

## PEMODELAN KENDARAAN KONTES MOBIL HEMAT ENERGI 2021 BERDASARKAN PREDIKSI KONSUMSI BAHAN BAKAR

**Zukhruf Ilyas Hadi Rois, Muhammad Dzulfikar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

\*Email : [Zukhrufilyass2002@gmail.com](mailto:Zukhrufilyass2002@gmail.com)

### Abstrak

*Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) merupakan suatu perlombaan di tingkat perguruan tinggi yang bertujuan untuk mewadahi kreativitas mahasiswa Indonesia untuk berperan aktif dalam menjaga kesinambungan energi melalui konsep kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan. Setiap tim harus mengahdirkan kendaraan berdesain unik yang ditargetkan untuk dikendarai dengan jarak ekstrem menggunakan 100 ml bahan bakar untuk menempuh jarak sejauh 10 lap dengan bentuk sirkuit persegi panjang yang mempunyai permukaan datar. Riset ini bertujuan untuk ajang pengaplikasian mata kuliah sehari – hari dari ilmu Teknik Mesin. Model dibangun berdasarkan data kendaraan dan spesifikasi komponen kendaraan. Untuk model kendaraan seperti gaya aerodinamika, gaya hambatan gelinding, gaya dan daya traksi dan gaya inersia adalah dikumpulkan. Kemudian, untuk pemodelan rantai penggerak seperti rasio transmisi, torsi mesin, torsi aktual, gaya mesin dan daya mesin juga dikumpulkan. Untuk konsumsi bahan bakar seperti massa jenis bahan bakar, total massa bahan bakar yang dibutuhkan, spesifikasi bahan bakar juga dikumpulkan. Lebih banyak kecepatan yang dihasilkan oleh mesin maka akan menghasilkan lebih banyak hambatan dinamika kendaraan. Perhitungan dilakukan dengan memperkecil gaya gesek roda terhadap permukaan lintasan, memperkecil beban kerja mesin juga sistem transmisi yang sesuai. Akurasi jarak mengacu berdasarkan regulasi Kontes Mobil Hemat Energi 2021. Prediksi konsumsi bahan bakar pada mobil lintang samudra yang diharapkan sebesar 250 km/l atau 40 ml per 10 km dengan nilai specific Fuel consumption sebesar 0,113 kg/W.s.*

**Kata kunci :** *Kontes Mobil Hemat Energi, model kendaraan, konsumsi bahan bakar*

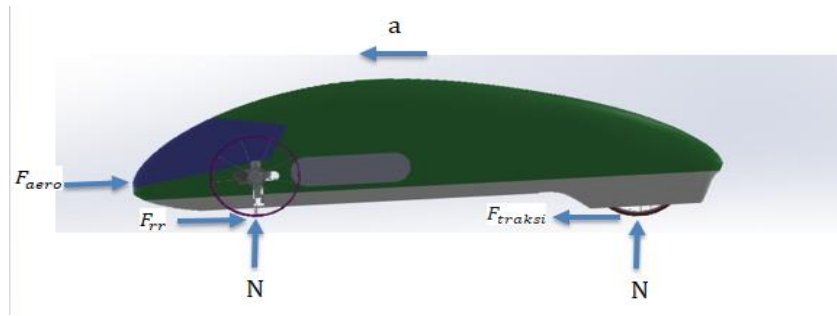
## 1. PENDAHULUAN

Setiap tahun, mahasiswa dari seluruh instansi di Indonesia bersaing untuk menunjukkan hasil desain kendaraan di ajang kompetisi Kontes Mobil Hemat Energi untuk mendapatkan bahan bakar hemat energi pada 100 ml bahan bakar. Tim ASWAJA UNWAHAS telah berpartisipasi dalam Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) sejak tahun 2018, Tim mengalami perkembangan setiap tahunnya sampai di tahun 2021 ini Tim ASWAJA UNWAHAS sudah dua kali lolos tahap laporan desain kendaraan pada tahun 2019 dan 2021 pada kategori *Prototype*. Kategori *Prototype* adalah sebuah skema rancangan sistem yang membentuk model dan standar ukuran atau skalabilitas yang akan dikerjakan. Bentuk *prototype* ini merupakan sebuah kendaraan futuristik yang menggunakan tiga roda (dua didepan dan satu di belakang sebagai penggerak). Kendaraan ini dirancang seefisien mungkin yang bertujuan agar lebih menghemat penggunaan bahan bakar saat kendaraan ini beroperasi. Untuk menciptakan suatu *prototype* yang efisien dalam penggunaan bahan bakar maka perlu diperhatikan dari aspek *aerodynamic* kendaraan, *rolling resistance*, pemilihan material yang akan digunakan dan beberapa aspek lain yang tidak kalah penting.

