

ANALISA PENGARUH BENTUK PROFIL PADA RANGKA KENDARAAN RINGAN DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Didi Widya Utama dan Roby

Department of Mechanical Engineering, Universitas Tarumanagara

e-mail: didi_wu@hotmail.com ; roby.k07@hotmail.com

Abstrak

Alat transportasi perkotaan berjenis kendaraan ringan mulai populer dikarenakan kemampuan bermanuver dengan lincah, memiliki konsumsi bahan bakar yang hemat, ramah lingkungan dan ekonomis. Berat sebuah kendaraan mempunyai peranan penting dalam penghematan konsumsi bahan bakar, di mana salah satu bagian kendaraan yang berperan mempengaruhi berat kendaraan adalah rangka. Namun demikian, rangka kendaran haruslah cukup kuat untuk menopang komponen kendaraan seperti sistem propulsi, sistem kemudi, sistem penggerak, beban muatan dan beban penumpang. Dalam penelitian ini, dibahas perbandingan bentuk profil rangka kendaraan bertipe *space frame* dengan metode elemen hingga dengan pembebanan statis terhadap *bending* yang terletak pada beberapa titik merepresentasikan beban sistem propulsi, beban muatan, beban penumpang, beban torsi dan gaya eksternal. Dua buah bentuk profil rangka yang dibandingkan yakni *cylindrical hollow* dan *rectangular hollow*, dengan hasil yang terlihat bahwa rangka berprofil *cylindrical hollow* memiliki nilai *von mises stress* lebih kecil dibandingkan dengan rangka berprofil *rectangular hollow*, namun defleksi yang terjadi pada rangka *rectangular hollow* lebih kecil dari pada rangka berprofil *cylindrical hollow* dengan perbedaan berat rangka yang tidak signifikan antara keduanya.

Kata Kunci: metode elemen hingga, rangka kendaraan, bentuk profil, kendaraan ringan

Pendahuluan

Dalam 40 tahun mendatang, populasi manusia secara global akan berjumlah lebih dari 10 miliar dan secara otomatis akan meningkatkan kebutuhan transportasi terutama kendaraan yang diprediksi akan meningkat lebih dari 2.5 Miliar, sehingga fenomena ini akan berdampak pada konsumsi bahan bakar secara global [1]. Kendaraan berjenis *Urban Concept* mulai banyak bermunculan terutama di kota-kota besar seperti Jakarta. Kendaraan berjenis urban ini disukai karena bentuknya yang kompak, gesit dalam bermanuver, hemat bahan bakar dan ekonomis. Dalam mendesain kendaraan berkonsep urban, yang biasa juga disebut kendaraan ringan, salah satu faktor penting yang menjadi pertimbangan adalah dimensi yang kecil dan ringan, yang mana faktor ini akan berdampak dalam mengurangi konsumsi bahan bakar. Rangka kendaran berperan sebesar 20% dari berat kendaraan secara keseluruhan, untuk itu desain rangka kendaraan yang kokoh, kuat dan aman untuk sebuah kendaraan dan dapat menopang berbagai beban kendaraan serta mempertahankan bentuk kendaraan adalah hal yang penting dalam mendesain rangka kendaraan ringan [2].

Pembebanan yang dialami pada rangka di antaranya *bending*, *torsion* maupun kombinasi *bending* dengan *torsion* [3]. Berbagai macam jenis pembebanan yang ada pada rangka tersebut menjadikan rangka perlu dipastikan seringan mungkin tetapi tidak mengalami kegagalan ketika menerima beban. Hal yang kemudian menjadi salah satu faktor penentu berat sebuah rangka adalah bentuk dari profil *beam* penyusun rangka. Tersedia berbagai pilihan bentuk profil *beam* yang dapat digunakan. Beberapa yang umum digunakan yaitu *rectangular hollow*, *square hollow*, dan *cylindrical hollow*. Bentuk profil yang berbeda-beda tersebut memiliki pengaruh distribusi tegangan. Untuk mencegah kegagalan terjadi pada rangka, maka *stress analysis* dilakukan untuk mengetahui lokasi kritis di mana tegangan dan defleksi maksimum terjadi [4]. *Stress analysis* pada rangka dapat dilakukan dengan *software* simulasi berbasis metode elemen hingga yang terbukti dapat menunjukkan lokasi kritis di mana tegangan dan defleksi maksimum terjadi. Oleh karena itu, *stress analysis* pada rangka

