

Analisis Pengujian Lower Guard Frame Berdasarkan Pembebanan Aktual dengan Metode CAE Finite Elements Analysis

Catrisia Ningrum¹, Henry Carles¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: ningrumcatrisia@gmail.com

Abstract

In the pickup truck with a capacity of 750 kg PT. XXX, the lower guard frame underwent a design change. The expected target is to have a performance close to or at least the same as the lower guard frame's performance in the previous design. On the results of vertical or press loading using FAE, the difference in displacement between the current model and the new model reaches 7.7 mm. Based on the loading applied, the new design has not yet reached the targeted performance. The standard load that is too large is 9670 N which means 986 kg for vertical force, while the car's load capacity only reaches 750 kg. The analysis was carried out on the results of the actual testing and the loading of the FEA method with an actual load of 2000 N for horizontal and vertical forces, according to the data obtained on the use of lower guard frames in Indonesia. From the results of the FEA 2000 N loading, the new design has a better performance with a ratio of 33% to 78%. Meanwhile, from the graph of the actual 2000 N load test, it is found that the lower guard frame is still within the elastic limit of the material so that it allows the lower guard frame to return to its original shape after experiencing deformation. The performance of the actual test can confirm the loading of the FEA with the results of the new design being 53% to 90% better than the current design

Keywords: Finite element analysis, lower guard frame, tensile and compressive testing.

Abstrak

Pada mobil bak terbuka berkapasitas 750 kg PT. XXX, pelindung bagian bawah bak muatan (lower guard frame) mengalami perubahan desain. Target yang diharapkan adalah mempunyai performa mendekati atau minimal sama dengan performa lower guard frame pada desain sebelumnya. Pada hasil pembebanan vertikal atau tekan menggunakan FAE, selisih displacement antara current model dan new model mencapai 7.7 mm. Berdasarkan pembebanan yang dilakukan, desain baru tersebut belum mencapai performa yang ditargetkan. Pembebanan standar yang terlalu besar yaitu 9670 N yang berarti sebesar 986 kg untuk vertical force, sedangkan kapasitas muatan mobil hanya mencapai 750 kg. Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian aktual dan pembebanan metode FEA dengan beban aktual sebesar 2000 N untuk horizontal dan vertical force, sesuai data yang didapatkan pada pemakaian lower guard frame di Indonesia. Dari hasil pembebanan FEA 2000 N didapatkan new design mempunyai performa lebih baik dengan perbandingan 33% hingga 78%. Sedangkan dari grafik pengujian aktual beban 2000 N, didapatkan lower guard frame masih berada dalam batas elastis material sehingga memungkinkan lower guard frame untuk kembali pada bentuk semula setelah mengalami deformasi. Untuk performa dari pengujian aktual dapat mengkonfirmasi pembebanan FEA dengan hasil new design 53% hingga 90% lebih baik dari current design

Kata kunci: Finite element analysis, lower guard frame, pengujian tarik dan tekan.

PENDAHULUAN

Lower guard frame pada ada mobil bak terbuka berkapasitas 750 kg PT. XXX, mengalami perubahan desain untuk mendapatkan model kerangka yang lebih ringan dengan tampilan sederhana dan dapat dilakukan *cost reduction*. Target yang diharapkan pada model baru tersebut adalah mempunyai performa mendekati atau minimal sama dengan performa lower guard frame pada model sebelumnya.

Pada simulasi yang dilakukan, digunakan *input force* sebesar 9670 N kearah vertikal dan 3570 N kearah horizontal. Nilai *force* tersebut didapatkan

dari data perhitungan standar beban dari PT.XXX untuk kendaraan bak terbuka bersekala *worldwide*. Namun setelah dilakukan simulasi pembebanan, kekuatan desain baru tersebut belum mencapai performa yang ditargetkan. Pada hasil pembebanan vertikal atau tekan menggunakan FAE, selisih *displacement* antara *current model* dan *new model* mencapai 7.7 mm.

