

ANALISIS KINERJA SISTEM PENEREMAN PADA MOBIL HEMAT ENERGI ASYKAR URBAN GASOLINE

Al Fitra Tussalam^[1], Syafri^[2]

Laboratorium Konstruksi Dan Perancangan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia
^[1]fitraalwir@yahoo.com, ^[2]Prie.00m022@yahoo.com

ABSTRACT

Asykar Urban Gasoline is a car made by students of Riau University within the standard of Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). The car consist of multiple system to run properly such as steering system, electrical system, engine system, transmission system and braking system. This research aim to analyze the braking system, due to it's vital role and also effect the fuel consumption of the car. It is done on 2 types of roads: asphalt and concrete (dry and wet) with 3 speed variation of 25 km/h, 35 km/h, 45 km/h. The result show that the highest braking distance on wet asphalt within 45 km/h is 7.96 m theoretically and 7.5 m on field with 5.7% error. Next, braking distance with the biggest range among all data is on the wet asphalt within 35 km/h velocity and braking distance of 4.83 m theoretically and 4.3 m on field with 9.93% error. It means the amount of range in general is not really big which not exceeding 10%. Results also show the stabilization of the car tendto over steer regardless on theoretical calculation or in actual test.

Keywords: Brake, Braking Distance, Car Direction Stability

1. Pendahuluan

Jumlah kendaraan yang beroperasi di akhir tahun 2010 mencapai 76 juta dan pada tahun 2020 akan mencapai lebih dari 170 juta kendaraan. Dari data tersebut diperkirakan jumlah kendaraan total hingga tahun 2020 mencapai 18 juta mobil pribadi dan 140 juta sepeda motor [1]. Selain itu pada tahun 2019 diperkirakan bahwa cadangan energi minyak mentah Indonesia hanya dapat diproduksi atau akan habis dalam kurun waktu 10 tahun, gas selama 48,95 tahun dan batu bara selama 72 tahun [2].

Kemudian jumlah cadangan itu setara untuk bertahan selama 10 hingga 12 tahun dengan tingkat produksi yang rendah seperti saat ini di kisaran 745 ribu - 780 ribu barel per hari [2]. Kemudian hasil perhitungan ini menggunakan asumsi bahwa tidak ditemukan lagi ladang-ladang baru sebagai sumber energi fosil. Oleh sebab itu perlu di lakukan pengembangan mobil atau kendaraan yang hemat energi.

Dalam upaya penghematan penggunaan energi bahan bakar fosil, Dirjen Belmawa Ristekdikti membuat suatu kompetisi yang bernama Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Kompetisi KMHE ini diselenggarakan dengan melombakan berbagai kategori mobil hemat energi baik yang menggunakan bahan bakar fosil maupun yang menggunakan energi listrik.

Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Riau telah membentuk sebuah tim mobil hemat energi yang bernama Selembayung. Tim ini disiapkan untuk mengikuti KMHE pada kelas *urban concept* dan *prototype concept*. Mobil hemat energi yang dirancang bangun oleh tim salembayung diberi nama *Asykar Urban Gasoline* dengan perancangan mengikuti standar regulasi dari KMHE.

Pada mobil ini terdapat beberapa sistem diantaranya sistem kemudi, sistem kelistrikan, sistem *engine*, sistem transmisi, dan sistem pengereman. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap sistem pengereman, karena sistem pengereman merupakan sistem yang vital dan sistem yang juga berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar pada mobil *Asykar Urban Gasoline*.

Pada dasarnya besar gaya rem ideal yang dibutuhkan setiap mobil adalah berbeda. Begitu juga distribusi ideal gaya rem pada setiap roda untuk setiap mobil berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kondisi jalan, koefisien gesek ban dan jalan dan distribusi berat mobil di roda depan dan belakang [3].

