Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 32692-32696

Analisis Rollover pada Microcar Dua Penumpang Berdasarkan Regulasi ECE-R66 Menggunakan Finite Element Method

Rahmawanda Miswar[1], Wanda Afnison[2], Waskito[3], Delima Yanti Sari[4]

[1,2,3,4]Departemen Teknik Mesin Universitas Negeri Padang

Corresponding Author : Rahmawanda Miswar E-mail: rahmawanda.miswar@gmail.com

Published: Juni , 2026

ABSTRAK

Kecelakaan terguling (rollover) merupakan jenis kecelakaan yang sangat berpotensi menimbulkan korban jiwa, sehingga faktor keamanan rangka penopang struktur perlu diperhitungkan secara matang sejak tahap perancangan kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik energi dan deformasi total yang terjadi pada rangka microcar dua penumpang saat mengalami rollover guna memastikan batas keamanannya sesuai standar regulasi ECE-R66. Metode yang digunakan adalah metode numerik dengan Finite Element Method (FEM) melalui simulasi Explicit Dynamic pada perangkat lunak ANSYS 2025 R2 Student Version. Objek penelitian berupa rangka baja ASTM A36 yang diuji melalui tiga variasi kondisi pembebanan dan arah guling: satu penumpang (guling kanan), satu penumpang (guling kiri), dan dua penumpang (guling kanan). Kondisi batas berupa kecepatan sudut (angular velocity) awal dihitung berdasarkan konversi energi potensial pada titik pusat gravitasi (center of gravity) kritis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai deformasi maksimal terbesar terjadi pada kondisi dua penumpang guling arah kanan, yaitu mencapai 0,1414 meter dengan serapan energi internal maksimal sebesar 3570,6606 Joule, dipicu oleh massa total kendaraan yang lebih besar (843,3723 kg). Meskipun terjadi deformasi pada bagian samping atas dan atap rangka, visualisasi pengujian mengonfirmasi tidak ada bagian struktur rangka yang menembus atau menyentuh area batasan aman (residual space). Dengan demikian, rancangan rangka microcar dua penumpang ini dinyatakan aman dan memenuhi standar keselamatan regulasi ECE-R66 sehingga layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Keyword : Microcar, Rollover, ECE-R66, Finite Element Method, Deformasi.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan zaman mengakibatkan kebutuhan manusia akan kendaraan roda empat terus meningkat, karena kendaraan sangat berperan penting dalam berjalannya mobilitas manusia. Oleh karena itu banyak perusahaan otomotif yang berlomba lomba untuk menciptakan produk yang lebih baik dalam memenuhi permintaan atas kebutuhan tersebut. Produk yang lebih baik yang dimaksud tidak hanya dari segi penampilan, namun juga dari segi keamanan dan faktor lainnya, mengingat seiring dengan peningkatan kebutuhan akan kendaraan roda empat ini juga terjadinya peningkatan angka kecelakaan (Putra et al., 2024).

Kecelakaan kendaraan roda empat di Indonesia memiliki berbagai jenis dan faktor penyebab, di mana salah satu jenis yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah kecelakaan terguling (*rollover*). Kendaraan yang dipilih sebagai objek kajian adalah *microcar* dua penumpang karena dinilai memiliki peluang pengembangan yang besar. Selain itu, *microcar* dua penumpang sangat relevan dengan kebutuhan masyarakat perkotaan berkat dimensinya yang ringkas (*compact*), kemudahan penggunaan, serta efisiensinya untuk mobilitas jarak pendek (Prabowo et al., 2023).

Analisis dan simulasi *rollover* pada *microcar* dua penumpang sangat penting dilakukan demi pengembangan produk dan jaminan keselamatan konsumen (Putra et al., 2024). Simulasi ini difokuskan pada komponen rangka (*chassis*) karena berfungsi sebagai penopang utama seluruh komponen kendaraan (Fitriyanto et al., 2017). Dengan demikian, tingkat keamanan pasca-kecelakaan *rollover* sangat bergantung pada kekuatan rangka dalam menerima dan menahan gaya impak yang terjadi.