Salah satu faktor yang mempengaruhi ketidaktercapaian performa *lower guard frame* adalah parameter pembebanan standar yang terlalu besar yaitu 3570 N yang berarti sebesar 986 kg untuk *vertical force*, sedangkan kapasitas muatan mobil hanya mencapai 750 kg. Pembebanan tersebut

mengacu pada *worldwide standart*, sedangkan *lower guard frame* yang didesain ini hanya akan ditujukan untuk market Indonesia. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai desain dengan pembebanan aktual mobil bak terbuka yang ada di Indonesia.

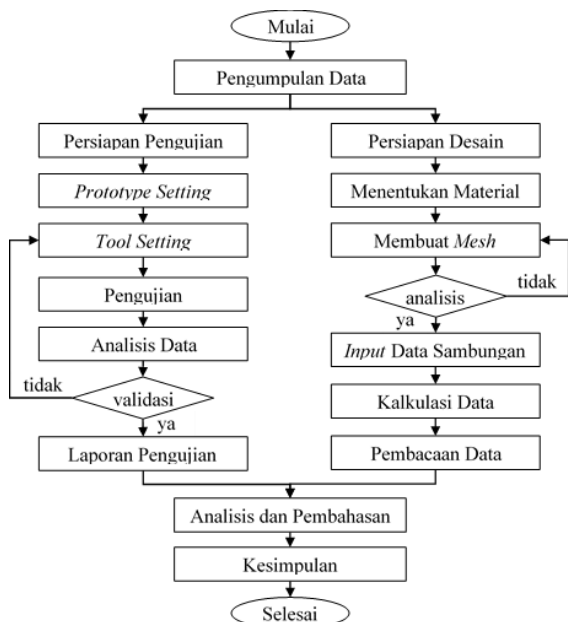
Tugas Akhir ini membahas tentang penelitian terhadap analisis hasil pengujian *lower guard frame* dengan simulasi pembebanan dan pengujian aktual yang kemudian dilakukan analisis pada hasil dari pengujian aktual tersebut untuk dapat mengkonfirmasi hasil pembebanan CAE – FEA yang telah dilakukan.

Tujuan Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis performa *lower guard frame* dengan pembebanan aktual menggunakan metode FEA, menganalisis hasil pengujian aktual *lower guard frame* melalui uji tekan dan tarik dengan beban aktual, dan menganalisis hasil pengujian aktual *lower guard frame* untuk mengkonfirmasi hasil pembebanan dengan metode FEA.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penyelesaian dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan flowchart, berikut ini merupakan gambar dari flowchart penelitian.



Gambar 1. Flowchart

Proses yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah pengujian aktual, pembebanan dengan *software* dan perbandingan hasil atau *output*. Untuk pengujian aktual dan pembebanan dengan

software dilakukan secara paralel, sehingga hasil atau *output* dari pengujian dan pembebanan dapat didapat secara bersamaan. Dalam pengerjaannya langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. **Pengumpulan Data**
Data yang diperlukan adalah data dasar yang dapat menentukan kekuatan dari *lower guard frame* yaitu spesifikasi dan data *force* yang digunakan. Untuk melakukan simulasi pembebanan dengan metode FEA, disiapkan gambar 3D *lower guard frame*.
2. **Persiapan Pengujian**
Mempersiapkan objek yang akan diuji yaitu *prototype lower guard frame*. Dan disiapkan alat-alat pengujian yaitu kawat baja, klem, katrol, *crane*, *load cell*, *displacement gauge*, dongkrak, *h-beam*, *ikeru jig*, baut, blok masa, dan data logger. Dilakukan pemeriksaan terhadap kondisi kelayakan alat uji yang akan digunakan agar menghasilkan *output* data yang akurat.
3. **Prototype Setting**
Dilakukan tahap awal pemasangan sesuai dengan *mounting guard frame* yang ada. Blok masa diposisikan sesuai dengan posisi *mounting (attachment bracket) guard frame* dan baut standar berukuran M8 dikaitkan pada blok masa. Pemasangan *prototype* harus sama dengan kondisi *lower guard frame* yang terpasang pada kendaraan agar hasil yang didapat relevan dengan kondisi aktual.
4. **Tool Setting**
Sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan, alat-alat pengujian dipasang mengikuti arah pembebanan. Ada dua jenis arah pembebanan yang dilakukan, yaitu pembebanan arah vertikal (uji tekan) dan pembebanan arah horizontal (uji tarik)
5. **Pengujian**
Pengujian dilakukan dengan cara memberikan pembebanan secara perlahan dan konstan, sehingga dapat menghasilkan grafik yang linier dari awal sampai akhir pengujian. Grafik hasil pengujian didapat dari pembacaan tegangan tekan dengan pembebanan dongkrak dan pembacaan tegangan tarik dengan pembebanan menggunakan *crane*.
6. **Analisis Data**
Dilakukan pengolahan data terhadap hasil pengujian yang berupa grafik reaksi dari pembebanan yang dilakukan pada *lower guard frame*. Dari hasil pengujian didapatkan data beban per satuan luas, kekuatan tarik, elongasi, dan modulus elastisitas *lower guard frame*.
7. **Laporan Pengujian**