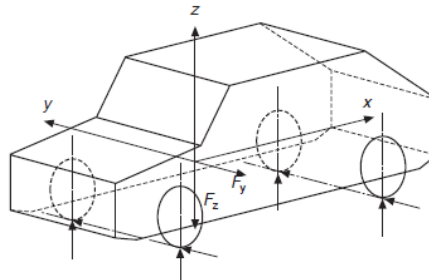
dengan bentuk profil *beam* yang berbeda dilakukan guna mengetahui letak tegangan dan defleksi maksimumnya.

Beban Statis pada Kendaraan

Beban yang diberikan pada rangka atau struktur kendaraan umumnya terdiri dari[5]:

a. Beban Tekuk

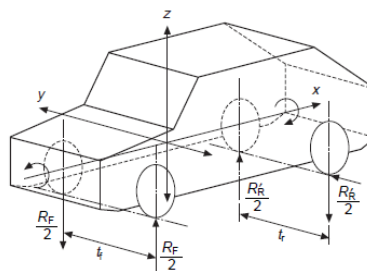
Beban ini terjadi pada bidang vertikal, bidang X-Z, karena berat dari komponen-komponen yang terdistribusi di sepanjang rangka kendaraan yang mana mengakibatkan *bending* pada sumbu Y.



Gambar 1. Kondisi *bending* pada kendaraan

b. Beban Torsi

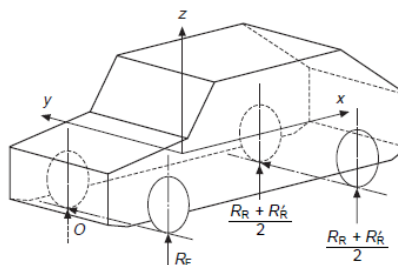
Rangka kendaraan menerima momen pada garis tengah *axle* dari beban-beban dari atas dan bawah setiap *axle*. Beban-beban ini menghasilkan puntiran dan momen torsi di sekitar sumbu x longitudinal kendaraan.



Gambar 2. Kondisi torsi pada kendaraan

c. Kombinasi *bending* dan *torsion*

Pada aktualnya, kasus beban *torsion* tidak ada tanpa *bending* sebagaimana gaya gravitasi selalu terjadi. Oleh karena itu, dua kasus *bending* dan torsi harus dipertimbangkan bersamaan ketika merepresentasikan keadaan sebenarnya.



Gambar 3. Kasus kombinasi *bending* dan torsi

Dimensi Spesifikasi

Kendaraan ringan yang dirancang memiliki bentuk rangka jenis *space frame* dengan dimensi kendaraan yang dirancang untuk satu penumpang. Desain ini mengacu pada dimensi kendaraan ringan dengan disertai *roll bar* pada bagian atap kendaraan belakang tempat duduk pengemudi. *Roll bar* ini berfungsi untuk melindungi pengemudi dari benturan jika kendaraan

tersebut terbalik pada saat kecelakaan. Berikut adalah spesifikasi rancangan kendaraan yang dirancang:



Gambar 4. Kendaraan *urban* yang dirancang

Tabel 1. Spesifikasi rancangan kendaraan *urban*

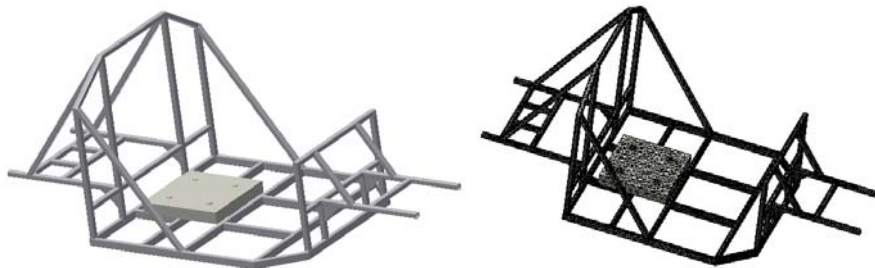
Spesifikasi	Dimensi
Tinggi	1050 mm
Lebar	1195 mm
Panjang	2475 mm
Wheel Base	1878,33 mm
Berat Total	≤ 205 kg

