

Analisis Perilaku Belok Sistem *Steering* Mobil Hibrid BED-18 Penggerak Udara Bertekanan dan Motor Listrik

Bambang Setyono¹, Richard Salam²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknologi Industri-

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: bambang@itats.ac.id

ABSTRACT

Turning behavior of vehicles is divided into: understeer, oversteer and neutral. This study focuses on analyzing the turning behavior of the steering system. The vehicle or car that becomes the object of research is a hybrid car BED-18. The type of steering system used is the steering linkage system. The purpose of this study was to determine the turning behavior of the steering system based on the understeer index value (K_{us}), turning radius, and skid and vehicle rolling. The method applied is the road test method to determine the value of K_{us} understeer index, turning radius, and skid and rollover. Based on the results of the turning behavior of the steering system which refers to the understeer index (K_{us}), the K_{us} value is positive (+) which means the vehicle tends to understeer. Radius produced by BED 18 hybrid cars is with a 10° angle of 9.75m, a 20° angle of 5.25m, a 30° angle of 3.55m, and a BED hybrid car does not experience skid because the value of $F_c < F_g$, and does not experience rolling because of $F_c \cdot h < w \cdot t / 2$.

Keywords: *understeer index, oversteer, rolling and skid, steering, understeer*

ABSTRAK

Perilaku belok kendaraan terbagi atas kondisi: understeer, oversteer dan netral. Penelitian ini berfokus pada analisis perilaku belok sistem *steering*. Kendaraan atau mobil yang menjadi obyek penelitian adalah mobil hibrid BED-18. Jenis sistem *steering* yang digunakan yaitu sistem *steering linkage*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku belok sistem *steering* berdasarkan nilai indek *understeer* (K_{us}), radius belok, serta skid dan guling kendaraan. Metode yang diterapkan yaitu metode uji jalan untuk mengetahui nilai indek *understeer* K_{us} , radius belok, serta skid dan guling. Berdasarkan hasil perilaku belok sistem *steering* yang mengacu pada indek *understeer* (K_{us}), nilai K_{us} bernilai positif (+) yang berarti kendaraan cenderung *understeer*. Radius yang dihasilkan mobil *hybrid* BED 18 yaitu dengan sudut 10° sebesar 9,75m, sudut 20° sebesar 5,25m, sudut 30° sebesar 3,55m, serta mobil *hybrid* BED tidak mengalami skid karena nilai $F_c < F_g$, dan tidak mengalami guling karena $F_c \cdot h < w \cdot t / 2$.

Kata Kunci : *indek understeer, oversteer, rolling dan skid, steering, understeer*

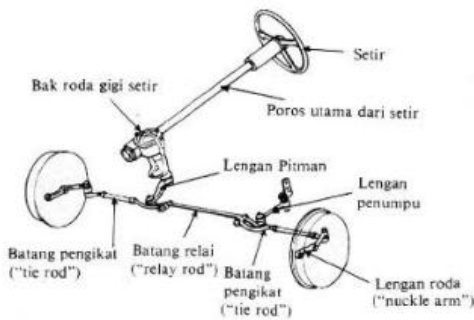
PENDAHULUAN

Perilaku belok kendaraan merupakan sesuatu yang penting dalam perancangan *steering* kendaraan karena sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan keselamatan dalam berkendara. Sistem kemudi dibuat untuk menyelesaikan 2 (dua) masalah besar. Masalah pertama adalah sinkronisasi di kedua roda depan saat kendaraan berjalan lurus. Masalah kedua adalah meminimalkan kebutuhan ruang saat kendaraan berputar [1]. Kendaraan memiliki 3 kondisi perilaku belok yaitu *understeer*, *oversteer* dan *netral* [2][3]. Penelitian ini berfokus pada analisis perilaku belok sistem *steering* kendaraan mobil hibrid BED-18. Jenis sistem *steering* yang digunakan yaitu sistem *steering linkage*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku belok sistem *steering* kendaraan berdasarkan nilai indek *understeer* (K_{us}), radius belok, serta skid dan guling kendaraan. Hasil analisis *steering* ini penting untuk bahan evaluasi dan perbaikan sehingga kendaraan dapat digunakan dengan nyaman dan aman.