- Hasil dari pengujian tarik dan tekan terangkum dalam laporan pengujian yang selanjutnya dapat dijadikan bahan untuk analisis dan pembahasan.
8. Persiapan Desain
Disiapkan data desain 3D model *lower guard frame* yang akan dijadikan objek pembebanan dalam CAE. Dan dilakukan pengecekan terhadap desain drawing 3D *lower guard frame* pada tiap profil.
 9. Menentukan Material
Memasukkan data material pada *database* CAE – FEA berdasarkan spesifikasi masing-masing komponen pembentuk *lower guard frame* yaitu material baja SPH270COD.
 10. Membuat Mesh
Membuat *mesh* setiap komponen utama dan komponen terkait yang ada pada *lower guard frame*. Dalam proses ini perlu diperhatikan akurasi dalam pembuatannya, karena hasil akurasi tersebut berpengaruh terhadap hasil analisis CAE – FEA.
 11. Input Data Sambungan
Memasukkan data sambungan antara tiap komponen berdasarkan lubang dan bidang yang terdapat area pengelasan. Setelah setiap komponen terhubung, diberikan batasan sesuai dengan kondisi pengujian aktual.
 12. Kalkulasi Data
Setelah semua parameter sudah ditentukan berdasarkan data *lower guard frame* dan kondisi pengujian aktual, maka dapat dilakukan kalkulasi data dengan pemberian gaya sesuai besarnya pembebanan aktual.
 13. Pembacaan Data
Merupakan tahap akhir dari proses pembebanan CAE – FEA. Dalam tahap ini akan ditampilkan hasil dari kalkulasi sesuai dengan parameter yang sudah dimasukkan.
 14. Analisis dan Pembahasan
Dari pengujian aktual dan pembebanan dengan metode FEA dilakukan analisis dan perbandingan dari hasil performa *lower guard frame* yang didapat.
 15. Kesimpulan
Ditarik kesimpulan dari hasil perbandingan terhadap performa *lower guard frame* berdasarkan pembebanan dengan metode FEA dan pengujian aktual melalui uji tekan dan tarik.

Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam pengujian

Kawat baja	• Diameter 10 mm
Klem kawat baja	• Diameter 10 mm

Katrol	• Tipe katrol timba • Diameter 15 cm • Panjang <i>hook</i> 8 cm
Crane	• Kapasitas 5 ton
Load cell	• Tipe <i>Ring Torsion</i> • Kapasitas 10 kN
Displacement gauge	• Kapasitas maks 50 ml • Model jarum
Dongkrak	• Tipe dongkrak gunting • Kapasitas 1 ton
H-beam	• Dimensi 200 x 100 x 10 • Panjang 3,5 m
Ikeru jig	• Ukuran 70 cm
Baut	• Ukuran M8
Blok masa	• Tipe persegi • Berat 65 kg

