

# Perancangan Sistem Kemudi, Sistem Rem, Dan Roda *Urban City Car* Untuk Kompetisi *Urbanconcept Shell Eco-Marathon*.

Agustinus Herdianto

Jurusan Teknik Mesin Program Otomotif Universitas Kristen Petra  
Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia

## ABSTRAK

*Kendaraan bermotor sering digunakan untuk alat transportasi sehari-hari maupun sebagai alat usaha. Banyaknya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia menyebabkan timbulnya polusi udara yang berlebih. Polusi udara dari kendaraan bermotor dapat menyebabkan efek rumah kaca pada dunia ini. Harga BBM ( Bahan Bakar Minyak ) pun juga menjadi kendala di saat harga sedang melambung tinggi, bahkan ketika ketersediaan BBM terbatas. Berdasarkan permasalahan dan kebutuhan yang telah dipaparkan, Shell Eco Marathon membuat ajang perlombaan untuk menciptakan kendaraan hemat energi, yang tujuannya mengurangi penggunaan BBM yang berlebihan. Oleh sebab itu diciptakanlah Kendaraan Urban City Car Untuk Shell Eco Marathon yang bertujuan mendukung pengurangan penggunaan bahan bakar yang berlebihan. Dalam pembuatan Kendaraan Urban City Car Untuk Shell Eco Marathon ini dibutuhkan sistem kemudi, sistem rem, dan roda yang handal, mudah dalam perawatan dan mudah untuk mencari spare partnya. Oleh sebab itu penulis akan membahas perencanaan dan pembuatannya. Penulis akan membahas material, sambungan, dan spare part apa saja yang akan digunakan. Sehingga menghasilkan kendaraan yang baik.*

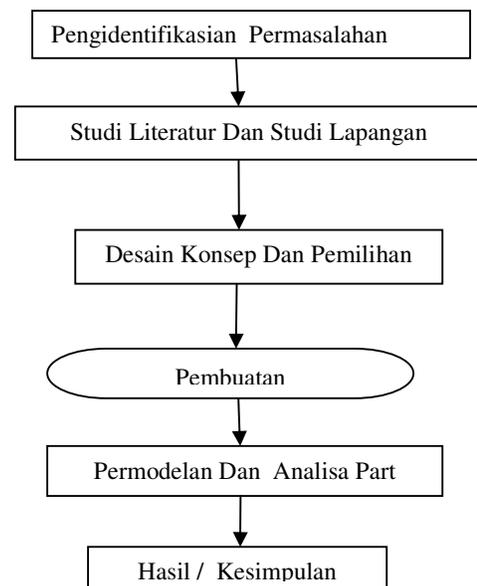
## Pendahuluan

Shell Eco Marathon (SEM) adalah sebuah ajang kompetisi hemat BBM internasional untuk mahasiswa. Pada lomba ini setiap tim mahasiswa harus membangun kendaraan yang mampu menempuh jarak terjauh dengan satu liter bahan bakar minyak. SEM dimulai tahun 1939 di Amerika Serikat oleh Laboratorium Riset Shell sebagai sebuah pertandingan kendaraan paling irit antar peneliti pada laboratorium tersebut. Dalam bentuknya yang sekarang, SEM dimulai pada tahun 1985 di Prancis. Pada tahun 2007, SEM mulai diselenggarakan di benua Amerika and tahun 2010 di benua Asia. Ajang SEM, selain digunakan untuk mempromosikan perusahaan minyak Shell sendiri juga bermanfaat untuk menggali kreativitas dan potensi mahasiswa dalam peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar untuk kendaraan bermotor dan mempromosikan kepedulian terhadap pelestarian lingkungan hidup di dunia pendidikan tinggi. Untuk penghematan bahan bakar adalah meminimalkan berat kendaraan, tahanan gelinding roda, dan gesekan mekanis. Oleh sebab itu diciptakanlah sebuah rancangan chassis kendaraan dengan konsep *urban* yang nantinya dalam perhitungan akan memiliki berat kendaraan yang diminimalisir dan desain yang lebih dinamis untuk membantu kendaraan agar mempengaruhi kecepatan kendaraan dalam bergerak. Untuk mengetahui sistem kemudi dalam kendaraan ini digunakan sistem kemudi ackerman, kemudian sistem rem menggunakan sistem disk brake di keempat roda, dan ukuran roda dan ukuran velg disesuaikan dengan baik. Dalam pemilihan part-part yang akan dipergunakan tersebut akan disesuaikan dengan batasan-

batasan yang sudah ditentukan dalam regulasi untuk konsep pembuatan *urban city car* di dalam naungan *shell* sebagai penyelenggara *eco marathon* ini

## Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini menggunakan susunan berpikir seperti susunan di bawah ini :



Gambar 1. Flow Chart

## Hasil dan Pembahasan

### Proses Desain

Dalam pembuatan chassis kendaraan untuk shell eco marathon ini, akan direncanakan dengan mengikuti ketentuan lomba yang telah diberikan. Berikut adalah ketentuan lomba yang diberikan :

1. Radius putar harus kurang dari 6m.
2. Sistem elektrik dan joystick tidak diijinkan.
3. Ukuran tapak ban harus 80mm.
4. Rims 13-17inch diameter.
5. Dilengkapi dengan 4 disk hidrolik sistem, dengan pedal rem.
6. Rem menggunakan sistem X (ban kiri depan dihubungkan dengan ban kanan belakang dan ban kanan depan dihubungkan dengan ban belakang kiri).
7. Satu master yang digunakan 2 piston atau dua master dengan masing-masing 1 piston.

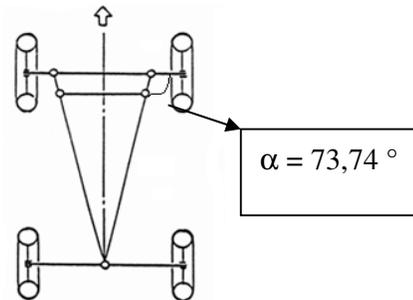
### Sistem Kemudi Pada Kendaraan

Berdasarkan regulasi yang telah ditentukan diatas, penulis merencanakan sistem kemudi. Berikut adalah ketentuan –ketentuan yang harus dimiliki kemudi:

- 1) Dapat digunakan sebagai pengendali arah kendaraan untuk segala kondisi segala jenis belokan dan dalam segala kecepatan.
- 2) Dapat menjamin serta menjaga kestabilan kendaraan pada segala jenis gerakan belok dan dalam segala kecepatan.
- 3) Tidak membutuhkan tenaga yang besar dari pengemudi untuk menggerakkan dan mengendalikan arah roda kemudi.

Tidak membahayakan pengemudi jika terjadi kecelakaan pada kendaraan. Pada pembahasan handling ditujukan sebagai pengantar kaji handling kendaraan, sehingga kendaraan dimodelkan sebagai benda kaku dimana pengaruh suspensi diabaikan. Model yang dibahas bertujuan untuk menunjukkan pengaruh dari sifat –sifat ban, letak pusat massa, kecepatan laju kendaraan, dan mengarah pada

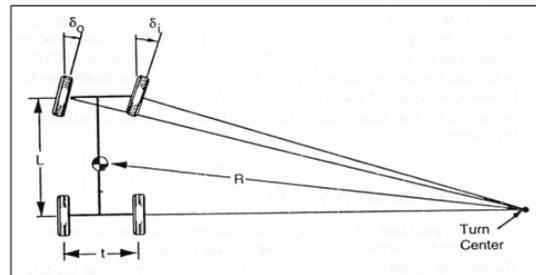
kesimpulan praktis yang penting pada stabilitas arah dan kontrol.



Sudut yang diperlukan untuk belok adalah  $\alpha = 73,74^\circ$ , Oleh karena itu panjang poros roda depan harus memiliki panjang 4,152cm.

### Sudut Belok

Sudut belok adalah gerakan kritis yang menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan. Sudut belok harus dihitung agar dapat mengetahui seberapa besar ban mampu berbelok.



Gambar 2. Sudut Belok

Untuk menghitung sudut belok menggunakan rumus :

$$\delta_o = \tan^{-1} \frac{L}{\left(R + \frac{t}{2}\right)} \quad \delta_i = \tan^{-1} \frac{L}{\left(R - \frac{t}{2}\right)}$$

Dimana :  $L = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$

$R = 6 \text{ m}$  ( radius sudut belok batas maksimum 6 m )

$t = 90 \text{ cm} = 0,09 \text{ m}$

Sudut belok maksimal dari kendaraan  $45^\circ$

$$\begin{aligned} \delta_o &= \tan^{-1} \frac{L}{\left(R + \frac{t}{2}\right)} \\ &= \tan^{-1} \frac{1,5}{\left(6 + \frac{0,09}{2}\right)} = 13,94^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_i &= \tan^{-1} \frac{L}{\left(R - \frac{t}{2}\right)} \\ &= \tan^{-1} \frac{1,5}{\left(6 - \frac{0,09}{2}\right)} = 14,13^\circ \end{aligned}$$

### Gaya Traksi Kendaraan

Dalam menentukan gaya traksi maksimum oleh tumpuan ban dengan jalan dapat ditentukan dari koefisien adhesi jalan dan parameter berat kendaraan.

