

# Optimisasi Ketebalan Chassis Kendaraan untuk Pengurangan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Metode Elemen Hingga

Ojo Kurdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jalan Prof Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia

## Abstrak

*Bahan bakar minyak jumlahnya terbatas sehingga penggunaannya perlu diminimalkan atau jika memungkinkan digantikan dengan bahan bakar lain yang dapat diperbaharui. Salahsatu usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak adalah dengan mengurangi berat kendaraan, karena berat kendaraan sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar, semakin berat kendaraan, maka semakin banyak bahan bakar yang harus dipergunakan. Dalam makalah ini akan dikemukakan optimisasi ketebalan chassis mobil pedesaan dengan menggunakan metode elemen hingga. Tujuan dari optimisasi ini adalah untuk mendapatkan berat chassis yang seringan mungkin tetapi masih aman jika dilihat dari segi tegangan dan defleksi yang terjadi akibat beban yang diberikan.*

*Kata kunci: Konsumsi bahan bakar, berat kendaraan, chassis, metode elemen hingga*

## 1. PENDAHULUAN

Wilayah pedesaan merupakan wilayah yang penting di Indonesia, karena hampir seluruh kebutuhan pokok masyarakat Indonesia dihasilkan di pedesaan. Untuk mengangkut hasil pertanian dari pedesaan ke wilayah lain termasuk ke wilayah perkotaan diperlukan kendaraan yang kuat dan murah. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan ini maka pemerintah telah meluncurkan program pengadaan mobil pedesaan yang dimulai dengan tahapan sayembara disain. Dalam sayembara disain yang diselenggarakan di Bali, Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro mendapat ranking ketiga. Sayangnya disain yang telah dilombakan tersebut belum dioptimasi antara kekuatan struktur dan pengurangan berat chassis agar menghemat bahan bakar.

Burgess dan Choi (2003) meneliti pengaruh pengurangan berat kendaraan terhadap konsumsi bahan bakar. Hasilnya menemukan bahwa pengurangan berat 10%, konsumsi bahan bakar berkurang 8,3%. DeCicco et al. (1996) menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar kendaraan

dengan berat 1300 kg akan berkurang sebanyak 6% jika massa kendaraannya berkurang sampai 1170 kg. Brink dan Wee (1999) menyatakan penambahan massa kendaraan seberat 100 kg per 1000 kg massa kendaraan, konsumsi bahan bakar meningkat 7 sampai 8%.

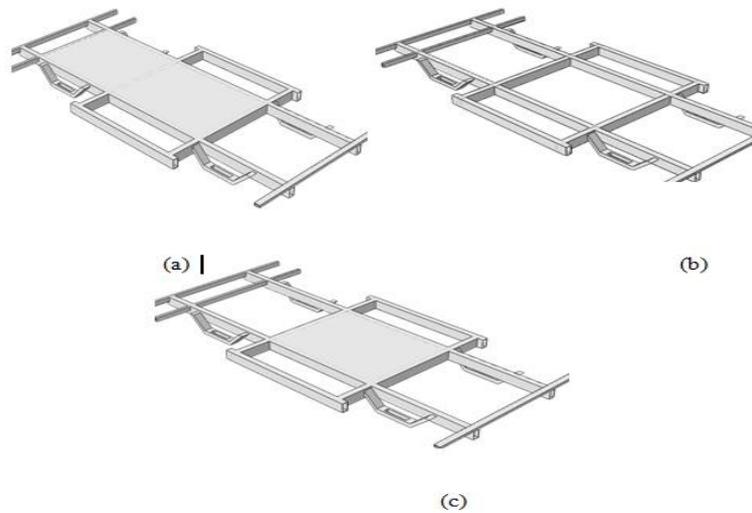
Metode elemen hingga juga banyak digunakan oleh para peneliti untuk menginvestigasi karakteristik static dan juga dinamik dari chassis (Bhaskar et.al., 2014; Bhat, et.al., 2014; Bhoi et.al., 2013; Chandra et.al., 2012; Rajappan, & Vivekanandhan, 2013; Fan, Qin-man, 2011; Feng et.al., 2012; Forouzan, et.al, 2010; Fui & Rahman, 2007; Kurdi et.al, 2014; Rahman et.al., 2008; Kurdi et.al., 2017). Hal ini menunjukkan bahwa metode elemen hingga merupakan metode yang sangat efisien untuk digunakan proses awal disain suatu chasis.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Model Chassis

Dalam makalah ini akan dianalisa 3 model chassis. Model chassis mobil

pedesaan yang akan dianalisa, ditampilkan pada **Gambar 1** dibawah ini.