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam merancang kendaraan ringan ini menentukan hasil dari analisa struktur rangka kendaraan, bagian pemodelan merupakan faktor yang harus sudah merepresentasikan keadaan kendaraan yang sebenarnya, setiap batang rangka disambung dengan menggunakan sambungan las dan dianggap dalam simulasi adalah rangka batang yang berupa *bounded*. Untuk mengutamakan berat kendaraan yang sekecil mungkin maka dipilih material yang ringan yakni aluminium tipe 6061.

a. Pemodelan

Material aluminium 6061 memiliki nilai *ultimate tensile strength* sebesar 309,988 MPa dan *yield strength* sebesar 275,03 MPa.



Gambar 5. Rancangan kendaraan *urban* berprofil *rectangular hollow* dan *mesh view*

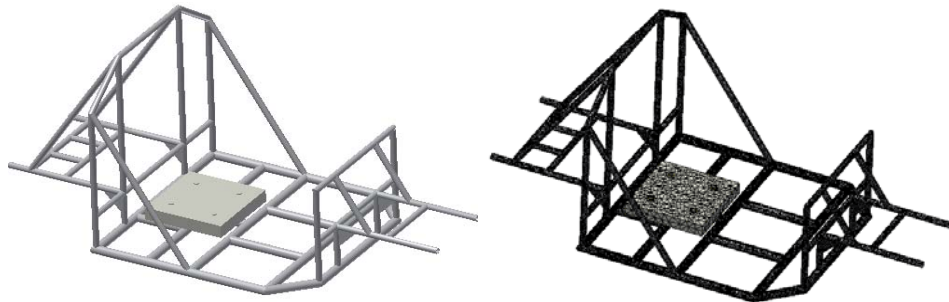
Dengan menggunakan jenis material yang sama, dibuat dua buah model rangka menggunakan bentuk profil *rectangular hollow* dan *cylindrical hollow*.

Pada rancangan kendaraan *urban* pertama tersebut, digunakan dua jenis *beam* sebagai penyusun rangka, yaitu:

- *Rectangular hollow beam*
Rectangular hollow beam yang digunakan adalah berukuran: 50 x 25 x 2 (mm)
- *Square hollow beam*
Square hollow beam yang digunakan adalah berukuran: 32 x 32 x 3,2 (mm)

Jumlah nodal yang dihasilkan dengan *finite element analysis*: 284.869 buah nodal dan 144.897 elemen.

Dengan model yang sama, dibuat rancangan rangka lain menggunakan bentuk profil *cylindrical hollow beam*.