**Tabel 1.** Koefisien Adhesi Jalan

Surface	Peak Value	Sliding Value ( $\mu$ )
Asphalt and Concrete ( dry )	0,8 – 0,9	0,75
Asphalt ( wet )	0,5 – 0,7	0,45 – 0,6
Concrete ( wet )	0,8	0,7
Gravel	0,6	0,55
Earth Road ( dry )	0,68	0,65
Earth Road ( wet )	0,55	0,4 – 0,5
Snow ( hard – packed )	0,2	0,15
Ice	0,1	0,07

**Tabel 2.** Tahanan Rolling

Jenis Jalan	$f$ ( nilai rata – rata )
Asphalt hotmix dan beton cor	Kondisi bagus 0,014 – 0,018 Kondisi halus 0,018 – 0,020
Jalan paving blok	0,023 – 0,030
Jalan berbatu	0,020 – 0,025
Jalan tanah	kering 0,025 – 0,035 becek 0,050 – 0,15
Jalan berpasir	0,10 – 0,30
Jalan bersalju	0,07 – 0,10

Dimana :  $g$  = Gaya gravitasi ( 9,81 )

$W$  = Massa total kendaraan ( 230 kg )

$F_x$  = Gaya traksi kendaraan

$\mu$  = Koefisien adhesi jalan

$f_r$  = Tahanan rolling

$$F_{x \text{ maks}} = \frac{\mu \cdot W \cdot (L_f - f_r \cdot H) / L}{1 - \frac{\mu \cdot H}{L}} ; \text{ ( diambil } \mu = 0,75 \text{ dan}$$

$$f_r = 0,014 )$$

$$= \frac{0,75 \cdot 230 \cdot 9,81 ( 0,13 - 0,014 \cdot 3,83 \times 10^{-3} ) / L}{1 - \frac{0,75 \cdot 3,83 \times 10^{-3}}{L}}$$

$$= \frac{159,223 ( 0,129 ) / 1,5}{0,99}$$

$$= \frac{145,5311}{0,99}$$

$$= 147 \text{ N}$$

### Analisa Perancangan Rem

Persamaan umum untuk sistem pengereman menurut Hukum Newton II untuk sumbu x. Persamaannya dapat dilihat di bawah ini :

$$\sum F = m \cdot a$$

$$F_{rem} - F_x = m \cdot a$$

$$F_{rem} = F_x + m \cdot a$$

$$V = V_0 - a \cdot t$$

Dimana :

$a$  = Perlambatan linier (  $m/s^2$  )

$V_0$  = Kecepatan awal (  $m/s$  )

$V$  = Kecepatan akhir (  $m/s$  )

$t$  = Waktu perlambatan (  $s$  )

$F_{rem}$  = Gaya pengereman (  $N$  )

Sehingga jika  $V_0 = 40 \text{ km/jam} = 11,11 \text{ m/s}$

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 4 \text{ s}$$

$$V = V_0 - a \cdot t$$

$$a = \frac{11,11 - 0}{4}$$

$$a = 2,777 \text{ m/s}^2$$

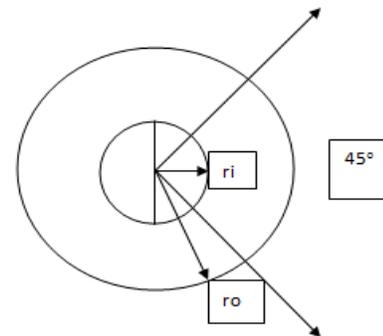
$$F_{rem} = F_x + m \cdot a$$

$$= 147 + 230 \cdot 2,777$$

$$= 785,71 \text{ N}$$

### Perhitungan Rem cakram

Untuk menentukan besar torsi dan gaya normal rem cakram, dapat dipergunakan persamaan-persamaan berikut ini :