Gambar 1. Model chassis mobil pedesaan (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3

## 2.2 Material

Dalam makalah ini tiga variasi material akan digunakan, material tersebut adalah, *Aluminium* AISI 6061, *carbon steel* AISI 12L 14 dan *carbon steel* ASTM A710. Ketebalan material juga divariasikan sebanyak 3 ketebalan, yaitu: 5 mm, 3 mm dan 1,5 mm. Sifat mekanik material diperlukan sebagai input simulai metode elemen hingga, sifat mekanik ketiga material tersebut ditunjukkan pada **Tabel 1**.

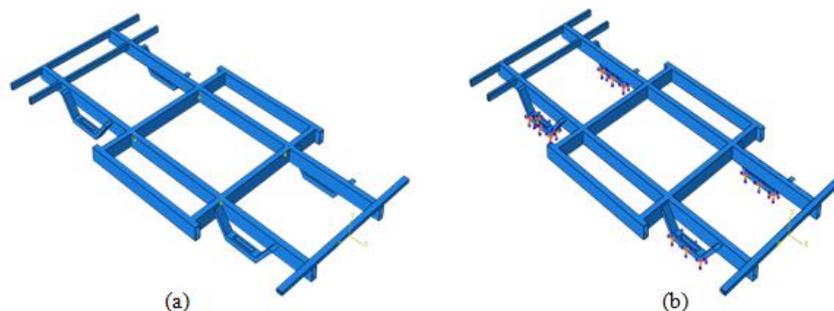
## 2.3 Pembebanan dan Kondisi Batas

Pemberian beban pada *chassis* disesuaikan dengan beban yang dipergunakan adalah beban maksimum penumpang dan barang yaitu 10kN yang bisa

diangkut oleh mobil pedesaan. Beban dimodelkan sebagai gaya tunggal terkonsentrasi pada pada 4 titik, sebagaimana ditunjukkan oleh **Gambar 2 (a)**. Kondisi batas yang dipergunakan adalah jenis sambungan tetap (*fixed support*) yaitubagian yang bersambung dengan suspensi roda. Keadaan pergerakan pada bagian daerah tersebut memang tidak memungkinkan untuk bergerak secara translasi maupun rotasi baik pada arah sumbu *x*, *y* dan *z*. Letak kondisi batas ini adalah dua pada bagian roda depan dan dua lainnya pada bagian roda belakang. Detail kondisi batas model chassis ini ditampilkan pada **Gambar 2 (b)**

Tabel 1. Sifat mekanik material chassis

Sifat Mekanik	Material		
	<i>Aluminium</i> AISI 6061	<i>carbon steel</i> AISI 12L14	<i>carbon steel</i> ASTM A710
<i>Density</i> (kg/m <sup>3</sup> )	2700	7870	7800
<i>Tensile Strength, Ultimate</i> (MPa)	310	540	620
<i>Tensile Strength, Yield</i> (MPa)	276	415	550
<i>Modulus of Elasticity</i> (GPa)	68,9	200	207
<i>Poisson's Ratio</i>	0,33	0,29	0,3



Gambar 2 (a) Beban; (b) Kondisi batas

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Distribusi Tegangan

Hasil simulasi metode elemen hingga dalam makalah ini berupa tegangan untuk masing masing model dengan variasi ketebalan dan variasi material. Analisa tegangan diperlukan untuk menentukan tingkat keamanan dari model chassis, jika tegangan maksimum yang terjadi akibat pembebanan melebihi tegangan luluh dari material, maka material dikatakan gagal, karena dalam kondisi ini material akan mengalami deformasi permanen yang menyebabkan fungsi dari material sudah tidak sesuai dengan yang direncanakan oleh perancangannya. Jika tegangan maksimum yang terjadi pada material akibat pembebanan dibawah harga tegangan luluh material, maka material/struktur dikatakan aman.