Gambar 6. Rancangan rangka berprofil *cylindrical hollow* dan *mesh view*

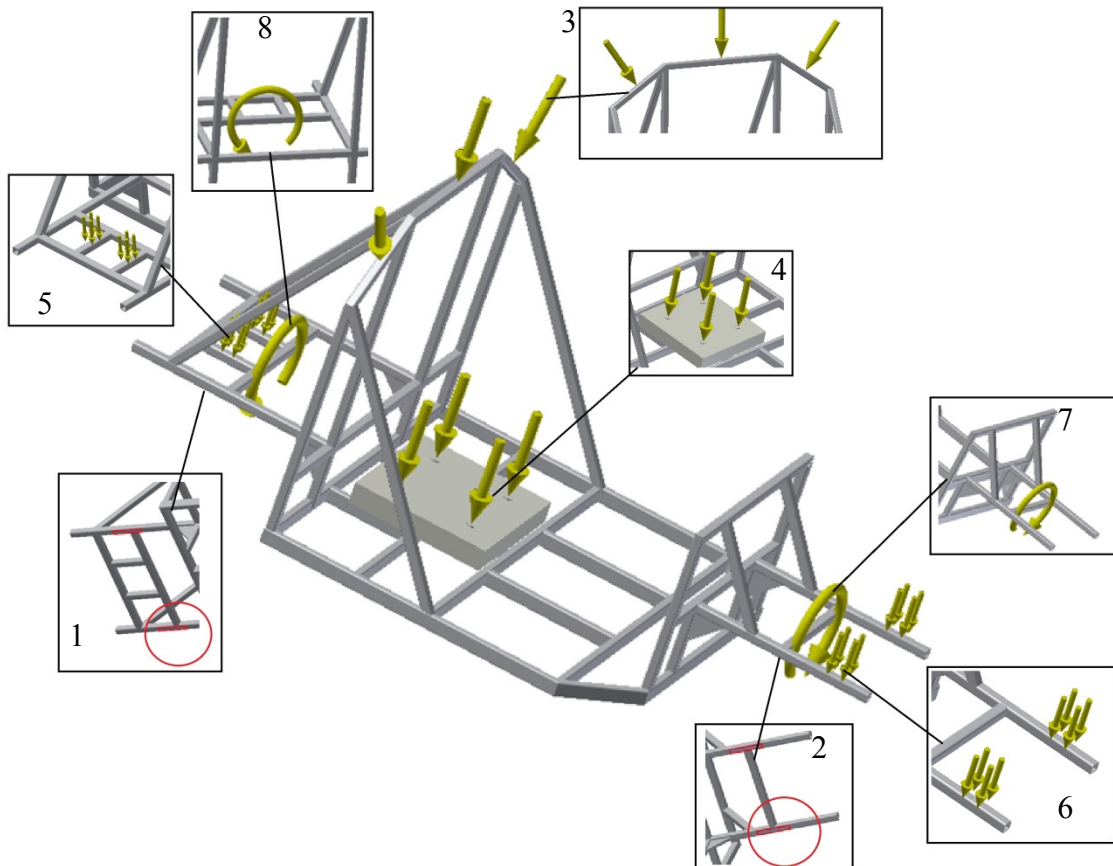
Jenis *beam* yang digunakan pada rancangan rangka kedua adalah *cylindrical hollow beam* dengan ukuran diameter luar 48,3 mm, tebal 2 mm dan diameter luar 33,7 mm, tebal 3,2 mm. Jumlah nodal rangka kedua yaitu 305.607 nodal dan 155.526 elemen.

b. Batasan

Batasan yang diberikan terhadap masing-masing rangka adalah pemberian letak tumpuan di mana pada kendaraan adalah tempat pemasangan *bearing*. Jenis tumpuan yang diberikan adalah jenis tumpuan *fix* dan *frictionless*.

c. Pemberian beban

Pembebanan yang diberikan pada rangka menghasilkan *bending* dan momen torsi.

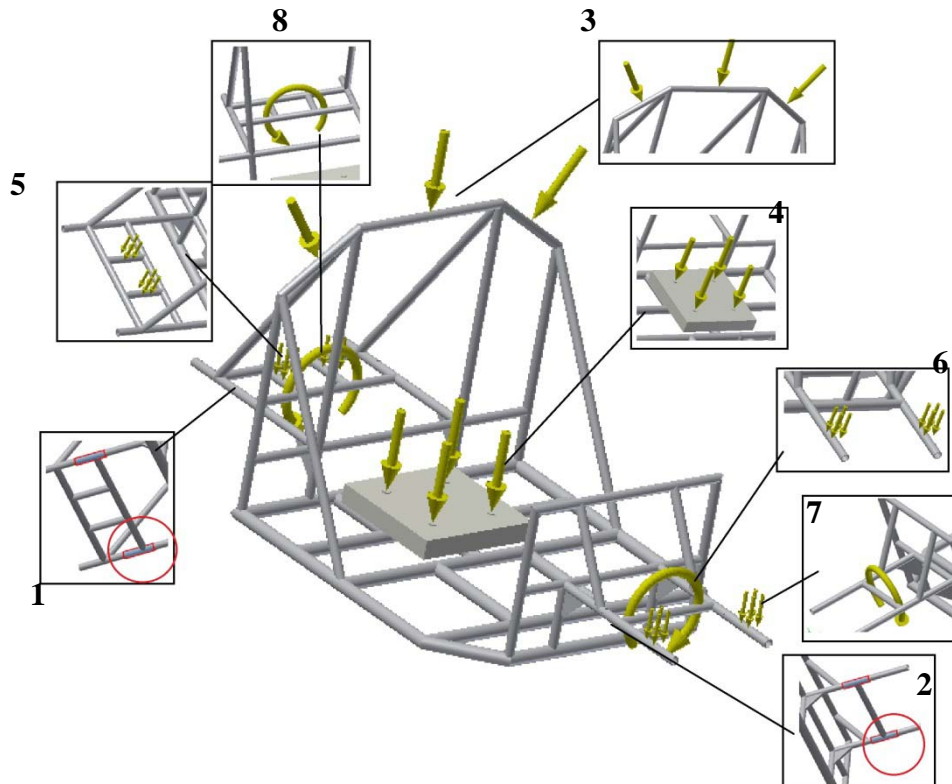


Gambar 7. Kondisi pembebanan dan batasan pada rangka berprofil *rectangular hollow*

