

REKAYASA BODI DAN CHASIS MOBIL BAHAN BAKAR ETANOL (BBE)



Disusun Oleh :

YUSUF MAULANA ZAINI

I 8607046

**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK MESIN OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

com/2010user

HALAMAN PERSETUJUAN

Proyek Akhir dengan Judul "Rekayasa Bodi dan Chasis Mobil Bahan Bakar Etanol (BBE)" ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pada Hari :
Tanggal :



Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T.

Dody Ariawan, S.T., M.T.

NIP.19681004 199903 1 002 *commit to use* **NIP. 19730804 199903 1 003**

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini telah dipertahankan dihadapan Tim penguji Proyek Akhir Program Studi DIII Teknik Mesin Otomotif Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar Ahli Madya.

Pada Hari :

Tanggal :

Tim Penguji Proyek Akhir

1. Ketua / Penguji I

Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T.

NIP.19681004 199903 1 002

2. Penguji II

Dody Ariawan, S.T., M.T.

NIP. 19730804 199903 1 003

3. Penguji III

Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T.

NIP. 19710103 199702 1 001

4. Penguji IV

Muhammad Nizam, M.T., Phd

NIP. 19700720 199903 1 001

Mengetahui,

Ketua Program DIII Teknik Mesin

Disahkan,

Koordinator Proyek Akhir

Zainal Arifin, S.T., M.T.

NIP. 19730308 200003 1 001

Jaka Sulistya Budi, S.T.

NIP. 19671019 199903 1 001

HALAMAN MOTTO

- ❖ *Manusia sepantasnya berdoa dan berusaha, walau Tuhan yang menentukan.*
- ❖ *Kita tidak bisa membangun masa depan kita tanpa membantu orang lain membangun masa depan mereka.*
- ❖ *Anda bisa sukses sekali pun tak ada orang yang percaya anda bisa. Tapi anda tak pernah akan sukses jika tidak percaya pada diri sendiri.*
- ❖ *Dalam hidup ini, banyak orang yang gagal karena tidak menyadari betapa mereka sudah mendekati sukses disaat mereka menyerah.*
- ❖ *Tak ada suatu rencana tidak dapat terwujud kala kita punya keyakinan dan mengubah cara pandang kita, semua itu dapat terwujud karena tekad semangat dan keyakinan.*
- ❖ *Keberhasilan ialah secuil rasa bahagia yang paling indah di dunia ini.*
- ❖ *Kegagalan merupakan sebuah peringatan atas kesalahan kita dalam mewujudkan cita-cita.*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebuah hasil karya yang kami buat demi menggapai sebuah cita-cita, yang ingin ku-persembahkan kepada:

Allah SWT serta nabi junjungan kita Muhammad SAW yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga hamba dapat melaksanakan 'Tugas Akhir' dengan baik serta dapat menyelesaikan laporan ini.

Ayah dan Ibu yang saya sayangi dan cintai yang telah memberi dorongan moril maupun materil serta semangat yang tinggi sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Kakak dan Ade'ku yang saya sayangi dan cintai.

Teman – teman seperjuangan yang saya sayangi, ayo kejar cita – citamu.

Teman – teman HMP D3 FT terima kasih banyak atas pengalamannya.

D III Otomotif dan Produksi angkatan '07 yang masih tertinggal, tetap semangat Bro !!! perjuangan belum berakhir.

Teman – teman Oto_nk tetap kompak dan semangat.

Seseorang yang selalu di hatiku.

Alip, Adit, dan Arif makasih telah berjuang bersama.

Ade'-ade' angkatanku, tingkatkan mutu dan kualitas diri, jangan pernah menyerah !!!

ABSTRAKSI

YUSUF MAULANA ZAINI, 2010, REKAYASA BODI DAN CHASIS MOBIL BAHAN BAKAR ETANOL (BBE), Proyek Akhir, Program Studi, Diploma III Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pembuatan mobil bahan bakar etanol (BBE) ini difokuskan pada bagian chasis dan bodi mobil bahan bakar etanol (BBE). Proyek Akhir ini bertujuan untuk mampu membangun bodi mobil yang terbuat dari komposit serta merekayasa chasis mobil bahan bakar etanol (BBE).

Proses pembuatan bodi mobil BBE ini melalui beberapa tahapan yaitu pembuatan desain, pembuatan *master*, pembuatan cetakan, pembuatan lapisan *gelcoat*, pembuatan bodi komposit, dan proses *finishing*. Proses pembuatan bodi komposit dilakukan dengan proses laminasi dan menggunakan metode *hand lay-up*. Rekayasa chasis menggunakan chasis Honda Civic yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan.

Dari hasil pembuatan bodi dan rekayasa chasis mobil bahan bakar etanol (BBE) ini, bodi mobil dan chasis aman untuk dibebani. Biaya pembuatan bodi mobil bahan bakar etanol (BBE) ini adalah Rp 28.245.750,00.

Kata kunci : bodi komposit, rekayasa chasis, mobil etanol, lapisan *gelcoat*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini dengan judul "REKAYASA BODI DAN CHASIS MOBIL BAHAN BAKAR ETANOL (BBE)". Laporan Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Ahli Madya (A.Md) dan menyelesaikan Program Studi DIII Teknik Mesin Otomotif Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mengalami masalah dan kesulitan, tetapi berkat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, pada kesempatan yang bahagia ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T., selaku pembimbing I Proyek Akhir.
2. Bapak Dody Ariawan, S.T., M.T., selaku pembimbing II Proyek Akhir.
3. Bapak Zainal Arifin, S.T., M.T., selaku Ketua Program D III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Bapak Jaka Sulistya Budi, S.T., selaku koordinator Proyek Akhir.
5. Bapak Sigit Sugiarto, A.Md, S.T., Bapak Jatmiko, Bapak Ageng, Bapak Parlan, dan Bapak Agung dari PT. INKA terima kasih atas bimbingan dan bantuannya selama proses pembuatan bodi di Madiun.
6. Arief, Adit, dan Alip sebagai teman satu kelompok terima kasih atas kekompakan dan kerja samanya dalam menyelesaikan Proyek Akhir.
7. Solikhin, Rohmad, dan Sariyanto selaku laboran Motor Bakar terima kasih atas bimbingan dan bantuannya.
8. Teman – teman seangkatanku, D3 Teknik Mesin Otomotif 2007 terima kasih atas persaudaraan, kekompakan dan canda tawanya.
9. Teman – teman dikos terima kasih canda tawanya.
10. Semua pihak semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu – persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala kritikan yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis hanya bisa berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca baik dari kalangan akademis maupun lainnya.

Surakarta, Juli 2010

Penulis

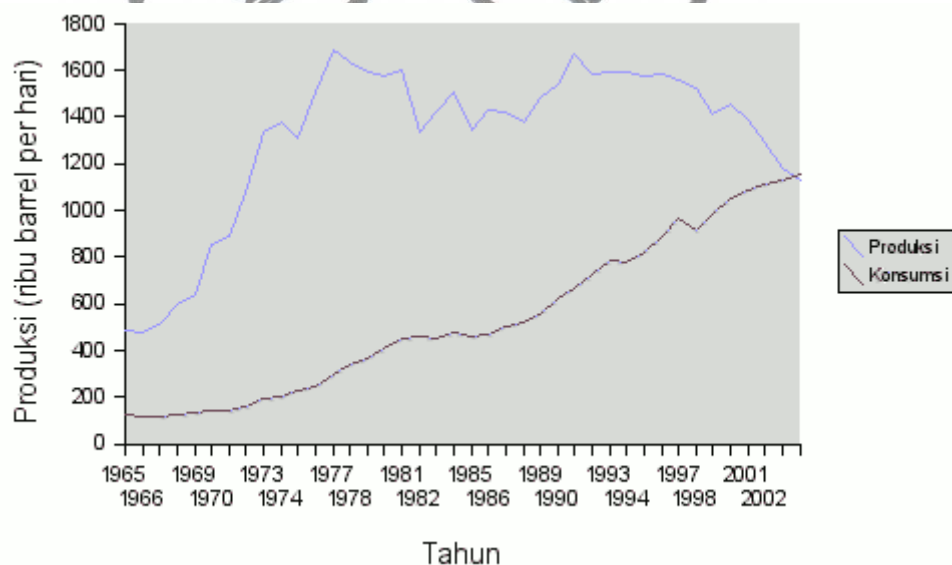


BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sudah harus mulai memikirkan sumber energi selain BBM, terutama untuk kendaraan bermotor karena pengaruhnya yang cukup signifikan terhadap konsumsi BBM dan kesejahteraan rakyat. Sebagaimana telah diketahui bahwa pemakaian bahan bakar fosil (minyak bumi) semakin meningkat sedangkan jumlah cadangan sumber minyak mentah dunia semakin menipis (Gambar 1.1) dan ketidakstabilan harga yang cenderung terus meningkat. Pada ilmu-ilmu dasar energi disampaikan bahwa minyak bumi adalah jenis sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui artinya dalam waktu tertentu apabila digunakan terus menerus akan habis.



Gambar 1.1. Suplai minyak Indonesia

(<http://priyadi.net/archives/2005/09/30/krisis-minyak-dunia-dan-indonesia/&usg=P3c>)

Pengembangan dan penggunaan sumber energi terbarukan menjadi salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil untuk mengeliminasi kemungkinan terburuk dampak pemakaian bahan bakar fosil tersebut. Salah satu jenis bahan bakar alternatif dari sumber daya alam yang terbarukan yang dapat digunakan adalah bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dari bahan baku tanaman seperti tebu, jagung, singkong, ubi, dan sagu. Ini merupakan jenis tanaman yang umum dikenal para petani di tanah air. Bioetanol diproduksi dengan teknologi biokimia, melalui proses fermentasi bahan baku, kemudian etanol yang diproduksi dipisahkan dari air dengan proses distilasi dan dehidrasi (www.roabaca.com).

Produksi etanol sebagai alternatif sumber energi bahan bakar fosil menjadi obyek yang menarik sejak krisis minyak era 1970-an (Tao dkk., 2003). Etanol berfungsi sebagai penambah volume bahan bakar minyak (BBM), peningkat angka oktan, dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti *Metil Tersier-Butil Eter (MTBE)*. Etanol dapat juga meningkatkan efisiensi pembakaran karena mengandung 35% oksigen. Disamping itu etanol merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan yang menghasilkan gas emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan bensin atau sejenisnya (sampai 85% lebih rendah).