Parameter yang menggambarkan tingkat keamanan struktur atau model,

adalah Faktor Keamanan (*Safety Factor*). Harga faktor keamanan (SF) dihitung berdasarkan rumus pada **Persamaan (1)**. SF semakin tinggi tingkat keamanan model atau struktur semakin tinggi.

$$SF = \frac{S_y}{S}$$

(1)

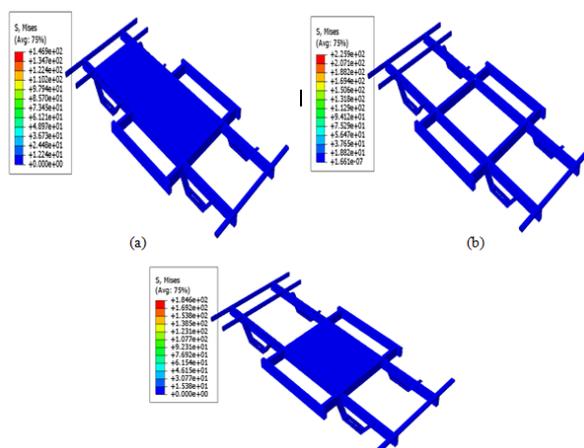
Dimana:

SF = Faktor keamanan (*safety factor*)

$S_y$  = Tegangan luluh (*yield stress*)

S = Tegangan akibat pembebanan (*stress*)

Pada Gambar 3 ditampilkan distribusi tegangan untuk ketiga model *chassis* dengan ketebalan 5 mm dan material carbon steel AISI 6160. Label dengan warna merah menunjukkan harga maksimum dan warna biru menunjukkan tegangan terendah.



Gambar 3. Distribusi tegangan untuk material carbon steel AISI 6160 dengan ketebalan 5 mm, (a) model 1; (b) model 2; dan (c) model 3.

Berdasarkan hasil dostribusi tegangan pada Gambar 3, terlihat bahwa model 1 memiliki tegangan Von Misses yang paling rendah sebesar 146,9 MPa dan tegangan Von Misses terbesar terjadi pada model 2. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut, model 1 jika dilihat dari bentuk geometrinya memiliki struktur yang paling kaku dengan adanya penutup pelat pada hampir keseluruhan permukaannya, sehingga model ini memiliki deformasi dan regangan yang kecil, karena tegangan berbanding lurus dengan regangan, maka dengan sendirinya harga tegangan

model ini akan kecil juga. Demikian juga halnya dengan model 2, model ini tidak memiliki pelat penutup sama sekali, sehingga deformasinya besar dan menyebabkan tegangan yang dialaminya pun besar juga. Model 3, geometri strukturnya berada diantara model 1 dan model 2, sehingga harga tegangannya pun juga berada diantara tegangan model 1 dan tegangan model 2. Hasil simulasi distribusi tegangan untuk seluruh model ditampilkan dalam bentuk table factor keamanan yang disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Harga SF untuk berbagi model chassis dengan variasi material dan ketebalan

Ketebalan (mm)	Material	Model 1	Model 2	Model 3
5	<i>Aluminium AISI 6061</i>	1,89	1,23	1,50
	<i>Carbon steel AISI 12114</i>	2,73	1,78	2,18
	<i>Carbon steel ASTM A710</i>	3,64	2,38	2,91
3	<i>Aluminium AISI 6061</i>	1,18	0,86	0,97
	<i>Carbon steel AISI 12114</i>	1,71	1,26	1,37
	<i>Carbon steel ASTM A710</i>	2,27	1,68	1,85
1.5	<i>Aluminium AISI 6061</i>	0,93	0,72	0,77
	<i>Carbon steel AISI 12114</i>	1,27	1,05	1,13
	<i>Carbon steel ASTM A710</i>	1,72	1,41	1,54