**Gambar 3.** Disk Brake

Dimana :

$\mu$  = Koefisien gesek rem ( 0,14 - 0,27 )

$r_o$  = Jari – jari luar ( 10,7 cm )

$r_i$  = Jari – jari dalam ( 7,9 cm )

$T$  = Torsi

$F_n$  = Gaya normal ( 100 N )

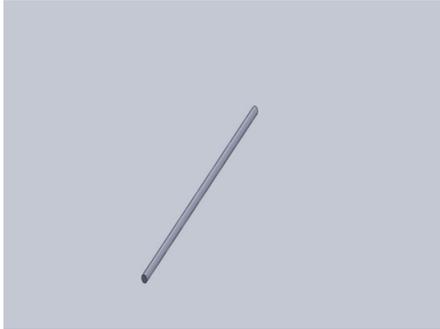
$$T = \frac{1}{2} \mu (r_o + r_i) F_n$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot 0,27 \cdot (10,7 + 7,9) \cdot 100$$

$$= 0,135 \cdot (18,6) \cdot 100$$

$$= 251,1 \text{ Nm}$$

### Perhitungan Poros As Roda Belakang



Gambar 4. Poros As Roda Belakang

Pada poros belakang roda menggunakan material AISI 1045 diameter 25mm dengan spesifikasi sebagai berikut : (sumber : Sularso, (1997, page 82)

Density : 0,284 lb/in<sup>2</sup>

Modulus of elasticity : 200 Gpa

Ultimate tensile strength : 565 Mpa

Yield strength : 310 Mpa

Yield stress : 0,7

Shear stress : 0,58 X UTS (ultimate Tensile Strength)

Beban = 64 kg x 9,81 = 627,84 N

$\square = 0,58 \times 565 \text{ Mpa} = 327,7 \text{ Mpa}$

Angka keamanan (N) = 5, karena bahan yang direncanakan mengalami beban dinamis.

$$d^2 = \frac{F \cdot L \cdot N}{\pi \cdot \tau}$$

$$= \frac{627,84 \cdot 4 \cdot 5}{327,8 \cdot \pi}$$

$$= \frac{12556,8}{1028,978}$$

$$= 12,20317 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{12,20317}$$

$$= 3,4933 \text{ mm}$$

### Analisa Bantalan Roda Depan



Gambar 5. Bantalan Kode Nomor 6202

Bantalan yang dipakai adalah bantalan gelinding dengan kode nomor 6202.

Data tentang bantalan tersebut :

Dimensi bantalan : ( Elemen Mesin Sularso )

d = 15 ( mm )

D = 35 ( mm )

b = 11 ( mm )

C = 600 ( kg )

Jari – jari roda depan, R = 230 mm = 0,23 m

Koefisien gesek antara ban dengan jalan,  $\mu_s = 0,75$

Untuk bantalan 6202 didapat P = 41,96 N

Kondisi kerja :

Kecepatan kendaraan : 40 km/jam = 11,11 m/s

Putaran roda, n didapat dari :

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{60}$$

$$n = \frac{V \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$n = \frac{11,11 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,23}$$

n = 307,671 ( rpm )

Umur dari bantalan :

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^{10/3}$$

$$L = \left( \frac{600}{41,96} \right)^{10/3}$$

L = 7033,44 ( juta putaran )

### Analisa Bantalan Roda Belakang

Bantalan yang dipakai adalah *pillow blok* dengan nomor UCP 205 16.

Data tentang bantalan yang digunakan :



Gambar 6. Bantalan Kode Nomor UCP 205

Dimensi bantalan: ( Elemen Mesin Sularso )

d = 25 ( mm )

D = 34,1 ( mm )

b = 14,3 ( mm )

C = 1550 ( kg )

Jari – jari roda belakang, R = 230 mm = 0,23 m

Koefisien gesek antara ban dengan jalan,  $\mu_s = 0,75$

Untuk bantalan UCP 205 didapat P = 72,128 N

Kondisi kerja :

Kecepatan kendaraan : 40 km/jam = 11,11 m/s

Putaran roda, n didapat dari :

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{60}$$

$$n = \frac{V \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$n = \frac{11,11 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,23}$$

$$n = 307,671 \text{ (rpm)}$$

Umur dari bantalan :

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^{10/3}$$

$$L = \left( \frac{1550}{72,128} \right)^{10/3}$$

$$L = 27590,48 \text{ (juta putaran)}$$

### Proses Pemilihan Ban dan Velg

Ban adalah peranti yang menutupi velg suatu roda. Ban adalah bagian penting dari kendaraan darat, dan digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan ketidakteraturan permukaan jalan, melindungi roda dari aus dan kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan.