Prinsip penggunaan etanol sebagai bahan bakar pada kendaraan sama dengan penggunaan bahan bakar bensin. Namun untuk digunakan pada kendaraan diperlukan suatu alat konversi yang dinamakan *Fuel Flex*. Penggunaan etanol pada kendaraan dapat melalui pencampuran dengan bahan bakar bensin, misalnya Etanol 10 (E10) yang merupakan campuran antara 10% Etanol dan 90% bahan bakar bensin atau Etanol (E85) yang merupakan campuran antara 85% Etanol dan 15% bahan bakar bensin. Selain itu etanol juga dapat digunakan langsung dalam komposisi 100% untuk penggunaan tertentu (Pane, 2010).

Pembuatan mobil bahan bakar etanol (BBE) ini di fokuskan pada bagian chasis dan bodi mobil bahan bakar etanol (BBE). Chasis dan bodi mobil merupakan salah satu bagian yang penting dari mobil bahan bakar etanol (BBE). Kendaraan memerlukan chasis untuk menopang mesin, serta untuk menempatkan bodi mobil, roda, dan berbagai komponen lain. Chasis dibuat dengan konstruksi

yang kuat, karena harus mampu menahan beban, meliputi beban muatan, beban dari bodi dan *accessoris* lain, serta harus mampu menahan getaran bila mobil sedang berjalan. Chasis kendaraan yang digunakan harus seefisien mungkin yaitu mengambil dari chasis yang sudah ada karena pertimbangan efisiensi waktu dan beberapa faktor lainnya.

Bahan yang digunakan untuk manufaktur bodi mobil terbuat dari bahan komposit. Pemakaian bahan komposit diperlukan karena sifatnya ringan sehingga dapat mengurangi beban pada mobil. Komposit ini terbuat dari *fiberglass*, campuran antara resin dan kalsit, serta katalis *MEPOXE* sebagai pengeras. Beban yang ringan akan berdampak positif pada mobil yaitu konsumsi bahan bakar yang lebih irit. Dampak yang lebih luasnya lagi adalah gas buang yang dihasilkan lebih ramah lingkungan, serta dapat mengurangi perawatan infrastruktur jalan karena bodi mobil yang ringan. Semua itu untuk menjaga konsep dari mobil bahan bakar etanol (BBE) yang merupakan kendaraan ramah lingkungan, ringan serta dalam pembuatannya tidak rumit.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam Proyek Akhir ini adalah bagaimana mendesain, membangun dan merekayasa chasis serta bodi mobil yang aman dan ekonomis.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas agar permasalahan yang dibahas tidak melebar, maka batasan-batasan masalah proyek akhir ini adalah :

1. Penulis membatasi hanya pada proses rekayasa chasis dan manufaktur bodi mobil bahan bakar etanol yang terbuat dari bahan komposit yang aman dan ekonomis.
2. Perhitungan hanya dibatasi pada perhitungan kekuatan chasis.

1.4. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari pelaksanaan Proyek Akhir ini adalah:

1. Mampu membangun bodi mobil bahan bakar etanol (BBE) yang terbuat dari komposit.
2. Merekayasa chasis mobil bahan bakar etanol (BBE) yang aman.

1.5. Manfaat Proyek Akhir

Manfaat yang diperoleh dari penyusunan laporan Poyek Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis
Dapat menambah pengetahuandan pengalaman tentang material komposit khususnya proses pembuatan bodi mobil dari bahan komposit.
2. Bagi Universitas
Sebagai referensi untuk inovasi pembuatan mobil bahan bakar etanol yang lebih baik.

1.6. Metode Penulisan

Data-data yang didapatkan penulis sebagai bahan-bahan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan dengan metode sebagai berikut:

1. Studi pustaka.
Yaitu data diperoleh dengan merujuk pada beberapa literatur sesuai dengan permasalahan yang dibahas.
2. Pengamatan (investigasi).
Yaitu dengan melakukan beberapa kali pengamatan dan perancangan untuk mendapatkan bentuk bodi mobil yang diinginkan.

BAB II DASAR TEORI

2.1. Pengertian Komposit

Menurut Matthews dkk. (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik ini yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui pencampuran yang tidak homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat.

Kroschwitz dan rekan (1987), menyatakan bahwa komposit adalah bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabungkan. Kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. Komposit juga berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi, secara sederhana material komposit dapat diartikan sebagai material gabungan dari dua atau lebih material yang berlainan. Penggabungan dua material atau lebih tersebut ada dua macam yaitu (Arumaarifu, 2010) :

a. Penggabungan Makro

Ciri – ciri penggabungan makro adalah :

1. Dapat dibedakan secara langsung dengan cara melihat.
2. Penggabungannya lebih secara fisis dan mekanis.
3. Penggabungannya dapat dipisahkan secara fisis ataupun secara mekanis.

commit to user

b. Penggabungan Mikro

Ciri – ciri penggabungan mikro adalah :

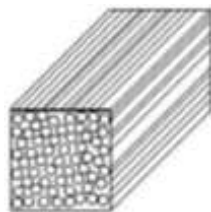
1. Tidak dapat dibedakan dengan cara melihat secara langsung.
2. Penggabungannya lebih secara kimiawi.
3. Penggabungannya tidak dapat dipisahkan secara fisis dan mekanis, tetapi dapat dilakukan dengan secara kimiawi.

Dari penjelasan di atas dapat kita ketahui bahwa material komposit dibuat dengan penggabungan secara makro. Material komposit merupakan material gabungan secara makro, maka material komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran / kombinasi dua atau lebih unsur – unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material dan pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

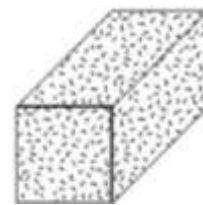
Komposit dibedakan menjadi 5 kelompok menurut bentuk struktur dari penyusunnya (Schwartz, 1984), yaitu:

1. Komposit Serat

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*). Komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan pesawat terbang (Schwartz, 1984).



a. *unidirectional fiber composite*



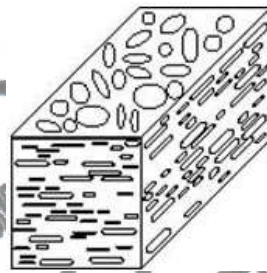
b. *random fiber composite*

Gambar 2.1. Komposit serat

(http://www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_6420.html)

2. Komposit Serpih

Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika, *glass* dan metal (Schwartz, 1984).

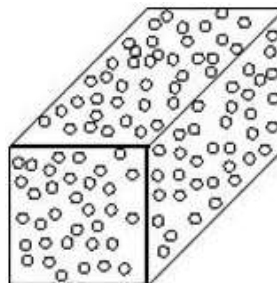


Gambar 2.2. Komposit serpih

(http://www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_6420.html)

3. Komposit Partikel

Particulate composites adalah salah satu jenis komposite di mana dalam matriks ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahnya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol daripada *flake composites*. Sebagai contoh adalah beton (Schwartz, 1984).

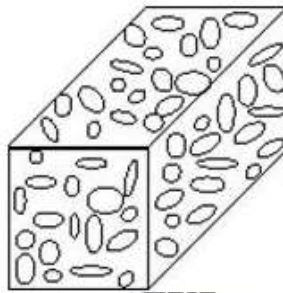


Gambar 2.3. Komposit partikel

(http://www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_6420.html)

4. *Filled (skeletal) Composites*

Filled composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi dan biasanya *filler* juga dalam bentuk tiga dimensi (Schwartz, 1984).

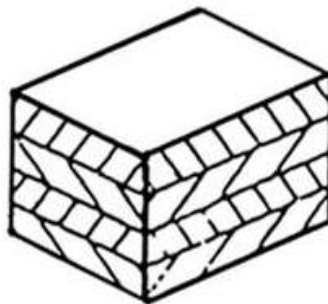


Gambar 2.4. *Filled (skeletal) composites*

(http://www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_6420.html)

5. *Laminar Composites*

Laminar composites adalah komposit dengan susunan dua atau lebih *layer*, dimana masing – masing *layer* dapat berbeda – beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatannya (Schwartz, 1984).



Gambar 2.5. *Laminar composites*

(http://www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_6420.html)

2.2. Tujuan Dibentuknya Komposit

Tujuan dibentuknya komposit adalah (Windarianti, 2010):

- a. Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu.
- b. Mempermudah desain yang sulit pada manufaktur.
- c. Menghemat biaya.
- d. Bahan lebih ringan.

2.3. Unsur – Unsur Penyusun Komposit

Unsur – unsur utama penyusun komposit adalah matrik dan serat. Bahan – bahan pendukung pembuatan komposit meliputi katalis, akselerator, *gelcoat*, dan pewarna. Bahan tambahan tersebut memiliki fungsi yang sangat penting untuk menentukan kualitas suatu produk komposit. Karena material komposit terdiri dari penggabungan unsur – unsur utama yang berbeda, maka munculah daerah perbatasan antara serat dan matrik (Santoso, 2002).

2.3.1. Bahan Serat

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit (Kriskiantoro, 2009).

Sistem penguat dalam material komposit serat bekerja dengan mekanisme sebagai berikut : material berserat itu akan memanfaatkan aliran plastis dari bahan matriks (yang bermodulus rendah) yang sedang dikenai tegangan, untuk mentransferkan beban yang ada itu kepada serat – seratnya (yang kekuatannya jauh lebih besar). Hasilnya adalah bahan komposit yang memiliki kekuatan dan modulus yang tinggi. Tujuan menggabungkan keduanya adalah untuk menghasilkan material dan fase dimana fase primernya (serat) disebar secara merata dan diikat oleh fase sekundernya (matrik). Dengan demikian, konstituen

utama yang mempengaruhi kemampuan komposit adalah serat sebagai penguat, matriks dan *interface* antara serat dengan matrik (Santoso, 2002).