Pemberian gaya rem yang terlalu kecil akan menyebabkan mobil tidak dapat berhenti dengan cepat sehingga jarak pengereman mobil menjadi besar. Sebaliknya pemberian gaya yang terlalu besar/tidak proporsional akan menyebabkan terjadinya "*lock*" saat mobil masih melaju di atas jalan. Apabila hal tersebut terjadi maka akan mempengaruhi kestabilan arah mobil saat melaju, baik pada jalan lurus maupun pada saat berbelok [3].

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian terkait analisis kinerja sistem pengereman pada mobil hemat energi *Asykar Urban Gasoline*. Kinerja sistem pengereman yang akan dianalisis terkait jarak pengereman minimum dan kestabilan arah mobil saat pengereman. Analisis pengereman dilakukan pada 3 variasi kecepatan mobil yaitu 25 km/jam, 35 km/jam, dan 45 km/jam dengan besar dari persentase *error* max 10% pada setiap pengujian. Kecepatan ini dipilih karena merupakan kecepatan *real* yang mampu dihasilkan oleh mobil hemat energi *Asykar Urban*

Gasoline. Selain variasi kecepatan, analisis kestabilan arah mobil hemat energi Asykar Urban *Gasoline* pada saat pengereman juga divariasikan pada berbagai jenis jalan, baik jalan aspal maupun jalan beton (basah dan kering).

2. Metodologi

Adapun tahapan dalam penelitian ini dapat dilakukan sebagai berikut :

2.1 Spesifikasi Mobil Asykar Urban *Gasoline*

Data spesifikasi mobil terkait dengan berat total (W_t) luas *frontal area* (A_f), jarak sumbu roda, dan jari – jari roda mobil (r_{roda}) akan diukur sebagai data awal yang diperlukan pada penelitian ini. Kemudian data terkait koefisien gesek kanvas rem dengan piringan cakram (μ), koefisien adhesi aspal/beton (μ_s) dan massa jenis udara (ρ) didapat melalui studi referensi. Spesifikasi mobil Asykar Urban *Gasoline* data dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mobil Asykar Urban *Gasoline*

Dimensi	
Jarak Sumbu Roda	1.52 m
Lebar	1.03 m
Tinggi	1.05 m
Berat	
Massa Total	132 kg
Massa Depan	64 kg
Massa Belakang	68 kg
Berat Total (W_t)	1294.92 N
Berat Depan (W_f)	624.84 N
Berat Belakang (W_r)	667.08 N
Berat Pengemudi (W_p)	574.79 kg
Aerodynamic	
Luas Frontal (A_f)	1.79 m ³
Massa Jenis Angin (ρ)	1.177 kg/m ³
Koefisien Drag (C_d)	0.33
Pengereman	
Jarak Pedal Rem ke Tumpuan	0.023 m
Jarak Push Rod ke Tumpuan	0.11 m
Diameter Dalam Master Silinder	0.013 m
Koefisien Gesek Pad Rem (μ)	0.5
Rem Model Cakram (Single Piston)	
Diameter Piston Kaliper	0.032 m
Diameter Rotor Disk	0.22 m
Ban (90-80-17)	
Dimater Roda	0.56 m
Lebar	0.085 m
Koefisien Adhesi Aspal (Kering) (μ)	0.75
Koefisien Adhesi Aspal (Basah) (μ)	0.58
Koefisien Adhesi Beton (Kering) (μ)	0.75
Koefisien Adhesi Beton (Basah) (μ)	0.7
Koefisien Hambatan Rolling (f_r)	0.08

2.2 Mengukur Posisi Titik Berat Mobil

Ada beberapa cara untuk mengukur posisi titik berat. Posisi titik berat mencakup titik berat terhadap poros depan (a) dan terhadap poros belakang (b), serta tinggi berat dari permukaan jalan (h) [3].

Pengukuran (a) dan (b) dilakukan dengan menimbang bagian depan dan bagian belakang

mobil pada posisi horisontal, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Jika pada saat menimbang poros depan didapat hasil penimbangan W_f dan penimbangan poros belakang didapat hasil W_r , maka berat total mobil didapat [3].

$$W_t = W_f + W_r = W \quad (1)$$

Dengan memakai hasil penimbangan tersebut dan menerapkan konsep statika maka didapat persamaan [3]:

$$a = 2 \frac{L W_r}{W_f + W_r} \quad (2)$$

$$b = 2 \frac{L W_f}{W_f + W_r} \quad (3)$$

Di mana : $a + b = L$; adalah *wheel base* yaitu jarak antara poros depan dan belakang mobil.

