

Pengembangan *Bumper* Depan Mobil *Pick Up* Multiguna Pedesaan

Alfie Adiananda, dan I Made Londen Batan
 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: londbatan@me.its.ac.id

Abstrak—Tim Pengembangan Mobil Jurusan Teknik Mesin ITS bekerja sama dengan PT. INKA, PT. Railindo Global Karya, dan PT. Karya Tugas Anda melakukan pengembangan mobil GEA. Salah satu pengembangan yang akan dilakukan adalah pengembangan desain *bumper* depan. Dari hasil pengkajian pada bagian *bumper*, tidak ditemukan adanya *fog lamp* untuk membantu penerangan pada saat cuaca buruk. Rancangan *bumper* baru terbuat dari komposit jenis e-glass dan pengujiannya mengikuti standar, dimana gaya yang terjadi pada saat terjadi benturan dihitung berdasarkan standar pengujian ECE Regulation No.42. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa kekuatan *bumper* depan dalam menahan benturan. Langkah-langkah dalam pengembangan *bumper* adalah mensimulasikan pengujian tumbukan untuk mengetahui nilai deformasi dan tegangan dari tiap ketebalan *bumper* yang berbeda, lalu setelah didapatkan ketebalan yang sesuai akan dilakukan proses pembuatan dan pemasangan *bumper* depan pada mobil *pick up* multiguna. Hasil yang didapatkan dari penelitan ini adalah *bumper* hasil pengembangan memiliki dimensi panjang 1430 mm, lebar 500 mm, tinggi 500 mm dan ketebalan *bumper* yang dipilih adalah 4 mm dimana tegangan yang terjadi adalah sebesar 785,98 MPa sedangkan deformasi *bumper* hasil simulasi adalah sebesar 18,160 mm, jauh lebih kecil daripada deformasi yang diizinkan yaitu 60 mm. Proses pembuatan bumper dengan metode *wet-lay up*.

Kata Kunci— *Bumper*, ECE Regulation No.42, Komposit.

I. PENDAHULUAN

Sejak tahun 2012, Tim Pengembangan Mobil Jurusan Teknik Mesin ITS melakukan pengembangan mobil GEA dengan dana hibah dari Kementrian Riset dan Teknologi. Untuk pengembangan, telah dilakukan kajian secara menyeluruh terhadap mobil yang ada mulai dari bagian *engine*, *chassis*, pengereman, transmisi, *steering*, dan *body*. Dari hasil pengkajian tersebut dilakukan pengembangan pada mobil GEA. Salah satu pengembangan yang akan dilakukan adalah pengembangan desain bumper depan. Bumper depan mobil multi guna pedesaan saat ini seperti terlihat pada gambar 1.



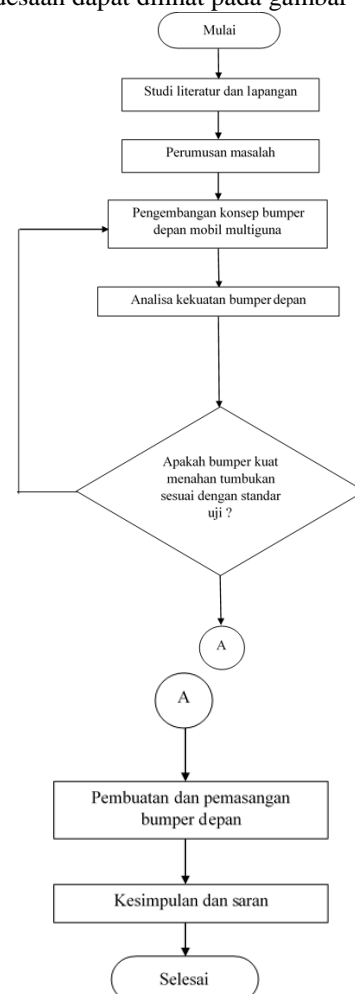
Gambar 1. Bumper depan mobil GEA yang lama

Seperti terlihat pada gambar 1, *bumper* depan mobil GEA ini mempunyai lubang untuk aliran udara yang lebar dan tidak ada tempat untuk pemasangan pelat nomor, tidak

ditemukan adanya *fog lamp*, dan dimensi *bumper* yang terlalu besar. Tujuan yang ingin dicapai adalah mengembangkan bumper depan mobil multiguna pedesaan dengan bahan komposit *fiber glass* yang mampu memenuhi standar pengujian benturan pada kecepatan rendah. Batasan masalah adalah topik yang dibahas yaitu pengembangan *bumper* depan mobil multiguna pedesaan dan bahan yang digunakan untuk *bumper* adalah komposit dengan penguat berupa serat kaca. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif desain bumper depan yang sesuai dengan dimensi mobil multiguna pedesaan.