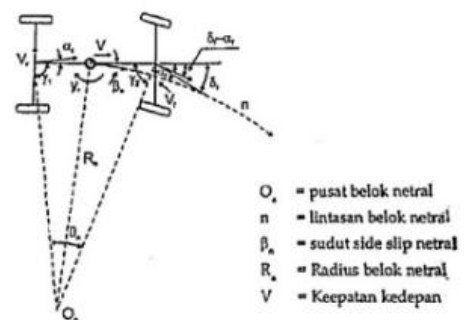
TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahun 1898, Thomas B. Jeffery dan putranya, Charles T. Jaffery, mengembangkan dua mobil eksperimental maju yang menampilkan mesin depan serta roda kemudi yang dipasang di sisi kiri. Akan tetapi baru pada tahun 1903 sebuah perusahaan pembuat mobil Ramblers, baru memakai setir hanya di mobil Ramblers model E yang merupakan mobil produksi masal. Pada tahun 1904 baru seluruh mobil keluaran Ramblers telah menggunakan setir (roda kemudi). Dalam satu decade, sistem kemudi jenis setir (roda kemudi) telah menggantikan sistem kemudi jenis tiller di mobil-mobil saat itu [4].

Sistem kemudi adalah suatu sistem pada kendaraan yang berfungsi untuk mengatur arah kendaraan sesuai dengan keinginan pengemudi. Tipe sistem kemudi pada tiap kendaraan tidak selalu sama. Pemilihan sistem kemudi tergantung dari model kendaraan, sistem suspensi, sistem pemindah tenaga berat kendaraan dan masih banyak faktor lain[5].



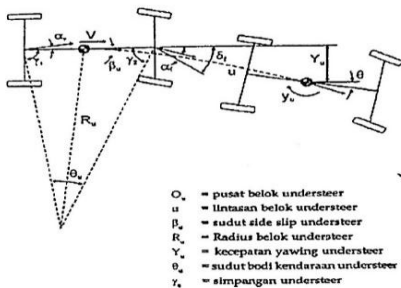
Gambar 1. Sistem Kemudi



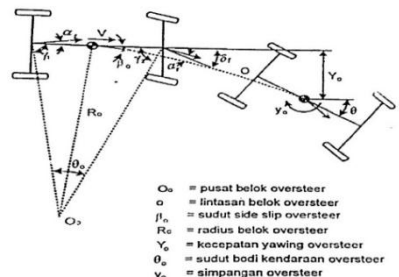
Gambar 2. Perilaku *neutral steer*

Perilaku belok kendaraan [6]

- a. **Perilaku Netral**, pada kenyataannya setiap kendaraan belok selalu terjadi gaya belok selalu terjadi gaya sentrifugal yang cukup untuk menimbulkan sudut slip roda depan (a_f) sama dengan rata – rata sudut slip roda belakang (a_r) maka kondisi dinamakan kondisi kendaraan dengan perilaku belok netral seperti pada gambar 2.
- b. **Perilaku Understeer**. perilaku understeer adalah seperti perilaku belok netral yaitu memperhitungkan pengaruh dari sudut slip rata – rata roda belakang (a_r) dan depan (a_f). Pada kondisi *understeer* sudut slip roda belakang (a_r) lebih kecil dari sudut slip roda depan (a_f) (gambar 3).
- c. **Perilaku Oversteer**, sama dengan perilaku *Understeer*, perilaku *oversteer* menunjukkan kondisi dimana pengaruh sudut slip roda depan dan belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan (gambar 4).



- O_u = pusat belok understeer
- u = lintasan belok understeer
- β_u = sudut side slip understeer
- R_u = Radius belok understeer
- V_u = kecepatan yawing understeer
- θ_u = sudut bodi kendaraan understeer
- γ_u = simpangan understeer



- O_o = pusat belok oversteer
- o = lintasan belok oversteer
- β_o = sudut side slip oversteer
- R_o = radius belok oversteer
- V_o = kecepatan yawing oversteer
- θ_o = sudut bodi kendaraan oversteer
- γ_o = simpangan oversteer

Gambar 3. Kondisi *understeer*

Gambar 4. Kondisi *oversteer*

1. Rumus mencari radius belok teoritis, $R_i = \frac{L}{\delta_f} \cdot 57,29$ (1)

2. Koefisien *Understeer* (K_{us}), $K_{us} = (a_f - a_r) \frac{V^2}{gR}$ (2)

3. Analisis skid belok datar, kendaraan akan skid jika $F_c > F_g$, dimana :

$$F_c = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R} \dots\dots\dots(3)$$

$$F_g = W \cdot \mu \dots\dots\dots(4)$$

Kondisi kritis jika $F_c = F_{g1}$

$$\frac{M \cdot V^2}{R} = \mu \cdot M \cdot g \dots\dots\dots(5)$$

Gaya normal pada roda depan dan belakang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{zf} = \frac{L_r}{L} W + \frac{F_c \times h \times \sin \beta}{L} \dots\dots\dots(6)$$

$$F_{zr} = \frac{L_f}{L} W + \frac{F_c \times h \times \sin \beta}{L} \dots\dots\dots(7)$$