Setelah jarak dari pusat berat terhadap poros depan (a) dan jarak pusat berat terhadap poros belakang (b) didapat, maka kemudian dapat dicari tinggi titik pusat berat dari mobil. Untuk mencari tinggi titik pusat berat mobil, pada roda depan atau roda belakang dapat ditopang dengan timbangan dan roda yang lain didongkrak hingga membentuk sudut (θ_d). Titik pusat mobil dapat dihitung pada persamaan berikut [3].

$$h_r = \frac{[W_{f\theta}(a+b) - W.b]}{W \tan(\theta_d)} \quad (4)$$

$$h = r + h_r = r + \frac{[W_{f\theta}(a+b) - W.b]}{W \tan(\theta_d)} \quad (5)$$

2.3 Sistem Pengereman

Rem merupakan komponen yang sangat penting dalam sebuah kendaraan karena rem adalah suatu komponen untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda dalam jarak dan waktu yang memadai dengan cara terkendali dan terarah [3].

1. Pedal Rem

Pedal rem adalah komponen yang berfungsi untuk melakukan pengereman yang inputnya dilakukan oleh gerakan tekan pengemudi yang dapat dilihat pada Gambar 1 [3].



Gambar 1. Pedal Pengereman

2. Master Silinder

Master silinder berfungsi meneruskan tekanan dari pedal menjadi tekanan hidrolik minyak rem untuk menggerakkan piston rem seperti dilihat pada Gambar 2 [3].



Gambar 2. Master Silinder

3. Saluran Pengereman

Saluran pengereman berfungsi sebagai tempat fluida kerja atau yang biasa disebut minyak rem mengalir dalam sistem pengereman dapat dilihat pada Gambar 3 [3].



Gambar 3. Selang Rem

4. Kaliper Rem

Kaliper rem merupakan bagian sistem rem yang tugasnya mencengkram *disc* motor atau piringan cakram yang menyatu pada sisi roda sehingga putaran roda dapat berhenti seperti terlihat pada Gambar 4 [3].



Gambar 4. Kaliper Rem

5. Pad Rem

Pad rem adalah komponen yang bergesekan langsung dengan piringan cakram saat terjadinya pengereman. *Pad* rem terbuat dari bahan pasta seperti terlihat pada Gambar 5 [3].



Gambar 5. *Pad* Rem

2.4 Jarak Pengereman

Kinerja dari sistem pengereman sebuah mobil dapat dinilai dengan jarak yang di timbulkan dari

pengereman. Jarak pengereman dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [3].

$$S = \frac{\gamma_m \cdot W}{2_g \cdot C_{ae}} \ln \left[1 + \frac{C_{ae} \cdot V_1^2}{Fb + \mu \cdot W} \right] \quad (6)$$

Keterangan:

S = jarak pengereman (m)

γ_m = faktor equivalen massa ($\gamma_m = 1.04$)

Fb = gaya pengereman dari sistem (N)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

$C_{ae} = \rho/2 \cdot C_d \cdot A_f$

V_1 = kecepatan awal mobil (Km/Jam)

μ = koefisien adhesi jalan

W = berat total kendaraan (N)

2.5 Analisis Perilaku Kestabilan Arah Saat Pengereman Dihitung Secara Aktual Dan Teoritis

Data hasil perhitungan nilai proporsi gaya pengereman baik dihitung secara aktual dan teoritis selanjutnya disubstitusi pada persamaan berikut [3].

a. Perlambatan Roda Depan

$$\left(\frac{a}{g} \right)_f = \frac{\mu \cdot b' + Kbr \cdot L \cdot fr}{L \cdot Kbr - \mu \cdot h'} \quad (7)$$

b. Perlambatan Roda Belakang

$$\left(\frac{a}{g} \right)_r = \frac{\mu \cdot a' + Kbr \cdot L \cdot fr}{L \cdot Kbr - \mu \cdot h'} \quad (8)$$

Untuk menganalisis perilaku kestabilan arah pada saat pengereman diperlukan mengetahui perlambatan roda depan dan perlambatan roda belakang . Nilai koefisien hambatan *rolling* (fr) di ambil dari Tabel hambatan *rolling* untuk beberapa jenis ban dan kondisi jalan (studi J.J Taborek. 1957) [3].

