka berat total kendaraan didapat:

$$W_t = W_f + W_r = W \dots\dots\dots 37$$

Dengan hasil penimbangan dan menerapkan konsep statika maka didapat :

$$L = a + b \dots\dots\dots 38$$

$$a = \frac{(a+b) \times W_r}{W_f + W_r} \dots\dots\dots 39$$

$$b = \frac{(a+b) \times W_f}{W_f + W_r} \dots\dots\dots 40$$

³⁶ *Ibid.* h.267.
³⁷ *Ibid.* h.87.
³⁸ *Ibid.* h.88.
³⁹ *Ibid.* h.88.

dimana : L = Panjang *wheel base* (m)

a = Jarak pusat berat terhadap poros depan (m)

b = Jarak pusat berat terhadap poros belakang (m)

W_f = Berat depan kendaraan (N)

W_r = Berat belakang kendaraan (N)

W_t = Berat total (N)

Untuk tinggi titik berat kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h = r + h_r \dots\dots\dots^{41}$$

dimana : h_r = Tinggi titik guling kendaraan (m)

r = Jari-jari roda (m)

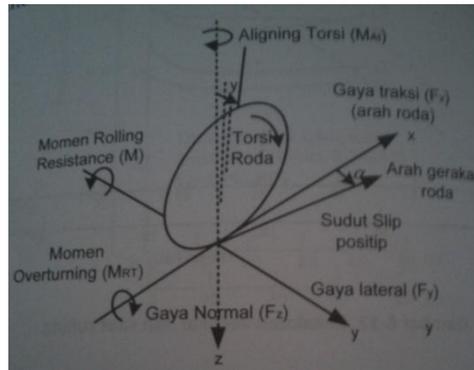
2.12. Gaya-gaya pada ban

Secara umum ban akan mengalami berbagai macam gaya dan momen pada saat berbelok. Pada saat kendaraan berbelok ban akan mengalami gaya kesamping yang dapat mengakibatkan arah gerak ban menjadi berubah sebesar sudut slip.⁴² Ada 3 gaya yang bekerja pada ban yaitu gaya normal atau vertikal (F_z), gaya longitudinal (F_x), dan gaya samping atau lateral (F_y).

⁴⁰ *Ibid.* h.88.

⁴¹ *Ibid.* h.89.

⁴² *Ibid.* h. 106.



Gambar 2.17. gaya dan momen pada ban⁴³

2.13. Gaya lateral

Gaya lateral yang timbul pada ban adalah terbatas besarnya yang mampu ditahan oleh bidang kontak ban dan jalan. Gaya lateral pada ban akan mengakibatkan terjadinya sudut slip pada setiap ban yang mana akan mempengaruhi arah gerak dari kendaraan. Percepatan lateral dan longitudinal dapat dihitung dengan persamaan :

$$a_{cy} = V_y + a_y = \frac{V^2}{R} \times \cos(\beta + \beta \times \varphi) + V \times \sin(\beta + \beta \times \varphi) - h_r \times \theta^2 \times \sin \varphi \dots\dots^{44}$$

$$a_{cx} = V_x + a_x = \frac{V^2}{R} \times \sin(\beta + \beta \times \varphi) + V \times \cos(\beta + \beta \times \varphi) - h_r \times \theta^2 \times \sin \varphi \dots\dots^{45}$$

dimana : V = Kecepatan (m/s)

β, φ = Sudut *side slip* dan sudut *rolling*

θ = Sudut *yawing*

h_r = Tinggi titik pusat kendaraan (m)

R = Radius belok (m)

⁴³ *Ibid.* h. 106.

⁴⁴ *Ibid.* h.307

⁴⁵ *Ibid.* h.307

Percepatan pada arah x dan y dari masing-masing ban dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$a_{ty3} = \frac{V^2}{R} \times \cos(\beta + \beta\phi) + V \sin(\beta + \beta\phi) + \frac{T_f}{2} \dots\dots\dots 46$$

$$a_{ty4} = \frac{V^2}{R} \times \cos(\beta + \beta\phi) + V \sin(\beta + \beta\phi) + \frac{T_r}{2} \dots\dots\dots 47$$

$$a_{tx3} = \frac{V^2}{R} \times \sin(\beta + \beta\phi) + V \cos(\beta + \beta\phi) + \frac{T_f}{2} \dots\dots\dots 48$$

$$a_{tx4} = \frac{V^2}{R} \times \sin(\beta + \beta\phi) + V \cos(\beta + \beta\phi) + \frac{T_r}{2} \dots\dots\dots 49$$

dimana: T_r = Lebar *track* roda belakang (m)

T_f = Lebar *track* roda depan (m)

Gaya sentrifugal sumbu y dan x pada pusat dari kendaraan didapat sebagai berikut :

$$F_{cgy} = \frac{Wt}{g} \times a_{cy} \dots\dots\dots 50$$

$$F_{cgx} = \frac{Wt}{g} \times a_{cx} \dots\dots\dots 51$$

dimana : W_t = Berat total kendaraan (N)

Gaya lateral pada roda dapat dihitung sebagai berikut :

⁴⁶ *ibid.* h.308

⁴⁷ *ibid.* h.308

⁴⁸ *ibid.* h.308

⁴⁹ *ibid.* h.308

⁵⁰ *ibid.* h.308

⁵¹ *ibid.* h.308

$$F_{L3} = \frac{L_f}{2L} F_{cgy} \cos\beta - \frac{F_{cgy}}{4} \sin\beta + \frac{W_3}{g} a_{ty3} \cos\beta \times \frac{W_3}{g} a_{tx3} \sin\beta \dots\dots\dots 52$$

$$F_{L4} = \frac{L_r}{2L} F_{cgy} \cos\beta - \frac{F_{cgy}}{4} \sin\beta + \frac{W_4}{g} a_{ty4} \cos\beta \times \frac{W_4}{g} a_{tx4} \sin\beta \dots\dots\dots 53$$

dimana : L_f = Jarak poros roda depan dengan titik berat (m)

L_r = Jarak poros roda belakang dengan titik berat (m)

L = Jarak poros roda depan dan belakang (m)

W = Berat roda (N)

2.14. Sudut slip ban

Sudut slip adalah sudut yang terjadi akibat gaya lateral pada roda, makin tinggi kecepatan atau makin tajam belokan kendaraan maka makin besar gaya lateral yang terjadi pada roda dan akan mengakibatkan sudut slip pada masing-masing roda.

2.14.1. Pengaruh keausan ban terhadap sudut slip

Sifat kontrol dan stabilitas kendaraan sering berubah karena keausan dari ban. Hal ini disebabkan karena perubahan sifat ban akibat keausan. Hasil eksperimen oleh Tsuchiya Watanabe dan Matsuka, tahun 1974, menunjukkan hubungan antara gaya samping atau lateral dengan sudut slip untuk ban gundul dan baru. Pada gaya samping yang sama, sudut slip pada ban gundul lebih kecil

⁵² *Ibid.* h.309

⁵³ *Ibid.* h.309

daripada ban baru ini disebabkan adanya pengaruh dari kembangan ban terhadap sudut slip.⁵⁴

Untuk ban radial baru :

$$\alpha = 0,00301003 (F_L)^{1,207861} \dots\dots\dots 55$$

Untuk ban radial gundul :

$$\alpha = 0,0023636 (F_L)^{1,222203} \dots\dots\dots 56$$

⁵⁴ *Ibid.* h.127

⁵⁵ *Ibid.* h.127

⁵⁶ *Ibid.* h.127