Kecepatan yang diijinkan berbelok agar roda depan dan belakan tidak mengalami skid:

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{Rn \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot tr \cdot W}{tr \cdot \cos \beta - \mu \cdot h \cdot \sin \beta}} \dots\dots\dots(8)$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{Rn \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot tr \cdot W}{tr \cdot \cos \beta - \mu \cdot h \cdot \sin \beta}} \dots\dots\dots(9)$$

4. Analisa guling belok datar. Kendaraan akan guling jika $F_c \cdot h > W \cdot \frac{t}{2}$ dimana :

$$F_c \cdot h = W \cdot \frac{t}{2} \dots\dots\dots(10)$$

$$\frac{M \cdot V^2}{R} h = M \cdot g \cdot \frac{t}{2} \dots\dots\dots(11)$$

Jadi kecepatan maksimum yang diijinkan agar kendaraan tidak guling dapat dirumuskan sebagai berikut :

Kecepatan untuk roda depan

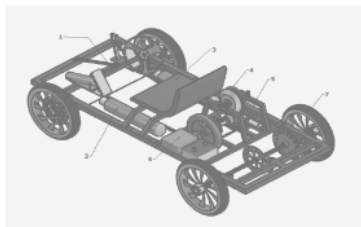
$$V_{fg} = \sqrt{\frac{Rn \cdot g \cdot t f}{2h}} \dots\dots\dots(12)$$

Kecepatan untuk roda belakang

$$V_{rg} = \sqrt{\frac{Rn \cdot g \cdot t r}{2h}} \dots\dots\dots(13)$$

METODE

Metode penelitian ini terbagi dalam tahapan-tahapan sebagai berikut: Pengukuran beberapa parameter perilaku belok dengan cara melakukan pengujian langsung mobil Hibrid BED-18 di lapangan dengan variasi kecepatan. Kemudian dilanjut pada proses analisis perilaku belok menggunakan data hasil pengukuran langkah nomor (1). Pengujian langsung riil di lapangan. Analisis teoritis perhitungan radius balok dan membandingkan dengan data di lapangan. Analisis skid dan guling untuk mengetahui batas kecepatan maksimal aman untuk belok.



keterangan Gambar :
 1. *Ball Joint* sistem kemudi
 2. Tabung udara
 3. Kursi pengemudi
 4. Motor listrik *BLDC*

Gambar 5. Mobil hibrid BED-18

HASIL DAN PEMBAHASAN

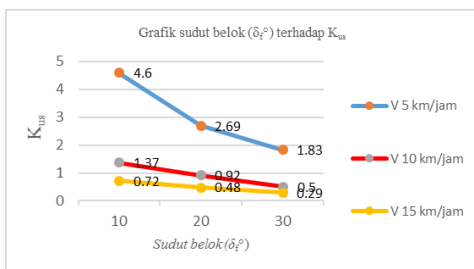
Analisa perilaku belok kendaraan

Setelah dilakukan pengujian dilapangan dan analisis perhitungan K_{us} dengan variasi sudut belok dan kecepatan mobil hibrid, diperoleh nilai K_{us} seperti pada tabel berikut ini.

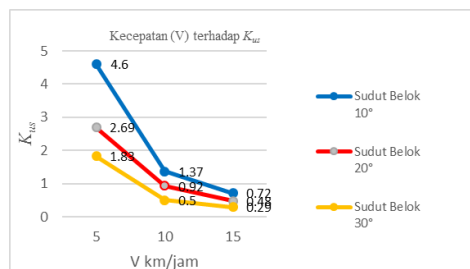
Tabel 1. Hasil perhitungan index understeer (K_{us})