Roda depan dan roda belakang lock apabila :

$(a/g)_f = (a/g)_r =$ Mobil cenderung netral

Roda depan akan *lock* duluan apabila :

$(a/g)_f > (a/g)_r =$ Mobil cenderung *understeer*

Roda belakang akan *lock* duluan apabila :

$(a/g)_f < (a/g)_r =$ Mobil cenderung *oversteer*

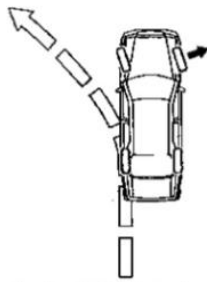
2.5.1. Perilaku Netral

Pada kenyataannya setiap kendaraan belok selalu terjadi gaya sentrifugal yang cukup untuk menimbulkan sudut *slip* pada setiap ban. Jika besar rata rata sudut *slip* roda depan (α_f) sama dengan roda belakang (α_r) maka kondisi ini dinamakan kondisi kendaraan dengan perilaku belok netral. Pada kondisi ini besar radius belok (R_n) kendaraan hanya dipengaruhi oleh sudut belok roda depan, namun lintasan kendaraan dipengaruhi oleh sudut

roda depan (α_f) dan sudut *slip* roda depan serta belakang (α_r) [4,5].

2.5.2. Perilaku *Understeer*

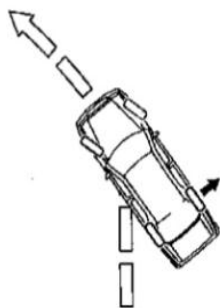
Perilaku *Understeer* adalah seperti perilaku belok netral yaitu memperhitungkan pengaruh dari sudut *slip* rata rata roda belakang (α_r) dan roda depan (α_f). Pada kondisi *understeer* sudut *slip* roda belakang (α_r) lebih kecil dari sudut *slip* roda depan (α_f). Kendaraan *understeer* adalah kendaraan yang sulit untuk berbelok sehingga memerlukan sudut belok (δ_f) yang lebih besar untuk belokan tertentu [4,5]. Berikut perilaku *understeer* pada gambar 6 [6,7].



Gambar 6. Perilaku *Understeer*

2.5.3. Perilaku *Oversteer*

Sama dengan perilaku *understeer*, perilaku *oversteer* menunjukkan kondisi dimana pengaruh sudut *slip* roda depan dan belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan. Pada kendaraan yang mempunyai perilaku *oversteer* pengaruh sudut *slip* mengakibatkan kendaraan sangat responsif pada waktu belok, atau dapat berbelok lebih besar dari yang diharapkan. Kendaraan *oversteer* sering lebih sulit dikendalikan oleh pengemudi normal [4,5]. Berikut perilaku *oversteer* pada gambar 7 [6,7].



Gambar 7. Perilaku *Oversteer*

3. Hasil

3.1 Hasil Perhitungan Jarak Pengereman Dengan Variasi Kecepatan Dan Jenis Jalan Dihitung Secara Teoritis

Pada tabel 2-5 berikut ditampilkan hasil perhitungan jarak pengereman pada mobil Asykar Urban *Gasoline* untuk semua jenis jalan dan

kecepatan dihitung secara teoritis menggunakan persamaan 6.