Posisi tumpuan yang diberikan dapat terlihat pada gambar 7-1, yang menggunakan tumpuan *fix* dan gambar 7-2, menggunakan tumpuan *frictionless*.

Pembebanan yang diberikan pada rangka terdiri dari beban pada *roll bar* sebesar 700 N (gambar 7-3), pengendara sebesar 1.200 N (gambar 7-4), motor bakar sebesar 500 N (gambar 7-5), bagasi sebesar 250 N (gambar 7-6).

Pembebanan torsi diperoleh dari *reaction force* pada masing-masing daerah tumpuan. Besarnya torsi yang diberikan adalah $5,891e+04$ N mm pada tumpuan di depan (gambar 7-7) dan $1,977e+05$ N mm pada tumpuan belakang (gambar 7-8).



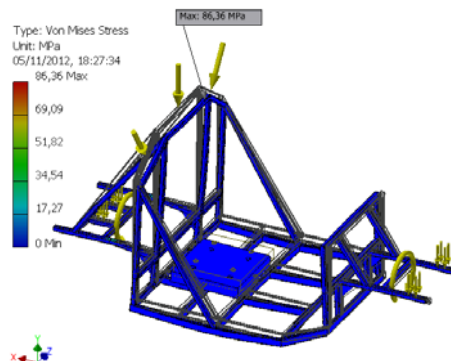
Gambar 8. Kondisi pembebanan dan batasan pada rangka berprofil *cylindrical hollow*

Gambar 8-1 dan 8-2 menunjukkan posisi tumpuan *fix* dan *frictionless* pada rangka. Pembebanan yang diberikan sama besarnya seperti pada rangka berprofil *rectangular hollow*, yaitu sebesar 700 N pada *roll bar*, 1.200 N pada tempat duduk pengendara, 500 N pada daerah pemasangan motor bakar dan bagasi sebesar 250 N pada bagian depan kendaraan.

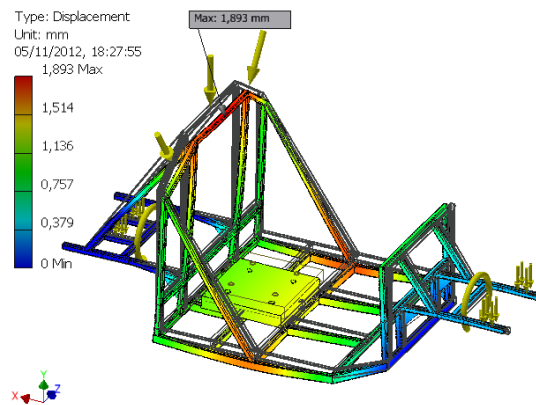
Torsi yang diberikan diperoleh dari *reaction force* masing-masing tumpuan yaitu sebesar $3,992e+04$ N mm pada tumpuan di depan (gambar 8-7) dan $2,72e+05$ N mm pada tumpuan belakang (gambar 8-8).

Hasil dan Pembahasan

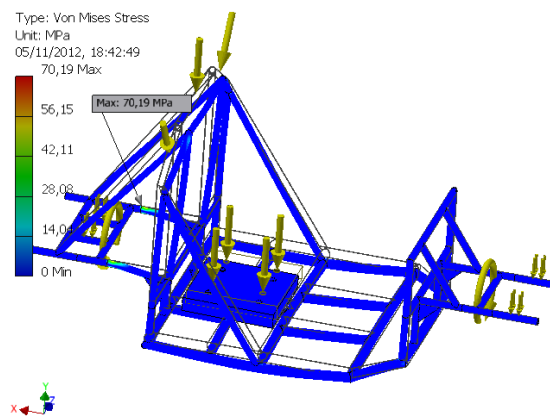
Hasil dari simulasi pada masing-masing rangka adalah sebagai berikut.