Data pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa faktor keamanan untuk Alumunium berharga kurang dari 1 untuk ketebalan model 3 mm dan 1,5 untuk keseluruhan model kecuali model 3 dengan ketebalan 3 mm, harga keamanannya sebesar 1,18. Sedangkan untuk kedua material *carbon steel*, harga factor keamanannya lebih besar dari 1 untuk seluruh model dan semua ketebalan, hanya saja harga factor keamanannya akan meningkat dengan meningkatnya ketebalan. Untuk carbon steel AISI I2 114, harga factor keamanan terendahnya dimiliki oleh model 2 dengan ketebalan material sebesar 1,5 mm, harga factor keamanannya sebesar 1,05, dan harga factor keamanan tertingginya sebesar 2,73, dimiliki oleh model 1 dengan ketebalan 5 mm. Untuk material carbon steel ASTM A710, harga factor keamanan terendahnya

sebesar 1,41 dimiliki oleh model 2 dengan ketebalan 1,5 mm, dan harga factor keamanan tertingginya sebesar 3,64 yang dimiliki oleh model 1 dengan ketebalan *chassis* sebesar 5 mm. Jika dilihat berdasarkan harga factor keamanan maka dapat disimpulkan bahwa model yang paling aman adalah model 1 dengan ketebalan 5 mm dan materialnya carbon steel ASTM A710. Tetapi hasil ini belum final karena factor berat chassis juga harus diperhatikan, karena justru yang ditekankan dalam masalah ini adalah masalah massa chassis yang dikehendaki seringan mungkin untuk mengurangi konsumsi bahan bakar.

### 3.2 Massa Model Chassis

**Tabel 3** menampilkan massa chassis yang dihitung dari geometri chassis dengan memperhatikan massa jenis dan volume

chassis yang berbeda satu sama lainnya karena ada perbedaan disain.

Tabel 3. Massa berbagai model chassis dengan variasi ketebalan dan material

Ketebalan (mm)	Material	Massa chassis (kg)		
		Model 1	Model 2	Model 3
5	<i>Aluminium AISI 6061</i>	85,9	66,7	76,8
	<i>Carbon steel AISI 12114</i>	250	194	224
	<i>Carbon steel ASTM A710</i>	248	193	222
3	<i>Aluminium AISI 6061</i>	58,7	47,2	53,2
	<i>Carbon steel AISI 12114</i>	171	137	155
	<i>Carbon steel ASTM A710</i>	170	136	154
1.5	<i>Aluminium AISI 6061</i>	37,3	31,5	34,6
	<i>Carbon steel AISI 12114</i>	109	91,9	101
	<i>Carbon steel ASTM A710</i>	108	91,1	99,8

Berdasarkan data pada Tabel 3, maka material yang paling ringan digunakan adalah Alumunium AISI 6061. Jika mempertimbangkan factor keamanan yng paling tinggi untuk model dengan material Alumunium, maka pilihannya jatuh pada model 1 dengan keteebalan 5 mm, dengan factor keamanan sebesar 1,89. Massa chassis untuk model ini seberat 85,9 kg. Jika dilakukan Analisa dengan factor keamanan yang sama dengan material yang paling berat yaitu carbon steel ASTM A710, maka pilihannya jatuh pada disain model 3 dengan ketebalan sebesar 3 mm. Berat chassis untuk disain tersebut sebesar 154 kg. Berdasarkan kedua data tersebut, maka dapat dihitung prosentase pengurangan massa chassis jika diasumsikan material carbon steel dapat digantikan oleh Alumunium tanpa mempertimbangkan factor yang lain seperti harga, ketermesinan material, factor korosi dan lain lain. Pengurangan massa *chassis*-nya sebesar 44,22 %. Pengurangan sebesar ini cukup signifikan sehingga Alumunium sangat berpotensi untuk menggantikan carbon steel sebagai material chassis. Pengurangan massa sebesar ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar lebih dari 30% jika merujuk kepada hasil penelitian Burgess dan Choi (2003).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan data data dan hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa Alumunium sangat berpotensi untuk dapat menggantikan *carbon steel* yang selama ini banyak dipakai dipakai sebagai bahan chassis karena dengan factor keamanan (dari segi tegangan) yang hampir sama bahkan lebih tinggi, dapat mereduksi massa chassis sebesar 44,22 %, dimana pengurangan massa sebesar ini berpotensi mengurangi konsumsi bahan bakar lebih dari 30%. Tetapi hasil penelitian ini masih perlu divalidasi dengan eksperimen untuk meyakinkan konsumen atau produsen chassis bahwa penggunaan Alumunium sebagai bahan chassis aman dari berbagi aspek yang lain.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Bhaskar, E., Muneiah, T., & Rajesh, Ch. Venkata. (2014). Static and Dynamic Analysis of Chassis. *International Journal of Research (IJR)*, 1(6), 320-328.
- Bhat.KA, Untawale.SP, & Katore.HV. (2014). Failure Analysis and Optimization of Tractor Trolley Chassis: An Approach Using Finite Element Analysis *International Journal of Pure and Applied Research*