II. METODE PENELITIAN

Diagram alir pengembangan *bumper* depan mobil *pick up* multiguna pedesaan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

III. RANCANGAN BUMPER MOBIL MULTIGUNA

A. Kajian Bumper Mobil Multiguna Pedesaan (Existing Product)

Dari hasil kajian mengenai mobil *pick up* multiguna pedesaan secara keseluruhan [1], diketahui bahwa pada bagian *bumper* perlu dilakukan perancangan ulang karena masih dapat dimaksimalkan fungsinya selain melindungi bagian *body* dari benturan. Hasil kajian dari penelitian sebelumnya menyebutkan pada bagian *grill* dari *bumper* dinilai terlalu lebar dan tidak terfokus mengarah ke radiator serta dimensi dari *bumper* yang harus diubah karena dimensi mobil keseluruhan yang juga berubah menjadi lebih kecil.

Tabel 1. Hasil Kajian Bumper Depan Mobil *Pick Up* Multiguna Pedesaan

No.	Nama Bagian	Ketersediaan	Catatan
1.	<i>Grill</i>	Ada	Terlalu lebar
2.	Tempat <i>fog lamp</i>	Tidak Ada	Perlu dibuatkan ruang
3.	Tempat pelat nomor	Tidak Ada	Perlu dibuatkan tempat

B. Rancangan Bumper Baru

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah disebutkan, maka dilakukan pembuatan rancangan desain *bumper* depan yang baru. Dengan rancangan *bumper* depan yang baru ini, diharapkan *bumper* depan ini memiliki fungsi tambahan selain melindungi bagian *body* dari benturan. Fungsi tambahan tersebut antara lain adanya tempat untuk memasang *fog lamp* dan tempat untuk memasang pelat nomor registrasi kendaraan. Keberadaan *fog lamp* dapat membantu pengemudi dalam hal penerangan pada malam hari maupun pada kondisi cuaca yang buruk. Sementara adanya tempat untuk memasang pelat nomor registrasi kendaraan dapat mempermudah dalam hal pemasangan pelat nomor tersebut.



Gambar 3. Bumper depan rancangan baru

Bumper depan yang baru ini mempunyai dimensi yang lebih kecil daripada bumper depan sebelumnya serta memiliki geometri yang mengikuti lengkung dari bentuk lampu dan *side front panel* mobil multiguna hasil pengembangan. Dimensi bumper rancangan baru disesuaikan dengan dimensi kabin mobil pedesaan multiguna hasil pengembangan, yaitu panjang 1430 mm, lebar 500 mm, dan tinggi bumper 500 mm.

C. Pemilihan Material Bumper

Pemilihan material untuk bumper depan berdasarkan tabel 1. Material yang dipilih adalah komposit *fiber* tipe *E glass*.

Material tersebut dipilih karena memiliki biaya yang paling rendah dibandingkan dengan material *fiber* lainnya seperti *fiber* tipe S, grafit, boron, dan Kevlar sehingga dapat mengurangi biaya produksi. *Bumper* diharapkan memiliki berat yang ringan, *fiber* tipe E memiliki *density* sebesar 2,54 g/cm³ yang tidak terpaut jauh perbedaannya dengan tipe S *glass* yang memiliki *density* 2,50 g/cm³ dengan biaya yang lebih tinggi sehingga berat *bumper* dengan *fiber* tipe E tidak akan terpaut jauh dibandingkan jika menggunakan *fiber* tipe S. Selain itu *fiber glass* tipe E juga merupakan jenis yang paling umum digunakan dalam industri kendaraan sehingga ketersediaannya terjamin.

D. Analisa Kekuatan Bumper

Rancangan *bumper* depan yang baru perlu diuji untuk mengetahui kekuatannya ketika diberikan gaya tumbukan yang sesuai dengan standar pada *ECE Regulation No.42*. Standar tersebut mengharuskan *bumper* mampu menahan gaya benturan yang diberikan oleh *impactor* yang bergerak dengan kecepatan 4 km/jam untuk tumbukan frontal.