## 2. PEMODELAN KENDARAAN

Spesifikasi regulasi merupakan dasar acuan dalam mendesain. Regulasi ini berdasarkan regulasi teknis pada lomba Kontes Mobil Hemat Energi 2021. Kategori jenis kendaraan adalah *Prototype* dengan bahan bakar *gasoline*. Mengenai regulasi pada pemodelan kendaraan kelas *Prototype* meliputi gaya aerodinamika ( $F_{aero}$ ), gaya inersia ( $F_a$ ), gaya hambatan gelinding ( $F_{rr}$ ), gaya gravitasi ( $F_{grad}$ ), gaya traksi ( $F_{trac}$ ) dan daya traksi ( $P_{trac}$ ). Penggunaan *gasoline* dan dilakukannya penyesuaian kompresi dari mesin dan sistem transmisi, juga dilakukannya modifikasi pada rangka dan *body* mobil baik dari segi berat ataupun desain untuk memperbesar gaya aerodinamis dan penggunaan *part-part* pendukung yang tepat seperti roda, *bearing*, oli, yang dapat

mengurangi beban kerja dan gaya gesek dengan tujuan mengurangi energi yang digunakan sehingga menjadikan proses penggunaan bahan bakar dengan optimal.



**Gambar 1. Diagram Benda Bebas (DBB) Pemodelan Kendaraan (Miftah dkk., 2021)**

### 2.1. Perhitungan Gaya Aerodinamika

Gaya aerodinamika adalah gaya – gaya yang terjadi pada luar kendaraan, hal ini berkaitan dengan rancangan *body* kendaraan serta meliputi tiga aspek yang perlu diperhatikan yaitu aspek aerodinamis, aspek ergonomis, dan aspek estetika. Aspek aerodinamis menyangkut masalah-masalah yang berkaitan dengan bentuk *body* kendaraan yang nampak dari luar. Aspek aerodinamis berkaitan dengan bentuk *body* kendaraan yang *streamline* yang memiliki bentuk searah dengan arah aliran udara yang menerpa pada mobil tersebut. Bentuk *body* depan maupun belakang disesuaikan dengan karakteristik aliran udara yang menerpa mobil sehingga hambatan yang diterima mobil saat berjalan berkurang. Untuk mencari *aerodynamic force* dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot C_D \cdot A \cdot V^2 \quad (1)$$

Proses simulasi aerodinamis kendaraan menggunakan *software* SolidWorks 2021 untuk mengetahui nilai dari aerodinamikanya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui dan mengurangi nilai koefisien *drag* mobil, guna menghasilkan mobil yang aerodinamis dan meningkatkan efisiensi dari kendaraan agar dapat menghemat bahan bakar serta target berat *body* yang paling ringan berkisar antara 70-80 kg. Simulasi aerodinamis *body* telah didapatkan dengan rumus persamaan (2) yaitu nilai 6,6 N.