- in Engineering and Technology*, 2(12), 71 - 84.
- Bhoi, Ashwini, Koushik, L P, Yadav, Narendra, & Patnaik, Manas. (2013). Optimization of I-section of a Flat Bed Trailer. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(2), 1149 - 1151.
- Brink, V. d., & Wee, V. (1999). *Passenger car fuel consumption in the recent past*. Paper presented at the Indicator of Transportation Activity, Energy and CO2 Emissions, Stockholm.
- Burgess, S. C., & Choi, J. (2003). A parametric study of the energy demands of car transportation: a case study of two competing commuter routes in the UK. *Transportation Research Part D*, 8(1), 21 - 36.
- Chandra, M. Ravi, Sreenivasulu, S., & Hussain, Syed Altaf. (2012). Modeling and Structural analysis of heavy vehicle chassis made of polymeric composite material by three different cross sections. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2(4), 2594 - 2600.
- DeCicco, J. M., Ross, M., & . (1996). Recent Advances in Automotive Technology and the Cost-Effectiveness of Fuel Economy Improvement. *Transportation Research, ID(2)*, 79-96.
- Dr.R.Rajappan, & M.Vivekanandhan. (2013). Static and Modal Analysis of Chassis by Using Fea. *The International Journal Of Engineering And Science (Ijes)*, 2(2), 63 - 73.
- Fan, Qin-man. (2011, 25-27 April 2011). *Modal Analysis of a Truck Transmission Based on ANSYS*. Paper presented at the Information and Computing (ICIC), 2011 Fourth International Conference.
- Feng, Guosheng, Jia, Sumei, Li, Ning, & Lin, Hao. (2012). Push rod failure analysis of a mining heavy dump truck. *Engineering Failure Analysis*, 25, 193-199.
- Forouzan, Mohammad Reza, & Hoseini, Rouhollah. (2010). Dynamic Analysis of a Modified Truck Chassis. *Majlesi Journal of Mechanical Engineering*, 3(4).
- Fui, T. H., & Rahman, R. A. (2007). Static and Dynamics Structural Analysis of a 4.5 Ton Truck Chassis. *Jurnal Mekanikal*, 27, 56 - 67.
- Ojo Kurdi, Roslan Abd. Rahman and Pakharudin Mohd Samin (2014). Optimization of Heavy Duty Truck Chassis Design by Considering Torsional Stiffness and Mass of the Structure. *Applied Mechanics and Materials Vol. 554 (2014) pp 459-463*.
- R A Rahman, M N Tamin and Ojo Kurdi (2008). Stress Analysis of Heavy Duty Truck Chassis As A Preliminary Data for Its Fatigue Life Prediction Using FEM. *Jurnal Mekanikal, December 2008, No. 26, 76-85*.
- Ojo Kurdi, Rifky Ismail, Amal B. Susilo dan Yudis, Analisa Tegangan pada Chassis Mobil Pedesaan Menggunakan Metode Elemen Hingga, Prosiding SNTTM XVI, 2017, hal 125-128.