Diameter serat juga memegang peranan yang sangat penting dalam memaksimalkan tegangan. Makin kecil diameternya akan memberikan luas permukaan per satuan berat yang lebih besar, sehingga akan membantu transfer tegangan tersebut. Semakin kecil diameter serat (mendekati ukuran kristal) semakin tinggi kekuatan bahan serat. Hal ini dikarenakan cacat yang timbul semakin sedikit. Serat yang sering dipakai untuk membuat komposit antara lain: serat gelas, serat karbon, serat logam (*whisker*), serat alami, dan lain sebagainya (Santoso, 2002).

Serat gelas tersusun dari butiran *silica* (SiO_2), batu kapur, dan paduan lain yaitu Al, Ca, Mg, Na, dll. Molekul *silicon dioksida* ini mempunyai konfigurasi *tetrahedral*, dimana satu ion silicon memegang empat ion oksigen. Jaringan dari *silica tetrahedral* ini adalah dasar dari terbentuknya serat gelas (Santoso, 2002).

Berdasarkan jenisnya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu (Nugroho, 2007) :

1. Serat *E-Glass*

Serat *E-Glass* adalah jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

2. Serat *C-Glass*

Serat *C-Glass* adalah jenis serat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap bahan kimia yang korosif.

3. Serat *S-Glass*

Serat *S-Glass* adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan yang tinggi.

Tabel 2.1. Komposisi senyawa kimia serat gelas (Nugroho, 2007)

Tipe Serat	Komposisi Senyawa Kimia (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	B ₂ O ₃	K ₂ O	BaO
<i>E-Glass</i>	52.4	14.4	0.2	17.2	4.6	0.8	10.6	-	-
<i>C-Glass</i>	64.4	5.1	0.1	13.4	3.3	9.6	4.7	0.4	0.9
<i>S-Glass</i>	64.4	25.0	-	-	10.3	0.3	-	-	-

Tabel 2.2. Sifat-sifat serat gelas (Nugroho, 2007)

No.	Jenis Serat		
	<i>E-Glass</i>	<i>C-Glass</i>	<i>S-Glass</i>
1.	Isolator listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2.	Kekuatan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-Gelas	Lebih tahan terhadap temperature tinggi
3.	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari E-Gelas	Harga lebih mahal dari E-Gelas

Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain :

- a. **Roving**, berupa sekumpulan serat benang yang searah.

Gambar 2.6. Serat gelas *roving*

(<http://www.traderscity.com/board/userpix26/5693-fiberglass-roving-filament-winding-1.jpg>)

- b. **Yarn**, berupa single serat yang dibentuk menjadi sekumpulan serat berbentuk serat benang.

Gambar 2.7. Serat gelas *yarn*

(<http://www.allproduct.com/manufacture100/bluechen/product1.jpg>)

commit to user

- c. **Chopped strand**, berupa *strand* yang dipotong dengan ukuran tertentu. *Strand* adalah filamen (serat) yang bergabung menjadi satu ikatan.



Gambar 2.8. Serat gelas *chopped strand*

(http://www.wb8.itrademarket.com/pdimage_chopped_strand_3mm.jpg)

- d. **Reinforcing mat**, berupa lembaran *chopped strand* dan *countinous strand* yang tersusun secara acak.



Gambar 2.9. Serat gelas *reinforcing mat*

(<http://www.image.trdevv.com/reinforced-fiberglass-mat.jpg>)

- e. **Woven roving**, berupa benang panjang yang dianyam dan digulung pada silinder.



Gambar 2.10. Serat gelas *woven roving*

(http://www.fiberglass.name/upload_files/2007516215111402.jpg)

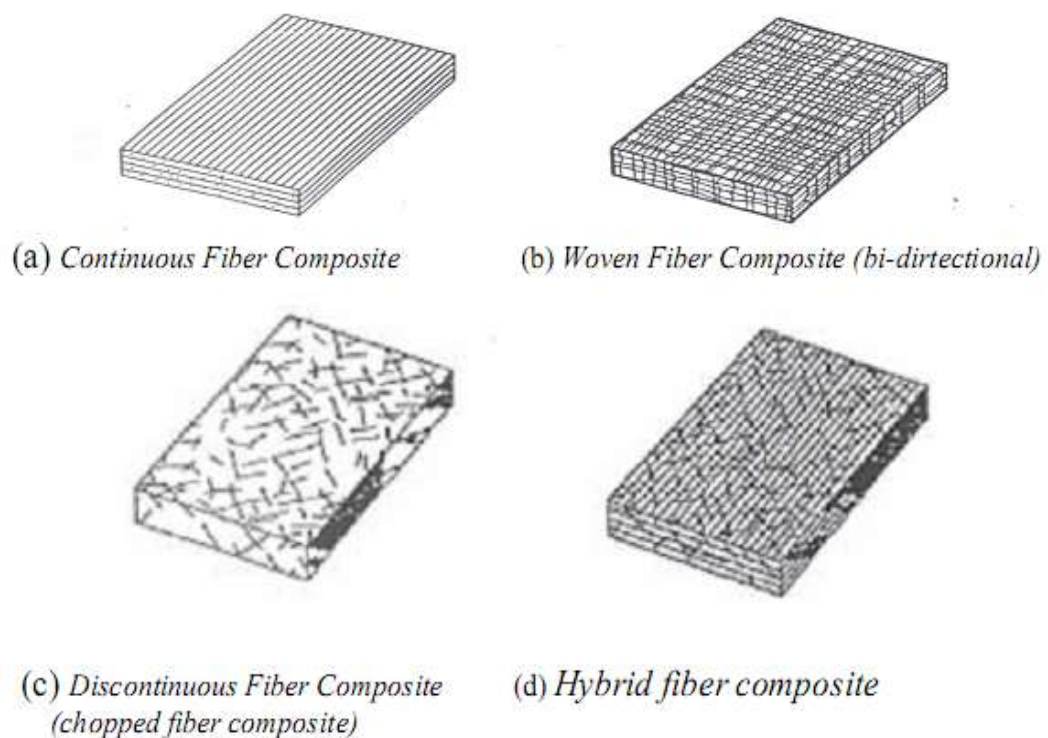
- f. *Woven fabric*, berupa serat yang dianyam seperti kain tenun.



Gambar 2.11. Serat gelas *woven fabric*

(http://www.img.alibaba.com/photo/51265501/wofen_fabric.jpg)

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu (Gibson, 1994):



Gambar 2.12. Tipe serat pada komposit (Gibson, 1994)

a. *Continuous Fiber Composite*

Continuous atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangan tipe ini adalah lemahnya kekuatan antar antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

b. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

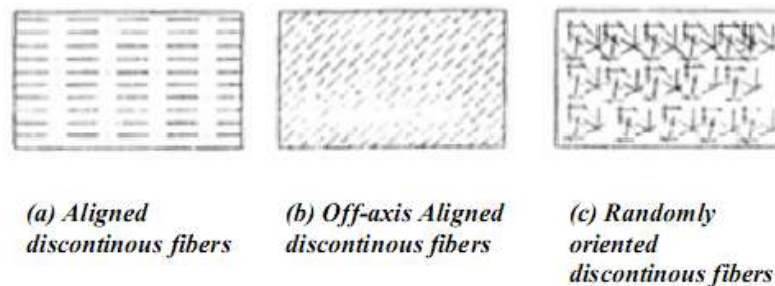
Komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.

c. *Discontinuous Fiber Composite (chopped fiber composite)*

Komposit dengan tipe serat pendek masih dibedakan lagi menjadi (Gibson, 1994) :

1. *Aligned discontinuous fiber*
2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Serat tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.



Gambar 2.13. Tipe *discontinuous fiber* (Gibson, 1994)

d. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.

2.3.2. Bahan Matriks

Menurut Gibson (1994), bahwa matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).

Syarat utama yang harus dimiliki oleh bahan matrik adalah bahan matrik tersebut harus dapat meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Umumnya matrik yang dipilih adalah matrik yang memiliki ketahanan panas yang tinggi.

Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matrik harus mengikat penguat (serat) secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan oleh serat secara maksimal sehingga diperoleh kekuatan yang tinggi. Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Memegang dan mempertahankan serat tetap pada posisinya.
2. Mentransfer tegangan ke serat pada saat komposit dikenai beban.
3. Memberikan sifat tertentu bagi komposit, misalnya: keuletan, ketangguhan, dan ketahanan panas.
4. Melindungi serat dari gesekan mekanik
5. Melindungi serat dari pengaruh lingkungan yang merugikan.
6. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Dalam proses pembuatan material komposit, matrik harus memiliki kemampuan meregang yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat. Apabila tidak demikian, maka material komposit tersebut akan mengalami patah pada bagian matriknya terlebih dahulu. Akan tetapi apabila hal itu dipenuhi, maka material komposit tersebut akan patah secara alami bersamaan antara serat dan matrik.

Berdasarkan bahan penyusunnya matrik terbagi atas matrik organik dan anorganik. Matrik organik adalah matrik yang terbuat dari bahan – bahan organik.

Matrik ini banyak digunakan karena proses penggunaannya menjadi komposit cepat dan mudah serta dengan biaya yang rendah. Salah satu contoh matrik organik adalah resin *polyester*. Matrik inorganik adalah matrik yang terbentuk dari bahan logam yang pada umumnya memiliki berat dan kekuatan tinggi.

Berdasarkan bentuk dari matriksnya komposit dapat dibedakan menjadi sebagai berikut (Gibson, 1994):

a) Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Komposit jenis ini terdiri dari polimer sebagai matriks baik itu *thermoplastic* maupun jenis *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, serta melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat kembali (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. *Thermoplastic* yang lazim dipergunakan sebagai matriks misalnya *polyolefin* (*polyethylene*, *polypropylene*), *vinyllic* (*polyvinylchloride*, *polystyrene*, *polytetrafluorethylene*), *nylon*, *polyacetal*, *polycarbonate*, dan *polyfenylene*.

Thermosets tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. *Thermosets* yang banyak digunakan saat ini adalah *epoxy* dan *polyester* tak jenuh. Resin *polyester* tak jenuh adalah matrik *thermosetting* yang paling banyak dipakai untuk pembuatan komposit. Resin jenis ini digunakan pada proses pembuatan dengan metode *hand lay-up*.

b) Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites – MMC*)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Komposit ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida. Material MMC mulai

dikembangkan sejak tahun 1996. Komposit MMC berkembang pada industri otomotif digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen otomotif seperti blok silinder mesin, *pully*, poros, gardan, dan lain-lain.

c) Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites – CMC*)

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah *oksida*, *carbide*, dan *nitrid*. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX*, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah *filler* (penguat).