Tabel 2. Bahan yang digunakan adalah *lower guard frame* dengan spesifikasi berikut

Number of parts frame	5
Main process	<i>blank, forming, bending, notching, piercing, welding</i>
Material	SPC 270
Thickness	2.0
Surface Treatment	<i>Painting</i>
Dimension	1450 x 322
Weight	7.030 gr

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan CAE - FEA

Dilakukan persiapan awal yaitu menyiapkan 3D design *lower guard frame* dan data spesifikasi material yang digunakan. Besarnya nilai *yield strength* material yang diinput sebesar 215 Mpa untuk material *bracket* dan 245 Mpa untuk material *lower guard frame*. Pada ukuran mesh 1 mm didapatkan hasil terbaik yaitu 98.57 % *good* sehingga proses dapat dilanjutkan. Pada pembebanan ini diberikan *force* sebesar 2000 N arah pembebanan vertikal dan horisontal, besar *force* tersebut sesuai dengan data internal yang terbaru dari PT. XXX. Setelah semua tahapan selesai, FEA

akan mengkalkulasi data dan kemudian dilakukan pembacaan data hasil pembebanan tersebut.

Pengujian Tarik dan Tekan

Pengujian tarik dan tekan ini berfokus pada kekuatan *lower guard frame* dalam menahan beban pengujian. Oleh karena itu, *lower guard frame* dipasang pada mass blok menggunakan spesifikasi baut yang sama pada mobil. Selain itu kekencangan atau torsi baut menggunakan *torque* standar 33,5 N.m sesuai dengan prosedur perakitan *lower guard frame* pada produksi mobil.

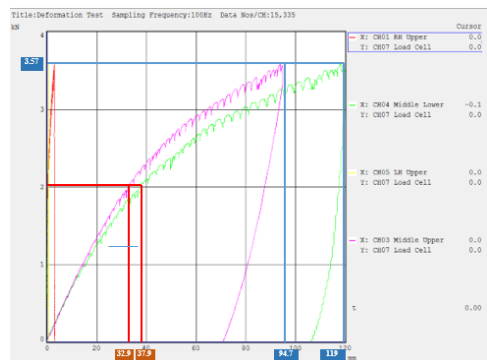
Acuan yang digunakan pada analisa kekuatan *lower guard frame* adalah besaran pergerakan deformasi pada saat pembebanan. Pergerakan material diukur dengan sensor *displacement gauge* yang ditempel. Sehingga kualitas kekuatan *lower guard frame* ditentukan oleh seberapa besar *displacement* yang timbul.

Hasil Pembebanan dan Pengujian

Berdasarkan hasil penelitian lebih lanjut yang dilakukan oleh PT. XXX mengenai desain dengan pembebanan aktual mobil bak terbuka yang ada di Indonesia, didapatkan bahwa *load* maksimal yang digunakan *lower guard frame* pada pemakaian aktual Indonesia tidak lebih dari 2000 N. Oleh karena itu besar *force* maksimal yang digunakan acuan pada desain baru *lower guard frame* adalah sebesar 2000 N.



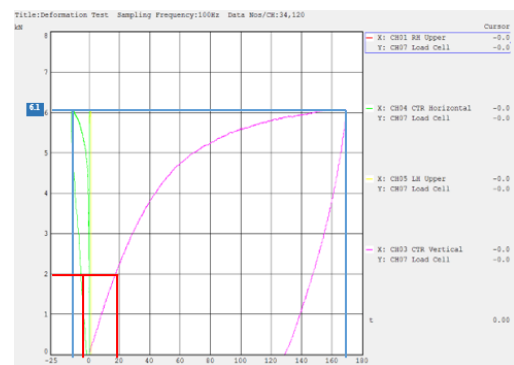
Gambar 2. Grafik hasil uji tarik *current design*