Sebagian besar ban yang ada sekarang, terutama yang digunakan untuk kendaraan bermotor, diproduksi dari karet sintetik, walaupun dapat juga digunakan dari bahan lain seperti baja.

**Tabel 3.** Perbandingan Ban

Ban Tube	Ban tanpa tube
Tahan benturan	Lebih besar gripnya
Harga lebih terjangkau, bisa dipakai di velg ruji dan velg balok	Cepat rusak jika sering melewati jalan tidak rata dan harus menggunakan velg balok

### Velg

Velg atau rim adalah lingkaran luar desain logam yang tepi bagian dalam dari ban sudah terpasang pada kendaraan seperti mobil. Sebagai contoh, pada roda sepeda di tepi lingkaran yang besar menempel pada ujung luar dari jari-jari roda yang memegang ban dan tabung.

**Tabel 4.** Perbandingan Velg

Velg Ruji	Velg Balok
Ringan	Berat
Lebih kuat	Bisa pake ban tubeless
Bisa di setel ruji nya	Butuh perlakuan khusus
Lentur	Bebas perawatan



**Gambar 7.** Perbandingan Velg

### Pemilihan Jenis Rem

Sistem rem merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan kendaraan, menghentikan kendaraan yang sedang melaju, dan juga menjaga agar kendaraan tetap berhenti.

**Tabel 5.** Perbandingan Rem

Rem Cakram	Tromol
Lebih pakem	Kurang pakem
Pendinginan lebih baik	Gampang panas karena tertutup
Sistemnya terbuka	Sistemnya tertutup



**Gambar 8.** Rem Cakram Dan Tromol

Proses :

1. Sistem Kemudi

Langkah awal yang dilakukan adalah pengelasan pada spindle arm yang ukurannya telah disesuaikan. Setelah komponen spindle arm jadi kemudian dilakukan pengelasan ke

rangka, lalu penulis menentukan sudut beloknya untuk mendapatkan sudut belok yang diinginkan, kemudian dilakukan assembly pada tie rod untuk menghubungkan roda kiri dan roda kanan. Terakhir disambungkan ke steering column agar dapat dikemudiakan oleh pengemudi.

## 2. Sistem rem

Dalam proses pemilihan rem yang dipergunakan adalah rem cakram, kemudian mulai assembly pada kaliper rem, penempatan master rem, dan pengelasan pedal rem. Sistem rem menggunakan model "X" (penghubungan antara rem depan kiri dengan rem belakang kanan ke 1 master lalu antara rem depan kanan dengan rem belakang kiri ke 1 master)

## 3. Roda

Pemilihan velg menggunakan velg jari-jari ukuran 17inch karena mudah didapatkan dipasaran. Proses assembly jari-jari, tromol, dan ban (ukuran 275x17 dengan tapak ban 80mm) ke velg.

## KESIMPULAN

Dari perancangan yang dilakukan, maka didapatkan sistim kemudi dengan menggunakan pipa diameter 13 mm. Sedangkan untuk rem, menggunakan disk brake dengan 2 piston. 2 Master rem dibagi ke empat roda. Untuk roda, menggunakan ukuran Standard Nasional Indonesia (SNI) yaitu ban berukuran 250x17 dan velg berukuran 140x17inch.

## Daftar Pustaka

- I Nyoman Sutantra, Ir. MSc. PhD. 2001. *Teknologi Otomotif Teori Dan Aplikasinya*, Penerbit Guna Widya, Cetakan Pertama.
- Sularso. MSME. Ir, Kiyokatsu Suga. 1997. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Thomas D. Gilispie, *Fundamentals Of Vehicle Dynamic, Society Of Otomotif Engineers Inc*, Warrendale, 1994.
- Shigley Joseph E. Larry D. Mitchell. 1991. *Perencanaan Teknik Mesin*. Erlangga: Jakarta.
- Smith, W. F. (1993). *Foundations of Materials Science and Engineering, Third Edition*. McGraw-Hill Publishing.

Beer, F . P . and Johnston, Jr, R. (1987). *Mechanics for Engineers: Statics and Dynamics, Fourth Edition*. : McGraw-Hill Publishing.