Curing pada Polyester

Curing merupakan suatu proses pengeringan untuk merubah material pengikat (resin) dari keadaan cair menjadi padat. *Curing* ini terjadi melalui reaksi kopolimerisasi radikal antara molekul jenis *vinil* yang membentuk hubungan silang melalui bagian tak jenuh dari *polyester*. Reaksi ini timbul karena dipicu oleh katalis yang ada (MEPOXE), yang mulai diaktifkan oleh sejumlah kecil akselerator.

Standar yang dianjurkan untuk penggunaan katalis adalah 1% pada suhu kamar. Semakin banyak penggunaan katalis tersebut maka waktu pengerasan cairan matrik (*curing time*) akan semakin cepat. Akan tetapi apabila kita mengikuti aturan berdasarkan standar (1%) maka hal tersebut akan menyebabkan *curing time* menjadi sangat cepat, sehingga dapat merusak produk komposit yang dibuat. Hal ini dikarenakan temperatur ruangan pada saat pembuatan produk komposit tidaklah terkontrol dengan baik (sumber : Pengamatan secara langsung dan wawancara dengan para pekerja di PT. INKA Madiun). Temperatur pada saat pembuatan produk komposit sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang terjadi pada saat pembuatan produk komposit. Temperatur rata – rata pembuatan produk komposit di Indonesia adalah sekitar 35⁰ – 38⁰ C. Oleh karena itu, maka dalam penelitian ini penggunaan katalis dibatasi sebesar 0,3% dari volume matrik.

Akselerator memiliki fungsi sama dengan katalis, tetapi pengaruhnya tidaklah sekuat katalis. Jenis akselerator yang digunakan pada pembuatan bodi mobil ini adalah *cobalt naphtenate*. Jenis akselerator yang digunakan sangat tergantung pada jenis matrik yang dipakai. Pada pembuatan bodi ini akselerator hanya digunakan untuk membuat *gelcoat*.

Gelcoat adalah lapisan pelindung yang berfungsi untuk mencegah masuknya air ke dalam komposit, menahan reaksi kimia, melindungi dari sinar ultraviolet, serta untuk menahan gesekan. Disamping itu, *gelcoat* juga dapat mempertinggi sifat mekanis bahan komposit.

Bahan penambah yang lain adalah pewarna yang berfungsi untuk memberi warna kepada produk komposit yang akan dibuat, sehingga memperindah tampilan dari bahan komposit. Pemberian warna ini dapat juga menutupi cacat akibat timbulnya rongga udara selama proses pembuatan bahan komposit. Zat pewarna yang akan digunakan dicampurkan ke dalam matrik yang akan digunakan untuk membuat *gelcoat*.

BAB III

REKAYASA DAN PERHITUNGAN CHASIS

3.1. Rekayasa Chasis

Kendaraan memerlukan chasis untuk menopang mesin, serta untuk menempatkan bodi mobil, roda, dan berbagai komponen lain. Chasis dibuat dengan konstruksi yang kuat, karena harus mampu menahan beban, meliputi beban muatan, beban dari bodi dan *accessoris* lain, serta harus mampu menahan getaran bila mobil sedang berjalan. Pembuatan mobil bahan bakar etanol pada bagian chasis ini menggunakan chasis kendaraan yang sudah ada dan direkayasa sesuai dengan konsep bodi mobil.

Chasis mobil dibagi dalam dua kelompok besar yaitu model *integral* dan konvensional. Chasis *integral* adalah chasis yang langsung menyatu dengan *body* jadi sulit untuk dipisahkan, sedangkan chasis konvensional adalah chasis dimana antara *body* dan chasis itu sendiri dipisahkan. Fungsi chasis adalah sebagai tempat kedudukan komponen lainnya seperti mesin, *body*, *power train*, dan lain-lain.

Proses rekayasa chasis dibutuhkan satu konsep yang diinginkan. Di dalam menentukan satu konsep tersebut harus mengetahui keunggulan dan kelemahan yang dimiliki oleh chasis yang akan direkayasa. Chasis yang direkayasa adalah sebuah chasis mobil Honda civic keluaran tahun 1977. Chasis ini adalah jenis chasis *monocoque* atau chasis integral. Pada proses rekayasa chasis tersebut dipotong pada bagian-bagian yang tidak diperlukan, semisal bagian atap, bagian *fender* dan *quarter* (bagian belakang dari chasis). Dari proses pemotongan tersebut mengakibatkan chasis menjadi lentur dan tidak kuat menahan beban (melengkung). Untuk mengatasi masalah ini, chasis diberi penguat besi. Proses penambahan penguat besi dengan cara dilas dan diletakan dibawah chasis. Pemberian penguat itu ditujukan agar chasis tersebut tidak lentur atau melengkung saat dinaiki.

commit to user



Gambar 3.1. Mobil Honda Civic

3.1.1. Proses Rekayasa Chasis

Proses rekayasa chasis dimulai dengan pelepasan bagian-bagian yang tidak diperlukan. Bagian yang dilepas antara lain kap mesin, pintu, kaca, *bumper* depan dan belakang, serta bagian interior.



Gambar 3.2. Proses pelepasan bagian-bagian dari interior

Proses selanjutnya adalah pemasangan penguat sementara pada chasis. Pemasangan penguat sementara pada chasis bertujuan untuk mencegah chasis tidak melengkung saat bagian atap dari mobil dipotong. Karena chasis mobil ini adalah chasis jenis integral atau *monocoque*, dimana bodi dan chasis melekat menjadi satu. Pemasangan penguat sementara ini menggunakan besi profil “U” dengan ketebalan 3 mm dan dikerjakan menggunakan las listrik.



Gambar 3.3. Pemasangan penguat sementara pada chasis

Proses pelepasan mesin dari transmisi bertujuan agar tidak mengganggu dalam pembuatanudukan mesin baru.



Gambar 3.4. Proses pelepasan mesin dan transmisi dari chasis

Tahap selanjutnya adalah pelepasan *fender* dan *quarter* (bodi bagian belakang) dikerjakan dengan cara dipotong dengan gerinda potong. Bagian ini dilepas supaya tidak mengganggu proses pemasangan bodi komposit.



Gambar 3.5. Pemotongan chasis bagian depan dan belakang

Proses pelepasan atap dari mobil dikerjakan dengan cara memotong tiang-tiang penyangga dari atap menggunakan gerinda potong. Atap mobil ini tidak digunakan karena akan diganti atap yang telah menyatu dari bodi komposit yang telah dibuat.



Gambar 3.6. Proses pemotongan bagian - bagian yang tidak digunakan

Setelah proses pemotongan bagian atap selesai, proses selanjutnya adalah pemasangan penguat permanen yang dipasang dibawah chasis. Penguat yang dipakai adalah besi pipa berdiameter luar 5 cm dengan tebal 3 mm . Penguatan dipasang dengan cara di las dengan sebuah dudukan yang dipasang diatas shockbeker belakang. Sebuah penguatan yang berbentuk segitiga juga dipasang di depan tuas pemindah gigi tranmisi. Penguat tersebut menggunakan besi profil “U”.



Gambar 3.7. Penguat permanen

Setelah semua penguat dipasang, chasis siap untuk digunakan. Berikut adalah gambar chasis yang sudah direkayasa.



Gambar 3.8. Chasis yang sudah direkayasa

3.2. Perhitungan Chasis

Beban pada chasis sebagai berikut:

Tabel 3.1. Beban pada chasis

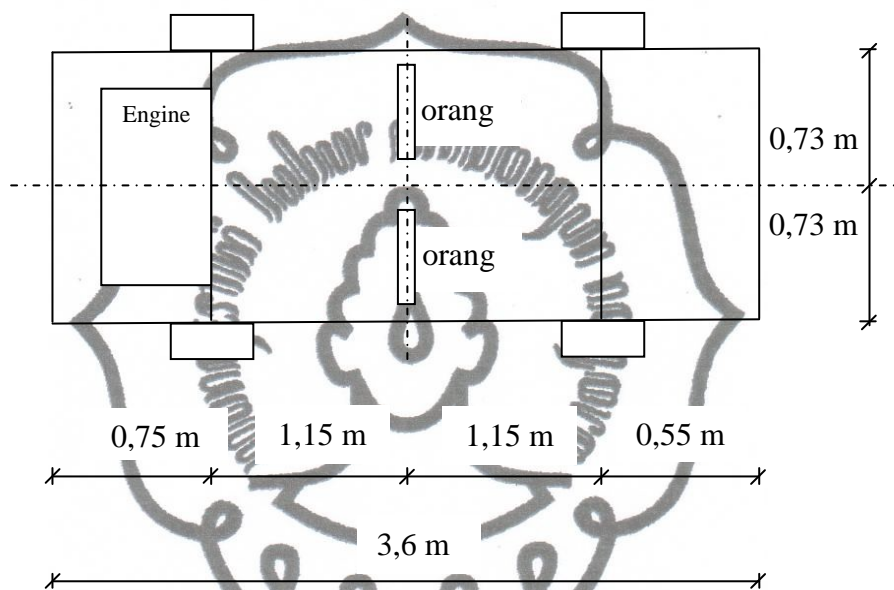
NO	KOMPONEN	BERAT (KG)
1	Berat body + kaca	250
2	Berat mesin + transmisi	220
3	Berat AC	30
4	Berat <i>accessories</i>	100
5	Berat penumpang 2 orang @ 100 Kg	200
Berat Total		800

Berat beban total yang ditumpu oleh chasis diasumsikan seberat 800 Kg. Berat ini diperoleh dari penjumlahan beban yang ada yaitu, berat bodi dan kaca seberat 250 Kg, berat mesin dan transmisi 220 Kg, berat AC 30 Kg, berat *accessories* 100 Kg dan berat penumpang yang diasumsikan berat 2 orang 200 Kg (@100 Kg). Berat total tersebut dibebankan pada empat penumpu (3 dimensi).

Beban dihitung dalam salah satu sisi yaitu dua tumpuan (2 dimensi). Berat dua tumpuan adalah 400 Kg yang diperoleh dari berat total (800 Kg) yang dibagi dua.