### 2.2. Perhitungan Gaya Hambatan Gelinding

*Rolling resistance* merupakan tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalannya roda. Pada dasarnya, *rolling resistance* adalah momen yang digunakan roda untuk melawan arah gerakan, setara dengan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda bergerak maju. *Rolling resistance* memiliki dampak yang besar pada konsumsi bahan bakar kendaraan yang berada di antara 7 dan 10% dari konsumsi energi total kendaraan. Pengurangan 10% *rolling resistance* akan menyebabkan peningkatan 2 sampai 3% dalam penghematan bahan bakar kendaraan. Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap nilai *rolling resistance* yaitu permukaan jalan, berat kendaraan, bearing dan transmisi, beserta permukaan kontur ban (*tread pattern*). Jenis dari ban serta aspal lintasan memiliki hubungan yang mengakibatkan koefisien hambatan gelinding. Nilai koefisien hambatan gelinding yang digunakan pada mobil Lintang Samudra UNWAHAS yaitu 0,0055 yang termasuk pada *Typical BMX bicycle tires used for solar cars*. Untuk mengetahui nilai *Rolling resistance* pada kendaraan *prototype* maka digunakan persamaan berikut.

$$F_{rr} = C_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Didapatkan gaya hambatan gelinding mobil Lintang Samudra yaitu 6,25 N.

### 2.3. Perhitungan Gaya Gravitasi

Gaya gravitasi adalah hasil dari fungsi massa kendaraan, gravitasi bumi, dan sudut kemiringan lintasan. Pengaruh gaya gravitasi bumi semakin kuat terhadap kendaraan apabila jarak *body* terhadap lintasan semakin dekat. Adapun sudut kemiringan mengacu pada regulasi KMHE 2021 yaitu  $11,3^\circ$ . Dengan sudut kemiringan tersebut maka gaya kendaraan gravitasi kendaraan dengan simbol  $F_{grad}$ , maka dari itu bisa dihitung menggunakan persamaan

$$F_{grad} = m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (3)$$

Gaya gravitasi pada Pemodelan kendaraan yang dibahas memerhatikan dari sudut kemiringan lintasan, berat kendaraan, untuk mengetahui besaran gaya gravitasi pada kendaraan maka dapat dihitung. Maka, didapatkan gaya gravitasi pada mobil Lintang Samudra yaitu 211 N.

#### 2.4. Perhitungan Gaya Inersia

Gaya inersia adalah gaya yang disebabkan oleh percepatan. Analisa percepatan telah menunjukkan bahwa dalam suatu mekanisme yg penghubung-penghubungnya bergerak, terdapat percepatan – percepatan tertentu yang dapat ditentukan. Gaya inersia kendaraan dipengaruhi oleh fungsi massa kendaraan dan percepatan kendaraan. Inersia rotasi roda diabaikan dalam model ini. Hanya saja dalam model ini digunakan 2 kondisi yaitu kondisi awal pada saat kendaraan memulai laju kendaraan dan kondisi saat melaju pada kecepatan  $30 \text{ km/j}$ . Gaya inersia kendaraan dapat diketahui dengan persamaan sebagaimana berikut.

$$F_a = m \cdot a \quad (4)$$

Tim ASWAJA mengasumsikan pada mobil Lintang Samudra dengan jarak tempuh untuk akselerasi kendaraan saat start yaitu 20 m dengan mengacu pada jarak henti di regulasi KMHE 2021. Kemudian, setelah dilakukan perhitungan didapatkan gaya inersia pada mobil Lintang Samudra yaitu pada saat kondisi dengan nilai 389,85 N dan pada saat kondisi berhenti setelah melaju yaitu dengan nilai 546 N. Nilai dari dua kondisi tersebut dapat kita simpulkan bahwa gaya inersia pada mobil Lintang Samudra setara momen kelembamannya, hal ini dikarenakan bahwa gaya inersia kendaraan dipengaruhi oleh massa dan percepatan. Semakin besar waktu yang mempengaruhi percepatan maka semakin kecil gaya inersia saat pengereman kendaraan.