Aturan yang menjadi acuan untuk pengujian ini adalah regulasi ECE-R66 yang mengatur tentang standar kekuatan kendaraan terutama bus terhadap kecelakaan jenis terguling (Utomo, 2018). Didalam aturan ini juga diatur mengenai *residual space* yang menentukan apakah kendaraan tergolong aman atau tidak jika terguling. *Residual space* ini adalah area di dalam kendaraan yang memiliki potensi keamanan penumpang yang tinggi. Untuk itu jika deformasi struktur kendaraan menyentuh atau melewati ke dalam area ini ketika terjadi terguling, bisa dipastikan kendaraan tersebut tergolong tidak aman dan perlu dilakukannya pengembangan *design* (Germany, 2009).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode numerik dengan menggunakan *finite element method* melalui fitur *Explicit Dynamic* pada *software* Ansys 2025 R2 *Student Version* (*workbench*). *Explicit dynamic* merupakan salah satu cabang dari metode elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis dinamika dan perilaku suatu benda ketika berada pada kondisi tertentu. Kondisi yang dimaksud adalah kondisi batas yang terjadi pada benda itu sendiri. Metode elemen hingga ini merupakan metode yang dibantu komputer dalam menganalisis dinamika dan perilaku benda melalui komputasi, dimana kumputasi yang dilakukan menggunakan data numerik dan algoritma. Versi *software* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Ansys 2025 R2 *Student Version*. Simulasi dilakukan pada rangka kendaraan ringan dua penumpang untuk perkotaan dalam bentuk tiga dimensi dengan spesifikasi material dan estimasi beban yang telah ditentukan, dengan dua variasi cara atau metode uji gulingnya, diantaranya metode sesuai regulasi ECE-R66 dan metode yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Deformation

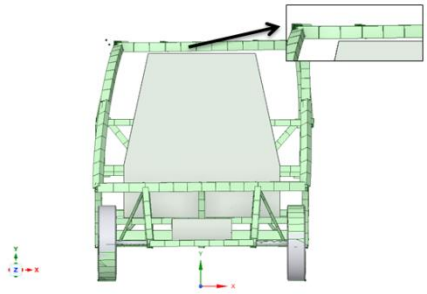
Setelah dilakukan simulasi, diperoleh hasil deformasi pada tiap-tiap *time step* dimasing-masing variabel yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut..

Tabel 1. Pengaruh Parameter Proses Elektroplating pada Baja Karbon Rendah Berdasarkan Studi Literatur

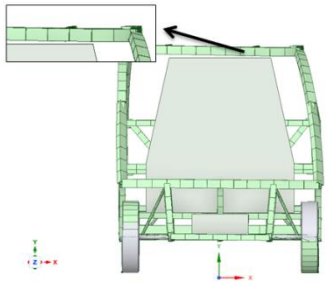
No.	*Time Step* (s)	*Total Deformation* (m)		
		Satu penumpang (guling kanan)	Satu penumpang (guling kiri)	Dua penumpang (guling kanan)
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0015	0,0099	0,0096	0,0099
3	0,0030	0,0199	0,0193	0,0199
4	0,0045	0,0299	0,0290	0,0299
5	0,0060	0,0399	0,0387	0,0399
6	0,0075	0,0499	0,0484	0,0499
7	0,0090	0,0571	0,0566	0,0571
8	0,0105	0,0630	0,0616	0,0629
9	0,0120	0,0682	0,0668	0,0682
10	0,0135	0,0738	0,0717	0,0738
11	0,0150	0,0799	0,0783	0,0799
12	0,0165	0,0866	0,0862	0,0868
13	0,0180	0,0940	0,0934	0,0945
14	0,0195	0,1004	0,1000	0,1014
15	0,0210	0,1063	0,1052	0,1075

16	0,0225	0,1120	0,1100	0,1137
17	0,0240	0,1175	0,1154	0,1200
18	0,0255	0,1228	0,1207	0,1258
19	0,0270	0,1273	0,1259	0,1312
20	0,0285	0,1319	0,1309	0,1365
21	0,0300	0,1359	0,1347	0,1414

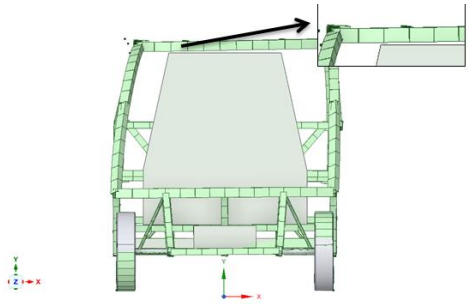
Untuk menentukan rangka kendaraan dapat dikatakan aman atau tidaknya, diperlukan perbandingan data visual antara residual space dengan rangka kendaraan yang terdeformasi. Untuk perbandingan tersebut pada masing-masing variabel dapat dilihat pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3 berikut.