Berat pada mesin + transmisi + AC, berat bodi + kaca + *accessories* harus dibagi dua, karena berat dari bagian tersebut hanya dihitung pada sebelah sisi atau dua tumpuan. Berat penumpang hanya diasumsikan satu penumpang pada salah satu sisi yaitu 100 Kg. Berat bodi + kaca + *accessories* ($250 + 100 = 350$ Kg) dibagi dua menjadi 175 Kg. Berat dari mesin + transmisi + AC ($220 + 30 = 250$ Kg) dibagi dua menjadi 125 Kg. *commit to user*

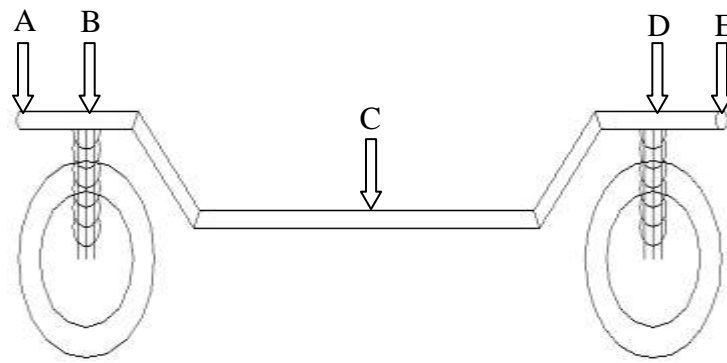
Beban merata pada mesin + transmisi + AC adalah 166,6 Kg/m, diperoleh dari berat mesin + transmisi + AC (125 Kg) yang dibagi dengan jarak tumpuan bagian depan dari chasis (A-B) sejauh 0,75 m. Beban merata pada bodi + kaca + *accessories* adalah 48,6 Kg/m, diperoleh dari berat bodi + kaca + *accessories* (175 Kg) yang dibagi dengan panjang keseluruhan chasis (A-E) sejauh 3,6 m.



Gambar 3.9 Letak beban pada chasis

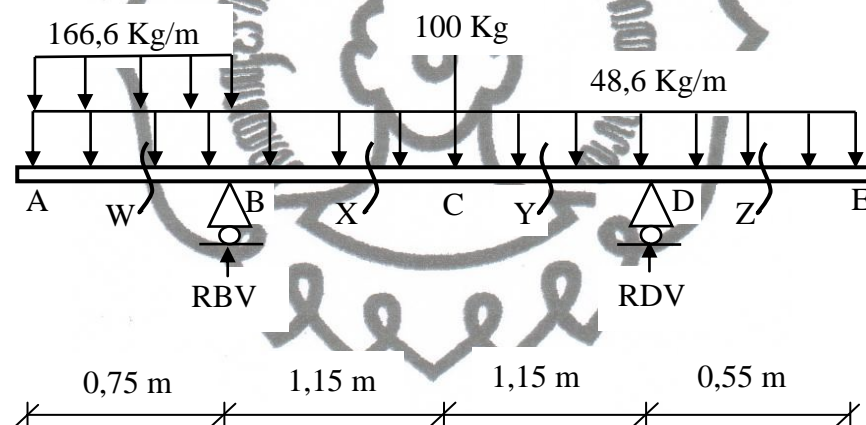


Gambar 3.10. Penguat pada chasis



Gambar 3.11. Sketsa batang penguat chasis

Diagram gaya bebas :



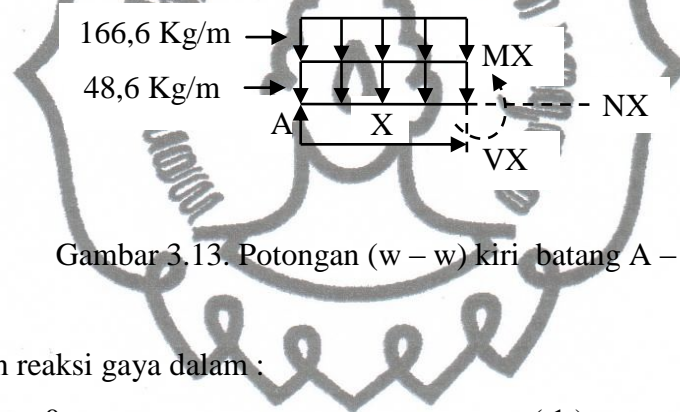
Gambar 3.12. Diagram gaya bebas batang penguat chasis

Reaksi penumpu:

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 & RBV - 125 \text{ kg} - 110 \text{ kg} - 15 \text{ kg} - 50 \text{ kg} - 100 \text{ kg} + RDV &= 0 \\ & & RBV + RDV - 400 \text{ kg} &= 0 \\ & & RBV + RDV &= 400 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum MB = 0 & \quad 166,6 \text{ kg} \cdot 0,75 \left(0,75/2 \right) \text{ m} + 48,6 \text{ kg} \cdot 0,75 \left(0,75/2 \right) \text{ m} - 100 \text{ kg} \cdot \\
 & \quad 1,15 \text{ m} - 48,6 \text{ kg} \cdot 2,3 \left(2,3/2 \right) \text{ m} - 48,6 \text{ kg} \cdot 0,55 \left(2,3 + 0,55/2 \right) \text{ m} \\
 & \quad + RDV \cdot 2,3 \text{ m} = 0 \\
 & \quad 46,86 \text{ kg.m} + 13,67 \text{ kg.m} - 115 \text{ kg.m} - 128,55 \text{ kg.m} - 68,83 \text{ kg.m} \\
 & \quad + RDV \cdot 2,3 = 0 \\
 RDV & = 251,85 / 2,3 = 109,5 \text{ Kg} \\
 RBV & = 400 - 109,5 = 290,5 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

1. Potongan (W – W) kiri A \Rightarrow B



Gambar 3.13. Potongan (w – w) kiri batang A – B

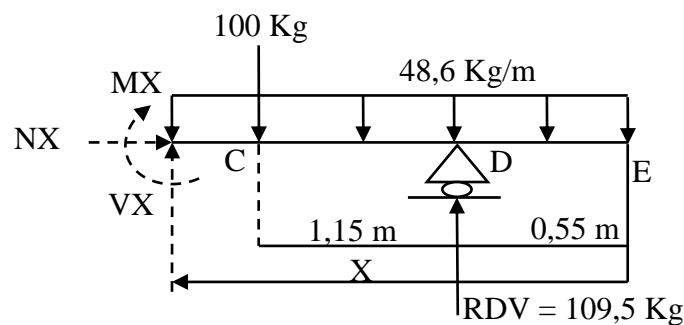
Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$VX = - 166,6 x - 48,6 x \dots\dots\dots (2)$$

$$MX = - 166,6 x \left(x/2 \right) - 48,6 x \left(x/2 \right) \dots\dots\dots (3)$$

2. Potongan (X – X) kanan C \Rightarrow B



Gambar 3.14. Potongan (x – x) kanan batang C – B

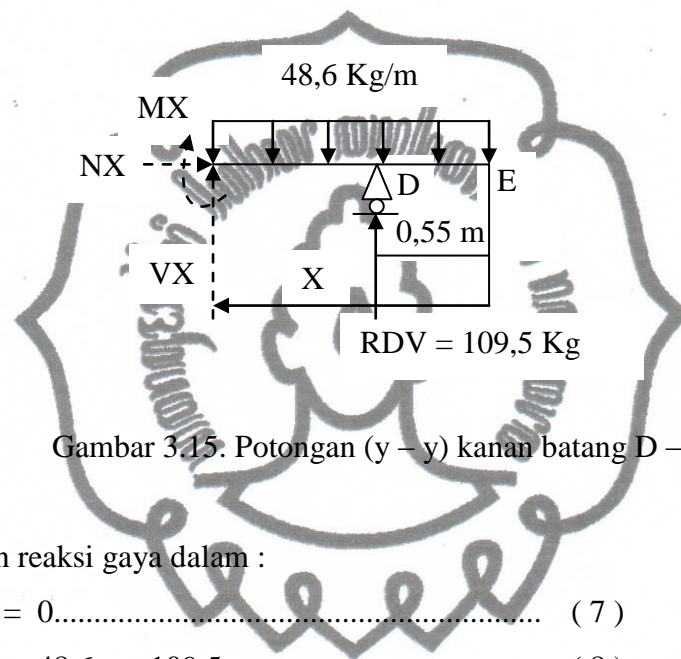
Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$VX = 48,6 x + 100 - 109,5 \dots\dots\dots (5)$$

$$MX = 109,5 (x - 0,55) - 100 (x - 1,7) - 48,6 x (x/2) \dots\dots\dots (6)$$

3. Potongan (Y – Y) kanan $D \Rightarrow C$



Gambar 3.15. Potongan (y – y) kanan batang D – C

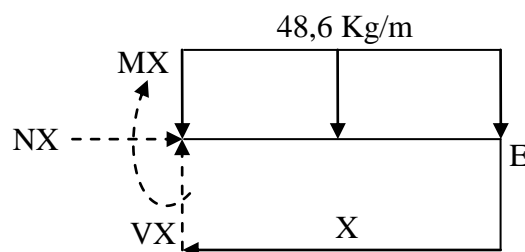
Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \dots\dots\dots (7)$$

$$VX = 48,6 x - 109,5 \dots\dots\dots (8)$$

$$MX = 109,5 (x - 0,55) - 48,6 x (x/2) \dots\dots\dots (9)$$

4. Potongan (Z – Z) kanan $E \Rightarrow D$



Gambar 3.16. Potongan (z – z) kanan batang E – D

commit to user

Persamaan reaksi gaya dalam :

$$N_X = 0 \text{ Kg} \dots\dots\dots (10)$$

$$V_X = 48,6 \text{ x} \dots\dots\dots (11)$$

$$M_X = -48,6 \text{ x } (x/2) \dots\dots\dots (12)$$

Tabel 3.2. Beban empat potongan

No	Potongan	Titik	X (m)	Nx (Kg)	Vx (Kg)	Mx (Kg.m)
1	Kiri (w – w)	A	0	0	0	0
	A → B	B	0,75	0	-161,04	-60,53
2	Kanan (x – x)	C	1,7	0	73,12	55,7
	C → B	B	2,85	0	129,01	-60,53
3	Kanan (y – y)	D	0,55	0	-82,77	-7,35
	D → C	C	1,7	0	-26,88	55,7
4	Kanan (z – z)	E	0	0	0	0
	E → D	D	0,55	0	26,73	-7,35