#### 2.5. Perhitungan Gaya dan Daya Traksi

Traksi mempunyai banyak definisi salah satunya adalah gaya gesek maksimum yang dihasilkan dari dua permukaan benda tanpa menimbulkan selip. Pada percepatan apapun, gaya traksi harus dalam keseimbangan dengan jumlah dari semua kekuatan perlawanan. Dengan kata lain, traksi merupakan gaya gesek yang terjadi antara ban kendaraan dengan permukaan jalan sehingga menjaga kendaraan agar tidak tergelincir maupun selip. Daya traksi mempunyai persamaan yaitu gaya traksi dikalikan dengan kecepatan kendaraan, dan kendaraan kecepatan harus diperbarui terus menerus. Sumber perhitungan gaya dan daya traksi diambil dari perhitungan – perhitungan sebelumnya.

$$F_{trac} = F_{aero} + F_{rr} + F_{grad} + F_{inersia} \quad (5)$$

$$P_{trac} = (F_{aero} + F_{rr} + F_{grad} + F_{inersia}) \cdot V \quad (6)$$

Tim ASWAJA menghitung gaya traksi atau gaya dorong kendaraan pada saat kondisi melaju yaitu dengan hasil perhitungan 613 N. Sedangkan untuk daya traksi kendaraan yaitu dengan hasil perhitungan 5091 watt atau 6,8 Hp.

### 3. KONSUMSI BAHAN BAKAR

Pemilihan sistem pembangkit tenaga dalam kategori *Prototype* ini yaitu harus memiliki bobot yang ringan dan hemat dalam konsumsi bahan bakar agar menghasilkan sebuah kendaraan yang efisien dalam kinerjanya. Proses Pengujian *Engine* untuk mendapatkan data putaran mesin dan sfc (*specific Fuel consumption*) maka perlu dilakukan pengujian *engine* untuk mendapatkan data – data yang nantinya dapat direkap untuk dilakukannya perhitungan - perhitungan. Hal yang perlu diketahui

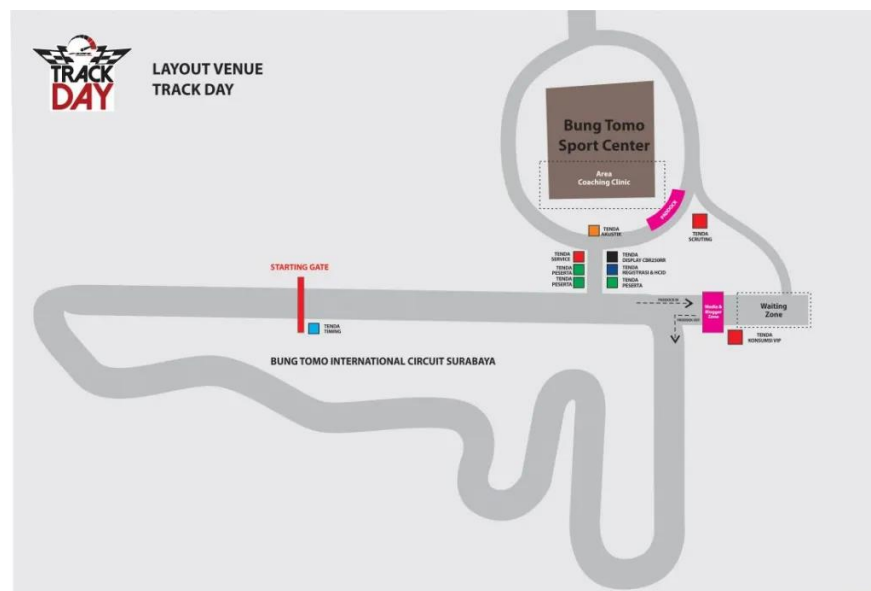
dari pemodelan pada *Fuel consumption* yaitu total massa bahan bakar yang dibutuhkan, jarak tempuh dan massa jenis bahan bakar kendaraan. Adapun menghitung rata – rata konsumsi bahan bakar dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$b_e = sfc \times P_{engine} \times \frac{1}{3.600.000} \quad (7)$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian dan validasi sebelumnya telah banyak dilakukan oleh Tim Mobil Hemat Energi dari berbagai kampus untuk menorehkan catatan komsumsi bahan bakar terhemat. Salah satunya oleh Tim KMHE Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Witantyo dkk. (2016), menyampaikan dalam artikel ilmiahnya mobil hemat energi mampu mencapai 167 km per liter. Metode berkendara dengan siklus mesin nyala mati pada kecepatan atas 35 km/jam dan kecepatan bawah 25 km/jam di sirkuit Sepang, Malaysia.