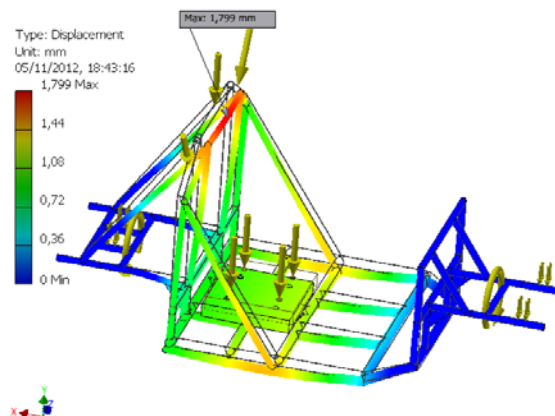
Gambar 9. Von mises stress pada rangka berprofil *rectangular hollow*



Gambar 10. Defleksi pada rangka berprofil *rectangular hollow*



Gambar 11. Von mises stress pada rangka berprofil *cylindrical hollow*



Gambar 12. Defleksi pada rangka berprofil *cylindrical hollow*

Secara keseluruhan, besarnya nilai von mises stress dan defleksi yang terjadi pada rangka adalah dapat terlihat pada tabel 2.

Rangka	Von Mises Stress (MPa)	Defleksi (mm)	Berat (kg)
Profil <i>rectangular hollow</i>	86,36	1,893	23,1
Profil <i>cylindrical hollow</i>	70,19	1,799	22,21

Dari hasil simulasi, terlihat bahwa profil silindris mempunyai nilai *stress* yang lebih kecil dibandingkan dengan profil persegi. Hal ini membuktikan bahwa bentuk silindris mempunyai karakteristik yang lebih kokoh.

Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi terhadap dua buah rangka menggunakan bentuk profil *beam* yang berbeda, maka diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan profil *rectangular hollow*, besarnya von mises stress adalah 86,36 MPa, sementara dengan menggunakan *cylindrical hollow*, diperoleh besar von mises stress sebesar 70,19 MPa atau lebih kecil 18,1% dari besarnya von mises stress rangka berprofil *rectangular hollow*.

Defleksi yang terjadi pada rangka berprofil *rectangular hollow* adalah sebesar 1,893 mm dan pada rangka berprofil *cylindrical hollow* adalah 1,799 mm. Dengan von mises stress yang lebih kecil tersebut, diketahui bahwa rangka berprofil *cylindrical hollow* lebih ringan 3,85% dari berat rangka berprofil *rectangular hollow*.

Berdasarkan penelitian rangka dengan membandingkan bentuk profil yang berbeda dan mempertimbangkan pembebanan secara statis, diharapkan untuk ke depan, dapat dilakukan penelitian yang lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek-aspek pembebanan dinamis pada rangka ini.

Daftar Pustaka

1. C.C. Chan, The State of the Art of Electric Vehicles, *Journal of Asian Electric Vehicles*, vol 2, no 2, December 2004.
2. Jason Brown, A.J. Robertson and Stan Serpento, *Motor Vehicle Structure*, Elsevier 2001.
3. Patel Vijaykumar V and R.I. Patel, Structural Analysis of Automotive Chassis Frame and Design Modification for Weight Reduction, *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 1, no. 3, 2012.
4. Noor Eddy, Analisa Struktur Chassis Kendaraan Serbaguna untuk Perkebunan, in *Seminar Nasional Mesin dan Industri*, Jakarta, 2009.
5. Julian Happian Smith, Ed., *An Introduction to Modern Vehicle Design*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2002.
6. Roslan Abd Rahman, Mohd Nasir Tamin, dan Ojo Kurdi, Stress Analysis of Heavy Duty Truck Chassis as A Preliminary Data for Its Fatigue Life Prediction Using FEM, *Jurnal Mekanikal*, vol. 26, pp. 76-85, 2008.
7. N.K. Ingole and D.V. Bhope, Stress Analysis of Tractor Trailer Chassis for Self Weight Reduction, *International Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 3, pp. 7218-7225, 2011.
8. Ministry of Energy and Mineral Resources, *Indonesia Energy Statistics 2010*, Ministry of Energy and Mineral Resources, 2010.
9. AUSTROADS Vehicle Classification System.