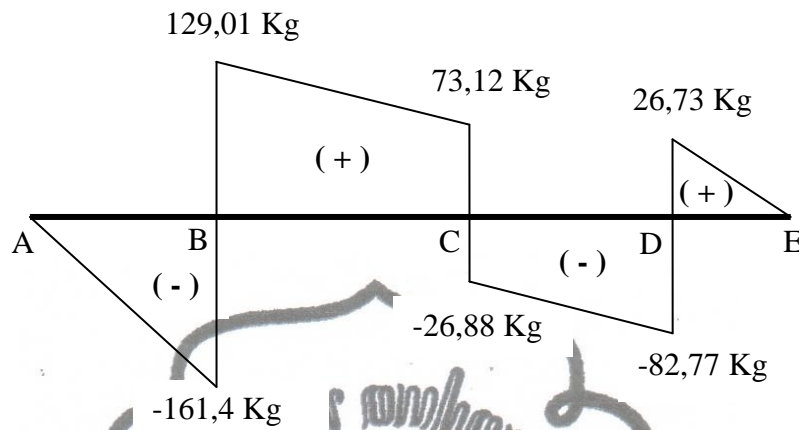
Diagram gaya dalam yang ada pada batang:

a. Diagram gaya normal (NFD)



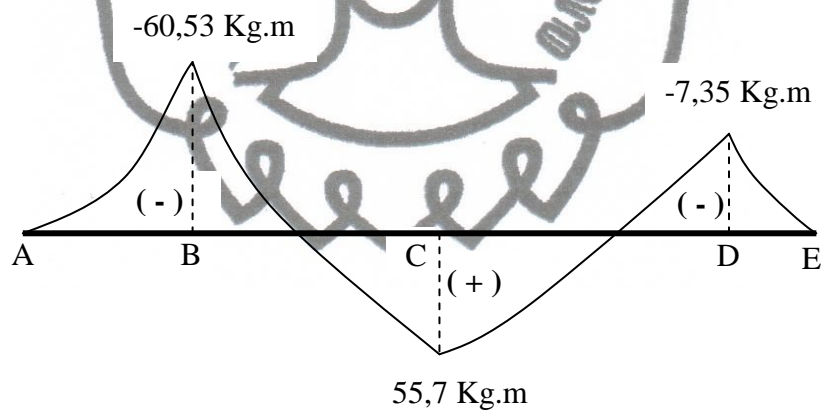
Gambar 3.17. Diagram gaya normal (NFD)

b. Diagram gaya geser (SFD)



Gambar 3.18. Diagram gaya geser (SFD)

c. Diagram momen lentur (BMD)



Gambar 3.19. Diagram momen lentur (BMD)

Diasumsikan bahan penguat untuk chasis / pipa yang digunakan adalah baja ST 52, dengan $\sigma_{tarik} = 510 \text{ N/mm}^2$ kadar karbon 0,2 % (Nieman, 1999), faktor keamanan (sf) yang dipakai adalah 4. (Khurmi & J.K. Gupta, 1982)

Perhitungan momen lentur mempunyai dua tegangan yang berbeda, yaitu pada bagian atas mengalami tegangan desak dan pada bagian bawah mengalami tegangan tarik.

1. Pengecekan kekuatan bahan pada bagian bawah (mengalami tegangan tarik)

➤ Tegangan tarik ijin bahan (σ_{ijin})

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma}{sf} = \frac{510 \text{ N/mm}^2}{4} = 127,5 \text{ N/mm}^2$$

➤ Tegangan tarik yang terjadi (σ_{tarik})

Momen terbesar $60,53 \text{ kg.m} = 60530 \text{ kg.mm} = 593799,3 \text{ N.mm}$
($1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N}$)

$$Y = \frac{d_1}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d_2^4) \\ &= \frac{3,14}{64} (50^4 - 44^4) \\ &= 0,049 (2501904) \\ &= 122593,296 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{tarik} &= \frac{M.Y}{I} \\ &= \frac{593799,3 \text{ N.mm} . 25 \text{ mm}}{122593,296 \text{ mm}^4} \\ &= 121,09 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapat $\sigma_{tarik} < \sigma_{tarik \text{ ijin}}$ (pipa aman digunakan sebagai penguat chasis).

2. Pengecekan kekuatan bahan pada bagian atas (mengalami tegangan desak)

➤ Tegangan desak ijin bahan (σ_{ijin})

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma}{sf} = \frac{510 \text{ N/mm}^2}{4} = 127,5 \text{ N/mm}^2$$

- Tegangan desak yang terjadi (σ_{desak})

Momen terbesar $60,53 \text{ kg.m} = 60530 \text{ kg.mm} = 593799,3 \text{ N.mm}$

($1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N}$)

$$Y = \frac{d}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d_2^4)$$

$$= \frac{3,14}{64} (50^4 - 44^4)$$

$$= 0,049 (2501904)$$

$$= 122593,296 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{desak}} &= \frac{M.Y}{I} \\ &= \frac{593799,3 \text{ N.mm} \cdot 25 \text{ mm}}{122593,296 \text{ mm}^4} \\ &= 121,09 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapat $\sigma_{\text{desak}} < \sigma_{\text{desak ijin}}$ (pipa aman digunakan sebagai penguat chasis).

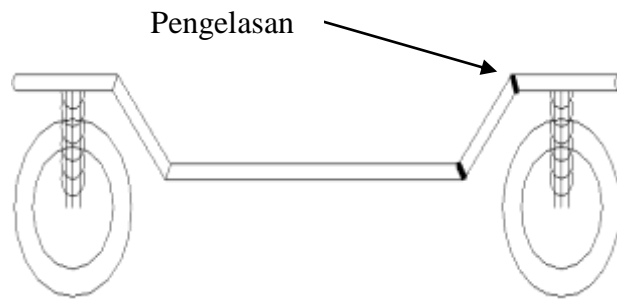
3.3 Perhitungan Pengelasan

Perhitungan las pada sambungan las yang dipakai adalah jenis sambungan las temu atau *butt weld*, diketahui tegangan geser 55 N/mm^2 . Dengan faktor keamanan yang dipakai untuk pengelasan temu atau *butt weld* adalah 1,2 (Khurmi, 1982).



Gambar 3.20. Pengelasan penguat pada chasis

commit to user



Gambar 3.21. Sketsa pengelasan penguat



Gambar 3.22. Model pengelasan

1. Tegangan geser ijin bahan las (τ_s ijin)

$$\tau_{s \text{ ijin}} = \frac{\tau_s}{sf} = \frac{55 \text{ N/mm}^2}{1,2} = 45,83 \text{ N/mm}^2$$

2. Luasan leher las (A)

$$= 0,707 \text{ s} \times \pi \text{ d}$$

$$= 0,707 \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 50$$

$$= 332,99 \text{ mm}^2$$

3. Tegangan geser akibat pembebanan (τ)

Massa 400 kg = 3924 N..... (1kg = 9,81 N)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{3924 \text{ N}}{332,99 \text{ mm}^2} \\ &= 11,78 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

commit to user

4. Tegangan lentur (σ_b)

Momen terbesar $60,53 \text{ kg.m} = 60530 \text{ kg.mm} = 593799,3 \text{ N.mm}$
 ($1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N}$)

$$Y = \frac{d}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi t d^3}{4}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,707 \cdot 3 \cdot (50)^3}{4}$$

$$= 208123,125 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_b = \frac{M.Y}{I}$$

$$= \frac{593799,3 \text{ N.mm} \cdot 25 \text{ mm}}{208123,125 \text{ mm}^4}$$

$$= 71,33 \text{ N/mm}^2$$

5. Tegangan geser maksimum (τ_{\max})

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4 \tau^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{(71,33)^2 + 4 (11,78)^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{5087,9 + 555,07}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{5642,97}$$

$$= \frac{1}{2} 75,12 \text{ N/mm}^2$$

$$= 37,56 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga diperoleh $\tau_{\max} < \tau_{s \text{ ijin}}$ (pengelasan aman).

3.4. Perhitungan Kekuatan Beban Maksimal

Beban maksimal pada chasis sebagai berikut:

Tabel 3.3. Beban maksimal pada chasis

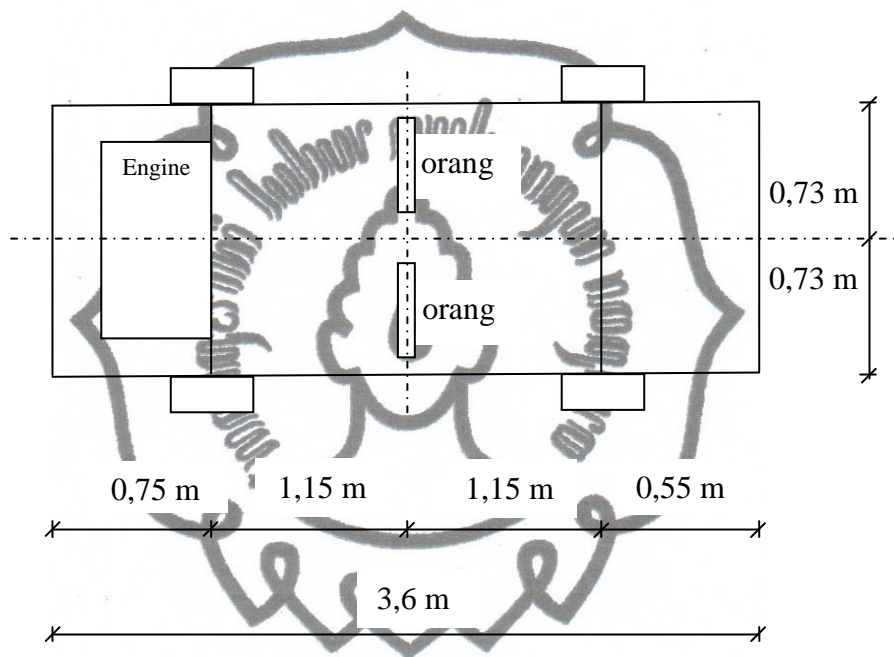
NO	KOMPONEN	BERAT (KG)
1	Berat body + kaca	250
2	Berat mesin + transmisi	220
3	Berat AC	30
4	Berat <i>accessories</i>	175
5	Berat penumpang 2 orang @ 100 Kg	200
Berat Total		875

Berat beban total yang ditumpu oleh chasis diasumsikan seberat 875 Kg. Berat ini diperoleh dari penjumlahan beban yang ada yaitu, berat bodi dan kaca seberat 250 Kg, berat mesin dan transmisi 220 Kg, berat AC 30 Kg, berat *accessories* 175 Kg dan berat penumpang yang diasumsikan berat 2 orang 200 Kg (@100 Kg). Berat total tersebut dibebankan pada empat penumpu (3 dimensi).