δf ($^{\circ}$)	V (km/jam)	Rn (m)	K_{us}	Tanda Nilai K_{us}	Keterangan
10	5	9,75	4,6	+	<i>Understeer</i>
	10	10,6	1,37	+	<i>Understeer</i>
	15	11,55	0,72	+	<i>Understeer</i>
20	5	5,25	2,69	+	<i>Understeer</i>
	10	6,1	0,92	+	<i>Understeer</i>
	15	7,25	0,48	+	<i>Understeer</i>
30	5	3,55	1,83	+	<i>Understeer</i>
	10	3,85	0,5	+	<i>Understeer</i>
	15	4,3	0,29	+	<i>Understeer</i>

Dari tabel hasil perhitungan nilai K_{us} , nilai K_{us} yang didapat bernilai (+), maka dapat dikatakan bahwa perilaku belok kendaraan BED 18 adalah *Understeer*. Semakin besar sudut belok semakin kecil nilai K_{us} , dan semakin tinggi kecepatan belok semakin kecil nilai K_{us} .

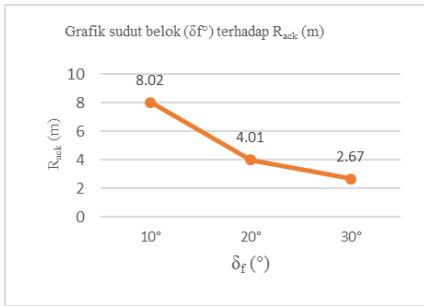


Gambar 6. Nilai K_{us} terhadap kecepatan (v)

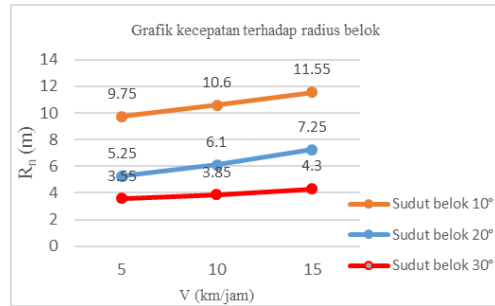


Gambar 7. Nilai K_{us} terhadap sudut belok (δf $^{\circ}$)

Analisis radius belok (R_{ack})



Gambar 8. Grafik δ_f (°) terhadap R_{ack} (m)



Gambar 9. Grafik v (kecepatan) terhadap R_{ack} (m)

Grafik 8 menunjukkan bahwa semakin besar sudut belok maka nilai radius belok semakin kecil. Grafik 9 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan belok semakin besar radius belok kendaraan, dan sebaliknya semakin rendah kecepatan belok semakin kecil radius belok kendaraan.

Analisa Skid

Tabel 2. Hasil perhitungan gaya sentrifugal dan gaya gesek mobil hybrid BED 18

δ°	V (km/jam)	F_c (N)	F_{cf} (N)	F_{cr} (N)	$\mu \cdot F_{zf}$ (N)	$\mu \cdot F_{zr}$ (N)	Skid	
							Depan	Belakang
10°	5	41,99	23,32	18,42	943,76	743,9	Tidak	Tidak
	10	142,2	79,2	62,41	946,24	746,38	Tidak	Tidak
	15	332,13	94,18	74,21	950,94	751,08	Tidak	Tidak
20°	5	77,98	42,79	33,72	946,59	746,72	Tidak	Tidak
	10	270,43	148,41	116,94	956,12	756,26	Tidak	Tidak
	15	513,2	281,64	221,93	968,16	768,29	Tidak	Tidak
30°	5	115,33	61,75	48,66	951,29	751,43	Tidak	Tidak
	10	428,48	229,42	180,79	974,55	774,7	Tidak	Tidak
	15	865,28	463,3	365,08	1007	807,13	Tidak	Tidak

Dari hasil perhitungan diatas di tunjukan disetiap variasi sudut steer dan kecepatan belok gaya kesamping mampu ditahan oleh gaya normal dari masing-masing roda sehingga tidak menyebabkan kondisi skid. Jadi mobil BED 18 tidak mengalami skid karena $F_c < F_g$, sedangkan mobil dikatakan skid jika $F_c > F_g$

Tabel 3. Perhitungan Analisa guling mobil BED 18

δ°	R_n (m)	V_{sf} (m/s)	V_{sr} (m/s)	Rata-Rata (m/s)
10°	9,75	8,8	8,9	8,9
20°	5,25	6,7	6,9	6,8
30°	3,44	5,6	5,9	5,75

Dari tabel 3 terlihat bahwa nilai V_{sf} lebih kecil dari V_{sr} , maka ini menunjukkan bahwa perilaku kendaraan cenderung understeer karena dari teori $V_{sf} < V_{sr}$ roda depan akan mengalami skid terlebih dahulu dan kendaraan berperilaku undesteer. Semakin kecil sudut belok kendaraan semakin tinggi kecepatan yang diijinkan.