Gambar 3. Grafik hasil uji tarik *new design*



Gambar 4. Grafik hasil uji tekan *current design*



Gambar 5. Grafik hasil uji tekan *new design*

Saat dilakukan pengujian, beban yang diberikan pada pengujian tekan tidak dapat mencapai maksimal sesuai perhitungan. Pada *current design* dengan pemberian beban sebesar 7200 N, grafik sudah mulai landai dan akan menuju *fracture*. Dan begitu juga yang terjadi pada pengujian tekan *new design* saat beban sudah mencapai 6100 N

Berdasarkan pembebanan CAE *finite element analysis* pada *new design* yang telah dilakukan dengan besaran beban baru yaitu 2000 N, perubahan *splacement* yang terjadi dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 3. Prosentase selisih *displacement* pengujian tarik

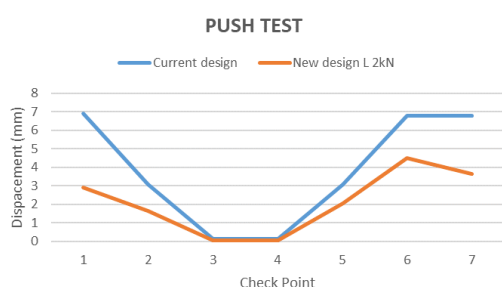
N	Displacement (mm)				Selisih	
	Current design		New design		Current VS New	
0	Push (9.67 kN)	Pull (3.57 kN)	Push (2 kN)	Pull (2 kN)	Pus h	Pull
1	6.9	16.1	2.93	7.31	3.97	8.79
2	3.07	8.3	1.64	3.97	1.43	4.33
3	0.125	1.2	0.04	0.43	0.09	0.77
4	0.149	0.268	0.04	0.06	0.11	0.21
5	3.06	0.958	2.05	0.34	1.01	0.61
6	6.78	1.73	4.52	0.63	2.26	1.10

7	6.81	6.9	3.64	3.30	3.17	3.60
---	------	-----	------	------	------	------

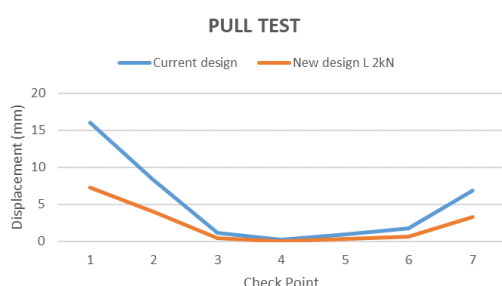
Dari hasil perbandingan perubahan *displacement current design* dan *new design*, didapatkan prosentase selisih pada tabel 2 berikut.

Tabel 4. Prosentase selisih *displacement current* vs *new design*.

Not e	Selisih <i>displacement current</i> vs <i>new design</i>						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Pus h</i>	58 %	47 %	72 %	74 %	33 %	33 %	47 %
<i>Pull</i>	55 %	52 %	64 %	78 %	64 %	64 %	52 %



Gambar 6. Grafik *push test current* vs *new*



Gambar 7. Grafik *push test current* vs *new*

Tabel 5. Prosentase selisih *displacement* pengujian tarik

Check point	Displacement (mm)			
	Current design	New design	Selisih	Prosentase
<i>Middle upper</i>	94.7	32.9	61.8	65%
<i>Middle lower</i>	119	37.9	81.1	68%

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa perbedaan terbesar pada perubahan *displacement new design* bisa mencapai 78% dibanding *current design*. Dan untuk selisih perubahan *displacement* paling sedikit setidaknya 33% lebih baik dibanding *current design*. Sehingga dapat dinyatakan bahwa secara pembebanan CAE, *new design* dengan beban 2000

N mempunyai perbandingan performa lebih baik dari *current design*.

Pada pengujian tarik *new design* menghasilkan *displacement* sebesar 37.9 mm pada *middle lower* dan 32.9 mm pada *middle upper*. Sehingga dari hasil tersebut yang dapat dilihat pada tabel 5, didapatkan bahwa *new design* mengalami perubahan *displacement* sebesar 65% lebih kecil dibagian *middle upper* dan 68% lebih kecil dibagian *middle lower*.