Beban dihitung dalam salah satu sisi yaitu dua tumpuan (2 dimensi). Berat dua tumpuan adalah 437,5 Kg yang diperoleh dari berat total (875 Kg) yang dibagi dua.

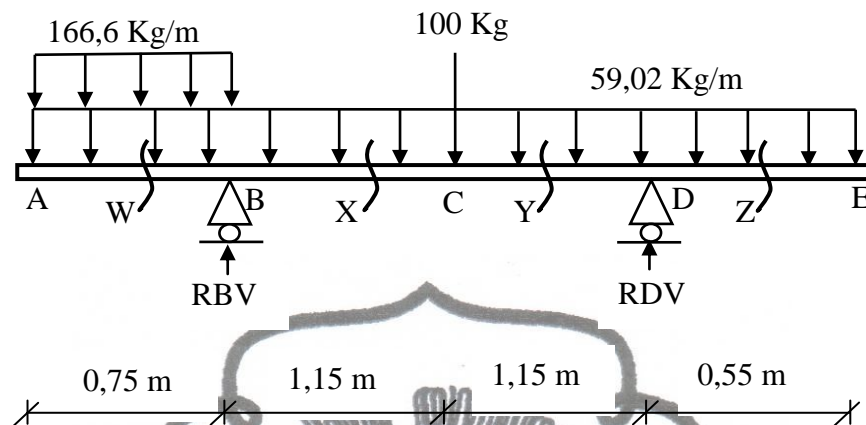
Berat pada mesin + transmisi + AC, berat bodi + kaca + *accessories* harus dibagi dua, karena berat dari bagian tersebut hanya dihitung pada sebelah sisi atau dua tumpuan. Berat penumpang hanya diasumsikan satu penumpang pada salah satu sisi yaitu 100 Kg. Berat bodi + kaca + *accessories* ($250 + 175 = 425$ Kg) dibagi dua menjadi 212,5 Kg. Berat dari mesin + transmisi + AC ($220 + 30 = 250$ Kg) dibagi dua menjadi 125 Kg. *commit to user*

Beban merata pada mesin + transmisi + AC adalah 166,6 Kg/m, diperoleh dari berat mesin + transmisi + AC (125 Kg) yang dibagi dengan jarak tumpuan bagian depan dari chasis (A-B) sejauh 0,75 m. Beban merata pada bodi + kaca + *accessories* adalah 59,02 Kg/m, diperoleh dari berat bodi + kaca + *accessories* (212,5 Kg) yang dibagi dengan panjang keseluruhan chasis (A-E) sejauh 3,6 m.



Gambar 3.23. Letak beban pada chasis

Diagram gaya bebas :

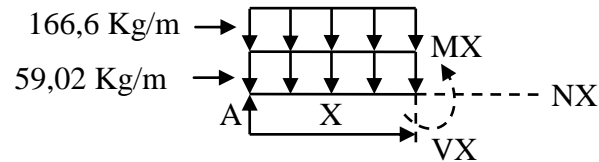


Gambar 3.24. Diagram gaya bebas

Reaksi penumpu:

$$\begin{aligned}\sum F_y = 0 \quad & RBV - 125 \text{ kg} - 110 \text{ kg} - 15 \text{ kg} - 87,5 \text{ kg} - 100 \text{ kg} + RDV = 0 \\ & RBV + RDV - 437,5 \text{ kg} = 0 \\ & RBV + RDV = 437,5 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum MB = 0 \quad & 166,6 \text{ kg} \cdot 0,75 \left(\frac{0,75}{2} \right) \text{ m} + 59,02 \text{ kg} \cdot 0,75 \left(\frac{0,75}{2} \right) \text{ m} - 100 \text{ kg} \cdot \\ & 1,15 \text{ m} - 59,02 \text{ kg} \cdot 2,3 \left(\frac{2,3}{2} \right) \text{ m} - 59,02 \text{ kg} \cdot 0,55 \left(\frac{2,3 + 0,55}{2} \right) \\ & \text{m} + RDV \cdot 2,3 \text{ m} = 0 \\ & 46,86 \text{ kg.m} + 16,59 \text{ kg.m} - 115 \text{ kg.m} - 156,11 \text{ kg.m} - 83,58 \text{ kg.m} + \\ & RDV \cdot 2,3 = 0 \\ & RDV = 291,24 / 2,3 = 126,63 \text{ Kg} \\ & RBV = 437,5 - 126,63 = 310,87 \text{ Kg}\end{aligned}$$

1. Potongan (W – W) kiri $A \rightleftharpoons B$ 

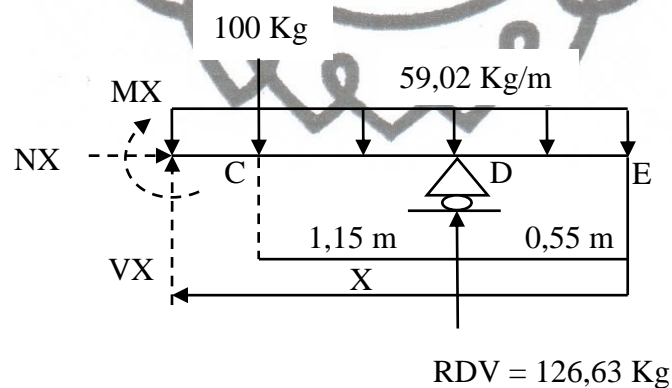
Gambar 3.25. Potongan (w – w) kiri batang A – B

Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$VX = -166,6 x - 59,02 x \dots\dots\dots (2)$$

$$MX = -166,6 x (x/2) - 59,02 x (x/2) \dots\dots\dots (3)$$

2. Potongan (X – X) kanan $C \rightleftharpoons B$ 

Gambar 3.26. Potongan (x – x) kanan batang C – B

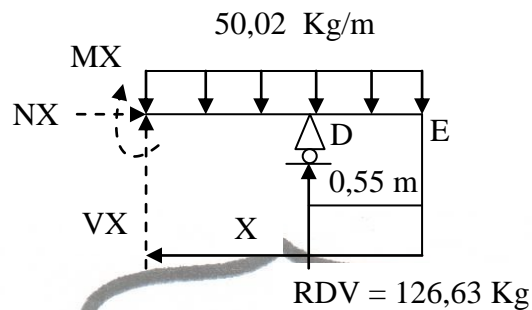
Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$VX = 59,02 x + 100 - 126,63 \dots\dots\dots (5)$$

$$MX = 126,63 (x - 0,55) - 100 (x - 1,7) - 59,02 x (x/2) \dots\dots\dots (6)$$

commit to user

3. Potongan (Y – Y) kanan $D \Rightarrow C$ 

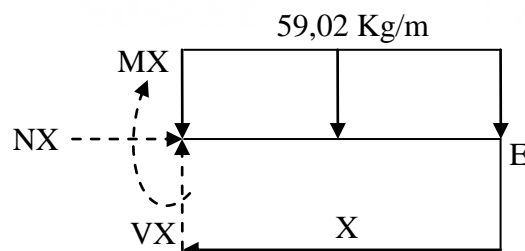
Gambar 3.27. Potongan (y – y) kanan batang D – C

Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \dots\dots\dots (7)$$

$$VX = 59,02 x - 126,63 \dots\dots\dots (8)$$

$$MX = 126,63 (x - 0,55) - 59,02 x (x/2) \dots\dots\dots (9)$$

4. Potongan (Z – Z) kanan $E \Rightarrow D$ 

Gambar 3.28. Potongan (z – z) kanan batang E – D

Persamaan reaksi gaya dalam :

$$NX = 0 \text{ Kg} \dots\dots\dots (10)$$

$$VX = 59,02 x \dots\dots\dots (11)$$

$$MX = - 59,02 x (x/2) \dots\dots\dots (12)$$

commit to user

Tabel 3.4. Beban maksimal empat potongan

No	Potongan	Titik	X (m)	N _x (Kg)	V _x (Kg)	M _x (Kg.m)
1	Kiri (w – w) A → B	A	0	0	0	0
		B	0,75	0	-169,215	-63,44
2	Kanan (x – x) C → B	C	1,7	0	73,704	60,34
		B	2,85	0	141,577	-63,44
3	Kanan (y – y) D → C	D	0,55	0	-94,169	-8,93
		C	1,7	0	-26,296	60,34
4	Kanan (z – z) E → D	E	0	0	0	0
		D	0,55	0	32,461	-8,93

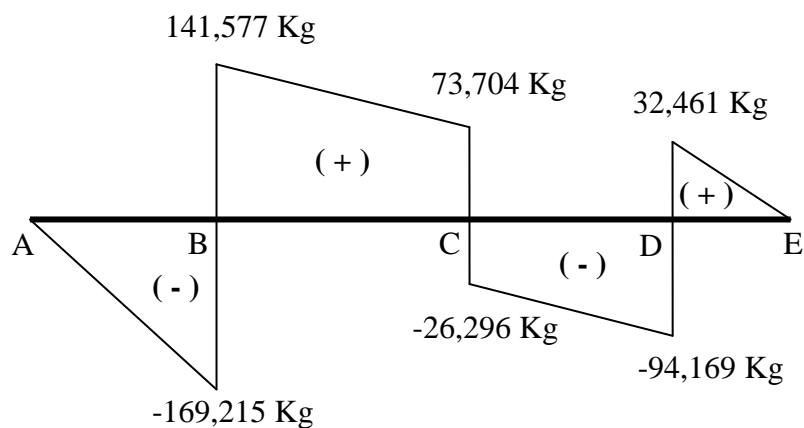
Diagram gaya dalam yang ada pada batang:

a. Diagram gaya normal (NFD)