Tabel 2. Hasil jarak pengereman pada jenis jalan aspal kering

No	Jenis Jalan	Kecepatan (Km/Jam)	Jarak Pengereman (m)
1	Aspal Kering	25 Km/Jam	2.12 m
		35 Km/Jam	4.15 m
		45 Km/Jam	6.84 m

Tabel 3. Hasil jarak pengereman pada jenis jalan aspal basah

No	Jenis Jalan	Kecepatan (Km/Jam)	Jarak Pengereman (m)
1	Aspal Basah	25 Km/Jam	2.47 m
		35 Km/Jam	4.83 m
		45 Km/Jam	7.96 m

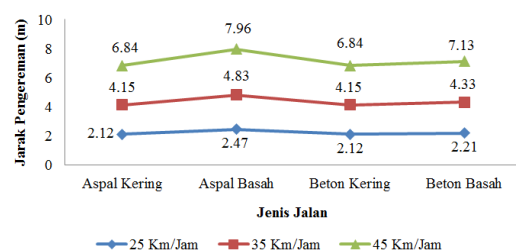
Tabel 4. Hasil jarak pengereman pada jenis jalan beton kering

No	Jenis Jalan	Kecepatan (Km/Jam)	Jarak Pengereman (m)
1	Beton Kering	25 Km/Jam	2.12 m
		35 Km/Jam	4.15 m
		45 Km/Jam	6.84 m

Tabel 5. Hasil jarak pengereman pada jenis jalan beton basah

No	Jenis Jalan	Kecepatan (Km/Jam)	Jarak Pengereman (m)
1	Beton Basah	25 Km/Jam	2.21 m
		35 Km/Jam	4.33 m
		45 Km/Jam	7.13 m

Berikut data grafik dari perhitungan jarak pengereman yang dihitung secara teoritis.



Gambar 8. Grafik Jarak Pengereman VS Jenis Jalan (Teoritis)

Berdasarkan data hasil perhitungan teoritis yang terdapat pada grafik gambar 8 maka dapat dilihat pada jalan jenis aspal basah menunjukkan

jarak pengereman paling besar yaitu 2.47 m pada kecepatan 25 km/jam, 4.83 m pada kecepatan 35 km/jam, dan 7.96 m pada kecepatan 45 km/jam. Sedangkan jarak pengereman paling kecil terdapat pada jalan jenis aspal kering dan beton kering. Keduanya memiliki jarak pengereman yang sama, yaitu 2.12 m pada kecepatan 25 km/jam, 4.15 m pada kecepatan 35 km/jam, dan 6.84 m pada kecepatan 45 km/jam. Dari hasil perhitungan ini, kecepatan kendaraan juga sangat berpengaruh terhadap hasil jarak pengereman yang dihasilkan pada kendaraan tersebut pada semua jenis jalan.

3.2 Analisa Perilaku Kestabilan Arah Kendaraan Pada Saat Pengereman

Dari hasil perhitungan kestabilan arah saat pengereman secara aktual dan secara teoritis diperoleh nilai yang di tampilkan pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. Perilaku kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman secara Teoritis

Perlambatan Roda	Aspal Kering	Perilaku Arah	Aspal Basah	Perilaku Arah
(a/g)f	0.89	<i>Oversteer</i>	0.64	<i>Oversteer</i>
(a/g)r	-1.1		-1.17	
Perlambatan Roda	Beton Kering	Perilaku Arah	Beton Basah	Perilaku Arah
(a/g)f	0.89	<i>Oversteer</i>	0.81	<i>Oversteer</i>
(a/g)r	-1.1		-1.1	

Tabel 7. Perilaku kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman secara Aktual

Perlambatan Roda	Aspal Kering	Perilaku Arah	Aspal Basah	Perilaku Arah
(a/g)f	2	<i>Oversteer</i>	1.3	<i>Oversteer</i>
(a/g)r	1.2		0.8	
Perlambatan Roda	Beton Kering	Perilaku Arah	Beton Basah	Perilaku Arah
(a/g)f	2	<i>Oversteer</i>	1.8	<i>Oversteer</i>
(a/g)r	1.2		1.1	