Tabel 6. Prosentase selisih *displacement* pengujian tekan

Check point	Displacement (mm)			
	Current design	New design	Selisih	Prosentase
<i>Middle vertical</i>	168.6	17.1	151.5	90%
<i>Middle horizontal</i>	11.6	5.4	6.2	53%

Tabel 6. merupakan hasil dari grafik pengujian tekan, tekan dihasilkan *displacement* sebesar 17.1 mm pada *center vertical* dan 5.4 mm pada *center horizontal*. Dan dari hasil tersebut didapatkan bahwa *new design* mengalami perubahan *displacement* sebesar 90% lebih kecil dibagian *middle vertical* dan 53% lebih kecil dibagian *middle horizontal*.

Dilihat dari bentuk grafik yang dihasilkan pada *new design*, dengan *force* sebesar 2000 N letaknya masih dibawah batas elastis sehingga memungkinkan *lower guard frame* untuk kembali pada bentuk semula setelah mengalami deformasi sehingga dapat dinyatakan bahwa performa *new design* lebih baik dibandingkan *current design*.

Pada pembebanan CAE didapatkan perbedaan *displacement* sebesar 33% hingga 78%, sedangkan pada pengujian aktual nilai perbedaan *displacement* sebesar 53% hingga 90%. Dilihat dari pengujian aktual yang dilakukan, hasil menunjukkan bahwa performa *new design* lebih baik jika dibandingkan dengan *new design*. Hal ini telah mengkonfirmasi bahwa hasil dari pembebanan CAE *finite element analysis* sesuai dengan perkiraan pemakaian aktual

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian *lower guard frame*. *New design* pada *lower guard frame* dengan pembebanan 2000 N mempunyai performa lebih baik karena *displacement* yang dihasilkan *new design* lebih kecil 33% hingga 78% dibanding *current design*. Pembebanan sebesar 2000 N pada *new design* masih berada dalam batas elastis material sehingga memungkinkan *lower guard frame* untuk kembali pada bentuk semula setelah

mengalami deformasi. Pengujian aktual yang dilakukan dapat mengkonfirmasi hasil pembebanan CAE *finite element analysis* yang dapat diketahui bahwa performa *new design lower guard frame* lebih baik dibanding *current design* dengan nilai perubahan *displacement* sebesar 53% hingga 90%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang sudah berkontribusi dan membantu penulis dalam penyelesaian makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arief, T. M., & Sugianto. (2014). Analisis Kekuatan Struktur Pallet Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol.7 No.1, 68-70.
- [2] Budiman, H. (2016). Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) pada Baja ST37 dengan Alat Bantu Ukur Load Cell. *Jurnal J-Ensitem : Vol. 3*, 13.
- [3] Callister, J. W., & Rethwisch, D. G. (2014). *Material Science and Engineering : an Introduction (9th Edition)*. Hoboken: John Willey & Sons, Inc.
- [4] Logan, D. L. (2012). *A First Course in the Finite Element Methode* (5th edition). Stanford: Global Engineering.
- [5] Nash, W. A., & Potter, M. C. (2011). *Schaum's outlines : Strength of Materials (5th Edition)*. Michigan: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [6] PP. (2012). Kendaraan. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia* No. 55, 1-92.
- [7] Seshu, P. (2012). *Textbook of Finite Element Analysis*. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- [8] Sulaeman, B. (2018). Modulus Elastisitas Berbagai Jenis Material. *Pena Teknik : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 131.
- [9] Verderaime, V. (1992). Structural Deterministic Safety Factors Selection Criteria and Verification. *NASA Technical Paper* 3203, 37.
- [10] Wariyatno, N. G., & Haryanto, Y. (2013). Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah sebagai Nilai Estimasi Kekuatan Sisa pada Beton Serat Kasa Aluminium Akibat Variasi Suhu. *Dinamika Rekayasa* Vol. 9 No.1, 26.
- [11] Yu, T. (2016). Tensile / Tension Test Fundamentals. *Engineering Materials Laboratory*, 7