Impactor terbuat dari bahan baja dengan konstruksi *rigid*. Berat dari *impactor* diasumsikan sama dengan berat kendaraan *unladen*. *Unladen weight* dari mobil multiguna pedesaan adalah sebesar 1210 kg. Simulasi pengujian dilakukan dengan software FEA untuk melihat deformasi dan tegangan maksimal yang terjadi pada bumper ketika ditumbuk oleh *impactor*. Simulasi yang digunakan adalah analisa *explicit dynamics*. Ada beberapa *boundary conditions* yang digunakan dalam simulasi ini yaitu :

- *Impactor* bergerak dengan kecepatan konstan sebesar 4 km/jam (1,11 m/s)
- Bumper ditumpu dengan tumpuan *fixed support* melalui 2 bidang berukuran 43mm x 190mm yang memiliki jarak 315 mm dari tepi bumper yang berada pada bagian belakang bumper.

Simulasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. Proses *input* data material untuk *impactor* dan bumper.

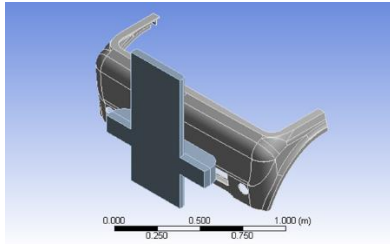
Data properti material dimasukkan ke dalam software melalui submenu *Engineering Data*. Untuk material *impactor* dipilih *structural steel* dengan *density* sebesar 40421 kg/m³ agar berat *impactor* sesuai dengan berat *unladen* dari kendaraan. Sedangkan untuk bumper, dibuat material baru dengan data material yang digunakan adalah data material *epoxy e-glass* [1].

2. Proses penentuan geometri benda

Geometri benda yang telah didesain menggunakan software *computer aided design* diimport ke dalam software *finite element analysis*.

3. Proses *modelling*

Proses ini terdiri dari *meshing* dan *setting* kondisi sesuai dengan standar yang diinginkan. *Meshing* menggunakan pilihan *program controlled*. *Setting* kondisi untuk sistem *explicit dynamics* dilakukan dengan memberikan input berupa *velocity* sebesar 1,1 m/s pada komponen yang bergerak yaitu *impactor*.



Gambar 4. Posisi *impactor* dan *bumper* saat simulasi

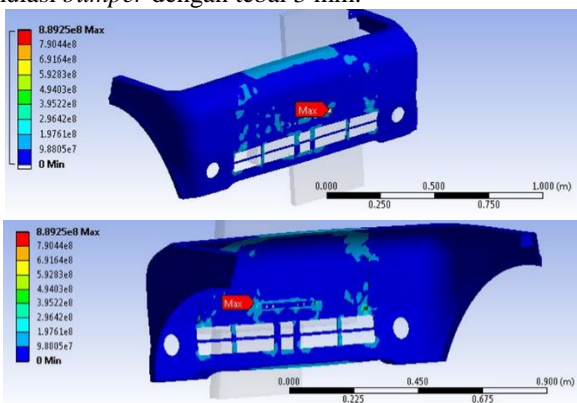
4. Proses *running* dan hasil simulasi

Setelah kondisi disesuaikan dengan standar yang diinginkan, dilakukan pemilihan data yang akan dihasilkan. Untuk simulasi ini dipilih tegangan ekuivalen yang terjadi (*Von Mises Equivalent Stress*), deformasi yang terjadi pada bumper, serta energi kinetik *impactor* dan energi internal *bumper*. Proses simulasi dilakukan dengan melakukan *solve* untuk pengkondisian yang sudah ditetapkan.

Deformasi maksimal digunakan untuk mengetahui apakah deformasi bumper akibat dari tumbukan melebihi jarak 60 mm, yaitu jarak dari ujung bumper hingga *front hood* maupun lampu dari mobil sehingga deformasi maksimal dari bumper tidak boleh melebihi 60 mm. Tegangan ekuivalen digunakan untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang terjadi pada bumper. Nilai tegangan digunakan untuk mencari nilai dari faktor keamanan. Nilai faktor keamanan yang dibutuhkan adalah sebesar 1,25 [2].