Gambar 1. Satu penumpang (guling kanan)



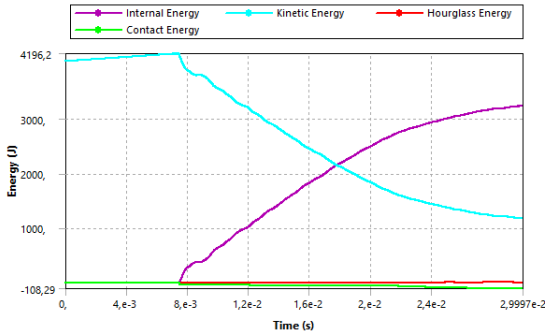
Gambar 2. Satu penumpang (guling kiri)



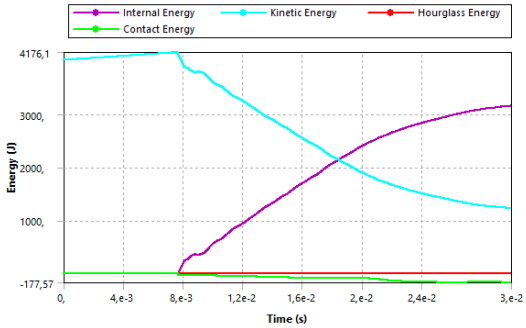
Gambar 3. Dua penumpang (guling kanan)

Plot Energy

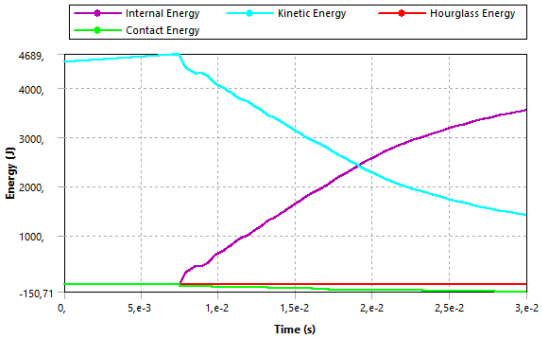
Untuk energi-energi yang bekerja pada sistem pengujian terdiri dari dua energi yang menjadi patokan utama yaitu energi kinetik dan energi internal. Untuk energi-energi tersebut pada masing-masing variabel dapat dilihat pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6 berikut.



Gambar 4. Satu penumpang (guling kanan)



Gambar 5. Satu penumpang (guling kiri)



Gambar 6. Dua penumpang (guling kanan)

Dari gambar 4.7, gambar 4.8, dan gambar 4.9 diperoleh bahwa energi kinetik yang diterima oleh masing-masing variabel sebesar 4059,0051 J, 4037,3376 J, dan 4534,7463 J pada awal tumbukan, energi ini yang nantinya diserap oleh deformasi yang terjadi pada rangka kendaraan dan berubah menjadi energi internal maksimal pada masing-masing variabel sebesar 3235,8357 J, 3170,0727 J, dan 3570,6606 J. Untuk detail lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Plot energi

Variabel	Jenis Energi	
	Energi Kinetik Maksimal (J)	Energi Internal Maksimal (J)
Satu penumpang (guling kanan)	4059,0051	3235,8357
Satu penumpang (guling kiri)	4037,3376	3170,0727
Dua penumpang (guling kanan)	4534,7463	3570,6606

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rangka microcar dua penumpang terbilang aman dengan perbedaan energi yang terbilang tidak terlalu besar meski terdapat variasi jumlah penumpang, dan rangka microcar ini dapat diproduksi secara konsep maupun produksi masal karena sudah diuji sesuai dengan standar regulasi ECE-R66 yang sudah dilakukan pada penelitian ini. Untuk

memaksimalkan kekuatan rangka, perlu dilakukan rekayasa material lanjut dan fokus perbaikan dan penguatan pada bagian sisi samping dan atap microcar dua penumpang.

REFERENCES

Fitriyanto, M. K. A., Imron, A., & Setiawan, T. A. (2017). Perancangan Kerangka Chassis Mobil Minimalis Roda Tiga. *In Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application*, *1*(1), 121–134. http://journal.ppns.ac.id/index.php/CDMA/article/view/351

Germany. (2009). *ECE Regulation No. 66*.

Prabowo, G., Purwanto, E., Nugraha, S. D., Sholihah, F. H., & Qudsi, O. A. (2023). Implementasi Single Stage Reducer-Buck Conveter pada Mobil Listrik Dua Penumpang. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, *9*(1), 128–135.

Putra, R. P., Yuvenda, D., Afnison, W., Lapisa, R., Milana, & Fauza, A. N. (2024). Design and Crash Test on a Two-Passenger City Car Frame using the Finite Element Method. *Automotive Experiences*, *7*(2), 270–283. https://doi.org/10.31603/ae.11306

Utomo, M. F. P. (2018). *Analisis Numerik Pengujian Roll-Over pada Kendaraan Multiguna Pedesaan Sesuai dengan Regulasi ECE-066*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.