Dari tabel diatas dapat dilihat perilaku kestabilan arah kendaraan saat pengereman menurut aktual dan teoritis. Untuk kestabilan arah saat pengereman aktual dan teoritis, perilaku arah mobil Asykar Urban *Gasoline* cenderung *Oversteer*, ini dikarenakan (a/g)r atau perlambatan roda belakang lebih kecil dari (a/g)f atau perlambatan roda depan. Kemudian hasil analisa perilaku yang sama antara kestabilan arah saat pengereman menurut aktual maupun teoritis merupakan kondisi yang baik. Selain itu ada banyak faktor yang mempengaruhi perilaku arah kendaraan diantaranya cara mengemudi yang salah saat masuk ke jalan yang berbelok.

Pengaruh *lock* yang terjadi pada roda saat melakukan pengereman juga termasuk salah satu hal yang mempengaruhi perilaku arah kendaraan.

Faktor lain juga yang mempengaruhi kestabilan arah adalah posisi CG (*center of gravity*) yang terdapat pada mobil Asykar Urban *Gasoline*.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis pengereman pada mobil Asykar Urban *Gasoline* maka didapat kesimpulan :

1. Performa pengereman pada mobil Asykar Urban *Gasoline* optimal, karena besar % *error* antara data teoritis dan data aktual < 10 %.
2. Dari hasil perhitungan kinerja sistem pengereman, perilaku kestabilan arah mobil Asykar Urban *Gasoline* menunjukkan kondisi *oversteer*, ini disebabkan (a/g)r atau perlambatan roda belakang lebih kecil dari (a/g)f atau perlambatan roda depan, kemudian oleh posisi beban yang terdapat pada mobil Asykar Urban *Gasoline* dan juga pengaruh dari bagaimana *driver* mengemudikan mobil tersebut.
3. Jarak pengereman minimum pada mobil Asykar Urban *Gasoline* berdasarkan variasi kecepatan dengan jenis aspal kering, aspal basah, beton kering, dan beton basah memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Jarak paling minimum terdapat pada jalan jenis beton kering dengan besar jarak pengereman 6.18 m pada kecepatan 45 km/jam secara aktual dan 6.84 m pada kecepatan 45 km/jam secara teoritis. Kemudian jarak pengereman paling besar terdapat pada jalan jenis aspal basah dengan besar jarak pengereman 7.5 m pada kecepatan 45 km/jam secara aktual dan 7.96 m pada kecepatan 45 km/jam secara teoritis.
4. Faktor yang berpengaruh terhadap jarak pengereman pada mobil Asykar Urban *Gasoline* adalah kecepatan, berat pengemudi, dan jenis jalan. Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka jarak pengereman yang dihasilkan semakin besar, kemudian semakin kecil koefisien adhesi jalan maka jarak pengereman semakin besar, dan semakin besar koefisien adhesi jalan maka jarak pengereman yang dihasilkan semakin kecil.

Daftar pustaka

- [1] <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2019
- [2] <http://www.reforminer.com/>. Diakses pada tanggal 10 Agustus 2019
- [3] Sutantra I Nyoman & Sampurno B. 2010. Teknologi Otomotif Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya
- [4] Hafid, Dadang. 2016. Gaya Tekan Terhadap Disk Rotor Pada Kendaraan Mini Buggy. Konversi Energi Dan Manufaktur. UNJ. Jakarta
- [5] Habibi Muhammad, Guntur Laksana. 2015. Perancangan Alat Uji Sistem Rem *Dan Detail*

- Drawing* Komponen Rem Mobil Multiguna
Pedesaan. Teknik Mesin ITS. Surabaya
- [6] Hidayatullah, Taufiq. Analisis Sudut Belok
Roda Belakang Sebagai Fungsi Sudut Belok
Roda Depan dan Kecepatan pada Mobil Mini
4 WS. Teknik Mesin ITS.Surabaya
- [7] Meytriyano, Denis. 2018. Analisa Kinerja
Sistem Pengereman Pada Mobil Hemat Energi
Bono Kampar. Teknik Mesin.Universitas
Riau