E. Analisa Tegangan Ekuivalen (*Von Mises*)

Simulasi dilakukan untuk mengetahui besar tegangan yang terjadi pada bumper ketika diberikan beban tumbukan. Ketebalan bumper yang ditentukan pada simulasi ini adalah ketebalan 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm. Nilai *ultimate strength* (*Su*) dari material *epoxy e-glass* adalah sebesar 1020 MPa [1]. Gambar 5 adalah sebuah contoh simulasi *bumper* dengan tebal 3 mm.



Gambar 5. Hasil simulasi nilai tegangan Von Mises pada bumper 3 mm

Pada gambar 5, warna merah menandakan area yang mengalami tegangan paling besar, sementara yang berwarna biru merupakan area yang mengalami tegangan paling kecil. Tegangan maksimal tersebut terjadi pada bagian yang ditunjukkan oleh tanda *max*, yaitu bagian tempat pemasangan pelat nomor pada *bumper*. Perhitungan untuk mengetahui faktor keamanan :

$$SF = \frac{Su}{\sigma}$$

$\sigma = 889,25 \text{ MPa}$
 $Su = 1020 \text{ MPa}$
 $SF = 1,14$

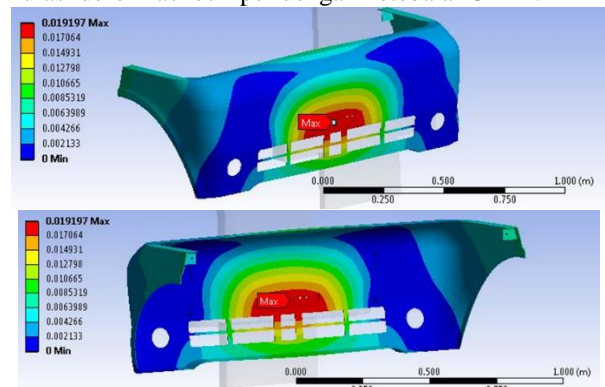
Dengan cara yang sama, hasil simulasi tegangan ekuivalen dan perhitungan faktor keamanan pada ketebalan bumper lainnya adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil simulasi tegangan ekuivalen

Tebal Bumper (mm)	Tegangan Ekuivalen (MPa)	Faktor Keamanan
3	889,25	1,14
4	785,98	1,29
5	689,40	1,48
6	670,28	1,52
7	498,95	2,04

F. Analisa Deformasi

Sama seperti pada analisa tegangan von mises yang terjadi pada bumper, selanjutnya akan dilakukan analisa deformasi yang terjadi pada bumper. Ketebalan bumper yang dianalisa berturut-turut adalah 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm. Gambar 6 memberikan sebuah contoh hasil simulasi deformasi bumper dengan ketebalan 3 mm.



Gambar 6. Hasil simulasi deformasi pada bumper 3 mm

Pada gambar 6, warna merah menandakan area yang mengalami deformasi paling besar, sementara yang berwarna biru merupakan area yang mengalami deformasi paling kecil. Deformasi maksimal terjadi pada area tempat pemasangan pelat nomor registrasi kendaraan dan pada bagian *grill* dari bumper yang mengalami kontak langsung dengan *impactor*. Nilai deformasi maksimal untuk *bumper* dengan ketebalan 3 mm adalah 19,197 mm.

Dengan cara yang sama, hasil simulasi tegangan ekuivalen dan perhitungan faktor keamanan pada ketebalan bumper lainnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil simulasi deformasi bumper

Tebal Bumper (mm)	Deformasi (mm)
3	19,197
4	18,160
5	17,267
6	14,199
7	11,677

G. Energi yang Mampu Diserap Oleh Bumper

Dari hasil simulasi yang dilakukan, didapatkan energi kinetik *impactor* dan energi internal dari *bumper*. Energi kinetik dan energi internal tersebut digunakan untuk menghitung seberapa besar energi yang mampu diserap oleh *bumper* pada tiap ketebalan.

Tabel 5. Energi yang diserap oleh bumper

Tebal Bumper (mm)	Energi Kinetik Impactor (Joule)	Energi Internal Bumper (Joule)	Energi yang Diserap (%)
3	729,11	690,20	94,6
4	729,11	690,45	94,6
5	729,11	691,73	94,8
6	729,10	687,80	94,3
7	729,09	686,90	94,2

Dari tabel 5 diketahui bahwa besar energi yang mampu diserap oleh tiap ketebalan hampir sama, semua ketebalan mampu menyerap lebih dari 94% dari energi yang diberikan oleh *impactor*.