Dalam kontes mobil hemat energi 2021, sirkuit yang digunakan adalah sirkuit Bung Tomo Surabaya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Lintasan sirkuit Bung Tomo Surabaya (Auto17, 2018)**

Prediksi konsumsi bahan bakar pada mobil hemat energi kelas proto bensin didapat menggunakan metodologi perhitungan dan pemodelan kendaraan dengan asumsi dan batasan yang diatur dalam Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2021 (Reksowardojo, dkk., 2021)

Diketahui :

$$K_{bb} = 250 \text{ km/l} = 250000 \text{ km/m}^3 \text{ (Target capaian)}$$

$$S = 10 \text{ km (Regulasi KMHE 2021)}$$

waktu tempuh dalam 10 lap,  $t = 1500$  detik

$$\rho_{bb} = 715 \text{ kg/m}^3 = 0,715 \text{ gr/ml (Massa jenis Pertamina 92)}$$

Adapun persamaan untuk menghitung konsumsi bahan bakar sebagai berikut.

$$Fuel \ consumption = s/(m/\rho_{bb})$$

Dengan target konsumsi bahan bakar ( $K_{bb}$ ) yang ingin dicapai 250 km/l. Maka, massa bahan bakar yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} m &= (\rho_{bb} \times s)/K_{bb} \\ &= (715 \times 10)/250000 \end{aligned}$$

$$= 0,0286 \text{ kg} = 28,6 \text{ gr}$$

Jika dikonversi menjadi ml

$$V = \frac{m}{\rho_{bb}} = 28,6/0,715 \\ = 40 \text{ ml}$$

Jadi, prediksi konsumsi bahan bakar untuk jarak tempuh 10 km adalah 40 ml atau 28,6 gram. Maka, konsumsi bahan bakar spesifik menjadi

$$\text{sfc} = 3.600.000 \times (0,0286/1500)/606 = 0,113 \text{ kg/W.s}$$

## 5. KESIMPULAN

Semakin ringan kendaraan maka akan semakin kecil gaya hambat roda dengan lintasan. Laju kendaraan pada *body* lintang samudra dipengaruhi oleh hambatan udara (gaya *drag*) sebesar 0,8 N. Daya yang dikeluarkan oleh mesin lintang samudra sebesar 606 N.ms, sementara daya traksi lintang samudra sebesar 5091 watt atau 6,8 Hp. Daya traksi (daya dorong) adalah daya yang dipengaruhi oleh gaya aerodinamis, gaya hambatan gelinding, gaya gravitasi, gaya inersia dan kecepatan.

Target kenaikan konsumsi bahan bakar pada mobil lintang samudra yang diharapkan sebesar 250 km/l atau 40 ml per 10 km. Inovasi baru dari tim dengan mengurangi bobot mobil dan meningkatkan daya transmisi mobil sehingga mampu menghemat bahan bakar, yang sebelumnya mesin tersebut hanya mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 61 km/l, dengan nilai *sfc* (*specific Fuel consumption*) sebesar 0,113 kg/W.s.

## DAFTAR PUSTAKA

- Auto17. Sirkuit Bung Tomo. [www.kukuhauto.wordpress.com/2018/03/03/layout-sirkuit-bung-tomo-tempat-mpm-cbr250rr-track-day](http://www.kukuhauto.wordpress.com/2018/03/03/layout-sirkuit-bung-tomo-tempat-mpm-cbr250rr-track-day). Diakses: 28 September 2021.
- Miftah, dkk., (2021), Desain Kendaraan Tim Aswaja Lintang Samudra untuk Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2021, Laporan, Universitas Wahid Hasyim, Semarang, Indonesia.
- Reksowardojo, I.K., Firmansyah, E., Dwiyanoro, B.A., Widhiyanuriyawan, D., Baskoro, A.S., Witantyo, (2021), Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2021, Pusat Prestasi Nasional Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Witantyo, Sutikno, Aulia, D., and Rahman, H., (2016), Modeling of a Shell Eco-Marathon Vehicle Based on Drive-Train Characteristic and Driver Modes to Predict *Fuel consumption* of the Vehicle on a Specific Track. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(4): pp. 2763-2767.