Analisa Guling

Berdasarkan hasil perhitungan pada table 4 bahwa mobil BED-18 tidak mengalami guling saat belok, karena $F_{cf}.h < Wt/2$, sedangkan mobil akan guling jika $F_c.h > W \cdot \frac{t}{2}$

Tabel 4 Perhitungan Analisa guling mobil BED 18

δ°	V (km/jam)	$F_{cf}.h$ (N)	$F_{cr}.h$ (N)	W.tf/2 (N)	W.tr/2 (N)	Guling	
						Depan	Belakang
10°	5	18,65	14,73	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
	10	63,36	49,92	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
	15	73,34	59,36	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
20°	5	34,23	26,97	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
	10	118,72	93,55	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
	15	228,12	177,54	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
30°	5	49,4	38,92	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
	10	183,53	144,62	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak
	15	370,64	292,06	1158,85	1179,92	Tidak	Tidak

Tabel 5. Perhitungan kecepatan guling

δ°	Rn (m)	Vgf (m/s)	Vgr (m/s)	Rata-Rata (m/s)
10°	9,75	11,46	11,56	11,51
20°	5,25	8,4	8,5	8,45
30°	3,44	6,52	6,57	6,94

Mengacu dari tabel 5 diatas nilai Vgf lebih kecil dari Vgr, maka dapat dilihat perilaku kendaraan cenderung understeer karena dari teori $V_{gf} < V_{gr}$ roda depan akan terlebih dahulu terangkat dan kendaraan berperilaku undesteer. Semakin kecil sudut belok kendaraan semakin tinggi kecepatan yang diijinkan.

UCAPAN TERIMA-KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima-kasih sebanyak-banyaknya kepada Pengelola Puspa Agro Sidoarjo yang telah memberi ijin lahan untuk pengujian radius belok mobil Hibrid BED-18.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil Analisa perilaku belok kendaraan berdasarkan nilai indek *Understeer* (K_{us}), mobil BED 18 cenderung mengalami perilaku belok *Understeer*. Karena nilai dari $K_{us}(+)$, semakin besar sudut belok nilai K_{us} semakin kecil dan semakin tinggi kecepatan belok nilai K_{us} semakin kecil.
2. Perbandingan sudut belok stir dan sudut belok roda adalah 1:1. Dan dari hasil pengujian radius belok mobil *hybrid* BED 18 dengan variasi sudut belok dan kecepatan belok, semakin besar sudut belok semakin kecil radius beloknya dan semakin tinggi kecepatan belok semakin besar radius beloknya.
3. Dari hasil Analisa skid dan guling, mobil *hybrid* tidak mengalami skid karena $F_c < F_g$ gaya kesamping mampu ditahan oleh gaya normal dari masing-masing roda sehingga tidak menyebabkan kondisi skid. Dan mobil *hybrid* tidak mengalami guling dikarenakan $F_{cf}.h < Wt/2$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] B Setyono, D A Patriawan, A W Putra, H Irawan, and E A Zuliari, 2019,” *Design Steering System with Independet Front Wheel Drive of The Hybrid Vehicle - Air Pressure and Electrical*’, The 1st International Conference on Advanced Engineering and Technology, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 462 (2019) 012013, IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/462/1/012013.
- [2.] Kurnia, Rusuminto, Nanda priono, 2017. “Perancangan sistem kemudi manual pada mobil lidtrok”. Jurusan Teknik Mesin Otomotif, Politeknik Negri Tanah Laut.
- [3.] Sutantra, Nyoman dan Bambang Sampurno. 2010. *Teknologi Otomotif Edisi Kedua*. Surabaya: Gunawidya
- [4.] Rahardiyana, Tri Mohammad. 2016. “Analisa arah sistem kemudi kendaraan gokart dengan mesin honda supra x 110cc”, *Teknik Mesin*, Universitas Mercu Buana. Jakarta
- [5.] Aditya, Rindang. 2016. “ Perakitan sistem kemudi power steering tipe *rack and pinion* pada mobil listrik
- [6.] Kadek Rihendra Dantes, 2013. “ Karakteristik Perilaku Belok Kendaraan Tosa Hercules Ditinjau Dari Kemiringan Jalan. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha, Bali.

Halaman ini sengaja dikosongkan