H. Pemilihan Ketebalan Bumper

Dari hasil perhitungan faktor keamanan, *bumper* yang masuk ke dalam kriteria adalah bumper dengan ketebalan 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm. Namun yang memiliki faktor keamanan yang paling dekat dengan 1,25 adalah *bumper* dengan ketebalan 4 mm. Faktor keamanan sebesar 1,25 dipilih karena fungsi *bumper* hanya sebagai pelindung agar jika terjadi benturan tidak langsung mengenai bagian kabin mobil, jika terlalu tebal maka hanya akan menambah biaya produksi serta menambah bobot dari kendaraan.

Dari hasil simulasi deformasi, *bumper* dengan ketebalan 3 mm hingga 7 mm semua memenuhi kriteria tidak melebihi deformasi yang diizinkan.

Berat dari *bumper* mempengaruhi pemilihan ketebalan *bumper*, karena semakin kecil ketebalan bumper, maka berat *bumper* pun semakin kecil. Ketebalan yang kecil juga dapat mengurangi biaya produksi dari *bumper* karena material yang digunakan semakin sedikit.

Tabel 6. Berat bumper pada tiap ketebalan

Tebal Bumper (mm)	Berat (kg)
3	6,939
4	9,148
5	11,342
6	13,519
7	15,679

Dari hasil analisa tersebut, maka dipilih ketebalan 4 mm karena telah memenuhi syarat faktor keamanan pada tegangan ekuivalen, deformasi yang terjadi, dan memiliki bobot yang paling ringan.

IV. PROSES PEMBUATAN DAN PEMASANGAN BUMPER DEPAN

A. Tempat Pembuatan Bumper Depan

Proses pembuatan bumper depan dari mobil multiguna pedesaan ini dilakukan di PT. Karya Tugas Anda. Selain *bumper*, PT. Karya Tugas Anda juga merupakan tempat

pembuatan *dashboard*, *box* multiguna, kabin belakang untuk penumpang, serta bak *pick-up* dari mobil multiguna pedesaan.

B. Proses Pembuatan Bumper Depan Mobil Pick Up Multiguna Pedesaan

Pada PT. Karya Tugas Anda, proses pembuatan produk dengan material komposit menggunakan metode *wet lay up*. Proses pembuatan *bumper* depan ini juga menggunakan metode *wet lay up*. *Wet lay up* adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari fabrikasi komposit.

Proses pembuatan *bumper* depan mobil multiguna pedesaan ini ada beberapa tahapan, yaitu :

1. Pembuatan gambar teknik dari desain *bumper* yang baru
2. Pembuatan cetakan positif *bumper* depan yang baru
3. Pembuatan cetakan negatif
4. Pembuatan *bumper* depan dengan bahan komposit *fiber glass*
5. Pelepasan *bumper* depan dengan cetakannya
6. Pemeriksaan permukaan *bumper*
7. Pengecatan *bumper* depan
8. Pemasangan *bumper* pada *body* mobil



Gambar 7. Mobil multiguna pedesaan setelah proses *finishing*

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. *Bumper* depan yang baru ini memiliki geometri yang mengikuti lengkung dari bentuk lampu dan *side front panel* serta dimensi kabin mobil pedesaan multiguna hasil pengembangan, yaitu panjang 1430 mm, lebar 500 mm, dan tinggi 500 mm.
2. Material yang digunakan untuk pembuatan bumper adalah komposit *fiber glass* dengan *fiber* tipe E-glass. Ketebalan *bumper* yang dipilih adalah dengan ketebalan 4 mm dimana tegangan yang terjadi adalah sebesar 785,98 MPa sedangkan deformasinya adalah 18,160 mm, jauh lebih kecil daripada deformasi yang diizinkan yaitu 60 mm.
3. Proses pembuatan *bumper* depan dengan material komposit *fiber glass* menggunakan metode *wet-lay up* yang dilakukan di PT. Karya Tugas Anda, Pasuruan, Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Callister, Jr. William D. 2007. "Material Science And Engineering An Introduction". New York : John Wiley & Sons, Inc.
 [2] Deutschman, A.D., Michels, W.J., dan Wilson, C. F. 1975. *Machine Design Theory And Practice*. New York: Macmillan Publishing Co., Inc. 306-309.