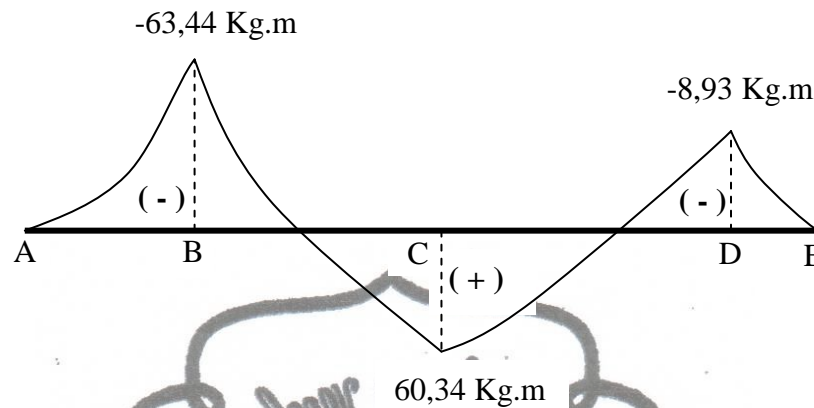
Gambar 3.29. Diagram gaya normal (NFD) pada beban maksimal

b. Diagram gaya geser (SFD)



Gambar 3.30. Diagram gaya geser (SFD) pada beban maksimal

c. Diagram momen lentur (BMD)



Gambar 3.31. Diagram momen lentur (BMD) pada beban maksimal

Diasumsikan bahan penguat untuk chasis / pipa yang digunakan adalah baja ST 52, dengan $\sigma_{\text{tarik}} = 510 \text{ N/mm}^2$ kadar karbon 0,2 % (Nieman, 1999), faktor keamanan (sf) yang dipakai adalah 4 (Khurmi, 1982).

Perhitungan momen lentur mempunyai dua tegangan yang berbeda, yaitu pada bagian atas mengalami tegangan desak dan pada bagian bawah mengalami tegangan tarik.

3. Pengecekan kekuatan bahan pada bagian bawah (mengalami tegangan tarik)

➤ Tegangan tarik ijin bahan (σ_{ijin})

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{\sigma}{sf} = \frac{510 \text{ N/mm}^2}{4} = 127,5 \text{ N/mm}^2$$

➤ Tegangan tarik yang terjadi (σ_{tarik})

Momen terbesar 63,44 kg.m = 63440 kg.mm = 622346,4 N.mm.....

(1kg = 9,81 N)

$$Y = \frac{d_1}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d_2^4) \\
 &= \frac{3,14}{64} (50^4 - 44^4) \\
 &= 0,049 (2501904) \\
 &= 122593,296 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{tarik}} &= \frac{M.Y}{I} \\
 &= \frac{622346,4 \text{ N.mm} \cdot 25 \text{ mm}}{122593,296 \text{ mm}^4} \\
 &= 126,9 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat $\sigma_{\text{tarik}} < \sigma_{\text{tarik ijin}}$ (pipa aman digunakan sebagai penguat chasis).

4. Pengecekan kekuatan bahan pada bagian atas (mengalami tegangan desak)

➤ Tegangan desak ijin bahan (σ_{ijin})

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{\sigma}{sf} = \frac{510 \text{ N/mm}^2}{4} = 127,5 \text{ N/mm}^2$$

➤ Tegangan desak yang terjadi (σ_{desak})

Momen terbesar $63,44 \text{ kg.m} = 63440 \text{ kg.mm} = 622346,4 \text{ N.mm}$
 ($1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N}$)

$$Y = \frac{d}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

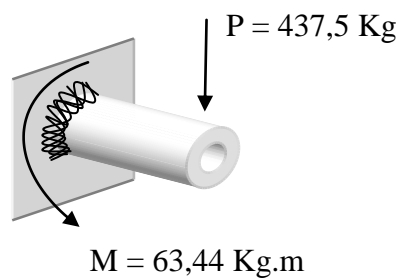
$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d_2^4) \\
 &= \frac{3,14}{64} (50^4 - 44^4) \\
 &= 0,049 (2501904) \\
 &= 122593,296 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{desak}} &= \frac{M.Y}{I} \\
 &= \frac{622346,4 \text{ N.mm} \cdot 25 \text{ mm}}{122593,296 \text{ mm}^4} \\
 &= 126,9 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat $\sigma_{\text{desak}} < \sigma_{\text{desak ijin}}$ (pipa aman digunakan sebagai penguat chasis).

3.5. Perhitungan Pengelasan

Perhitungan las pada sambungan las yang dipakai adalah jenis sambungan las temu atau *butt weld*, diketahui tegangan geser 55 N/mm^2 . Dengan faktor keamanan yang dipakai untuk pengelasan temu atau *butt weld* adalah 1,2 (Khurmi, 1982).



Gambar 3.32. Model pengelasan

1. Tegangan geser ijin bahan las ($\tau_s \text{ ijin}$)

$$\tau_s \text{ ijin} = \frac{\tau_s}{sf} = \frac{55 \text{ N/mm}^2}{1,2} = 45,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Luasan leher las (} A \text{)} &= 0,707 s \times \pi d \\
 &= 0,707 \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 50 \\
 &= 332,99 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

3. Tegangan geser akibat pembebanan (τ)

$$\text{Massa } 437,5 \text{ kg} = 4291,875 \text{ N} \dots\dots\dots (1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N})$$

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{4291,875 \text{ N}}{332,99 \text{ mm}^2} \\
 &= 12,88 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

4. Tegangan lentur (σ_b)

$$\text{Momen terbesar } 63,44 \text{ kg.m} = 63440 \text{ kg.mm} = 622346,4 \text{ N.mm} \dots\dots\dots (1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N})$$

$$Y = \frac{d}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi t d^3}{4} \\
 &= \frac{3,14 \cdot 0,707 \cdot 3 \cdot (50)^3}{4} \\
 &= 208123,125 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M.Y}{I} \\
 &= \frac{622346,4 \text{ N.mm} \cdot 25 \text{ mm}}{208123,125 \text{ mm}^4} \\
 &= 74,75 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

5. Tegangan geser maksimum (τ_{\max})

$$\begin{aligned}\tau_{\max} &= \frac{1}{2} \sqrt{\sigma b^2 + 4 \tau^2} \\&= \frac{1}{2} \sqrt{(74,75)^2 + 4 (12,88)^2} \\&= \frac{1}{2} \sqrt{5587,56 + 663,57} \\&= \frac{1}{2} \sqrt{6251,14} \\&= \frac{1}{2} 79,06 \text{ N/mm}^2 \\&= 39,53 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh $\tau_{\max} < \tau_{s \text{ ijin}}$ (pengelasan aman).

BAB IV

PEMBUATAN BODI

MOBIL BAHAN BAKAR ETANOL (BBE)

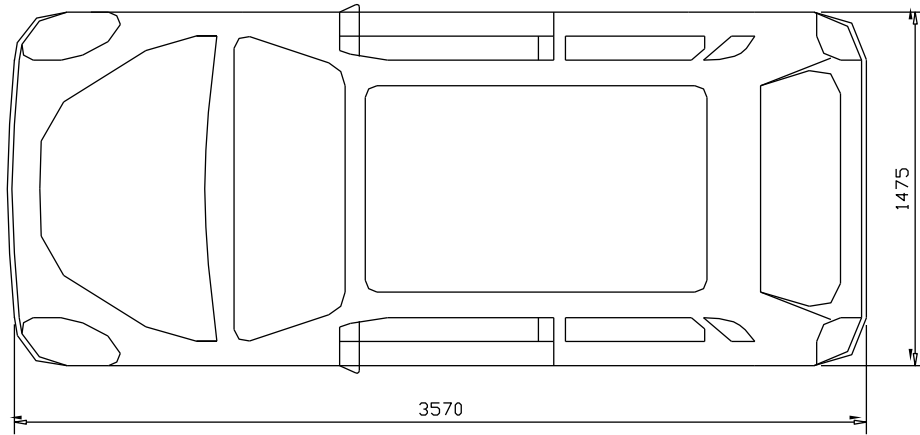
4.1. Proses Pembuatan Bodi Mobil BBE

Proses pembuatan bodi mobil bahan bakar etanol (BBE) ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

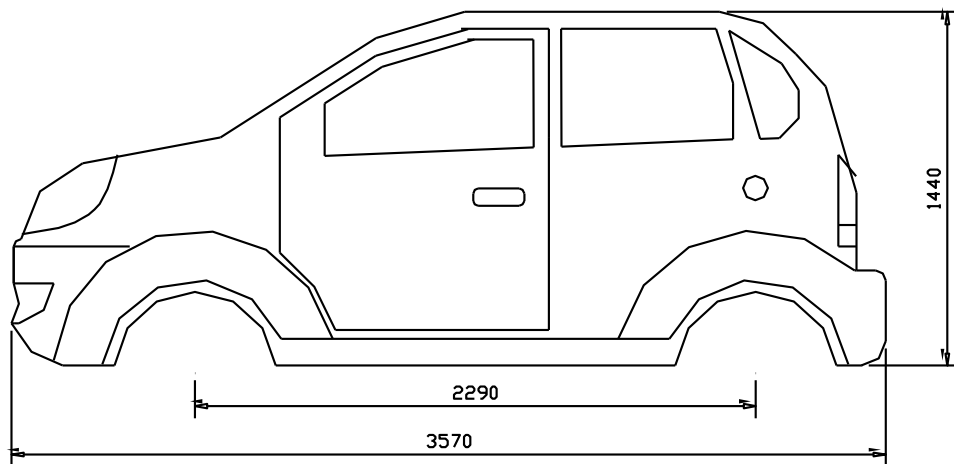
- ❖ Tahap 1: Pembuatan desain
- ❖ Tahap 2: Pembuatan *master*
- ❖ Tahap 3: Pembuatan cetakan
- ❖ Tahap 4: Pembuatan lapisan *gelcoat*
- ❖ Tahap 5: Pembuatan bodi komposit
- ❖ Tahap 6: Proses *finishing*

4.1.1. Tahap 1: Pembuatan Desain

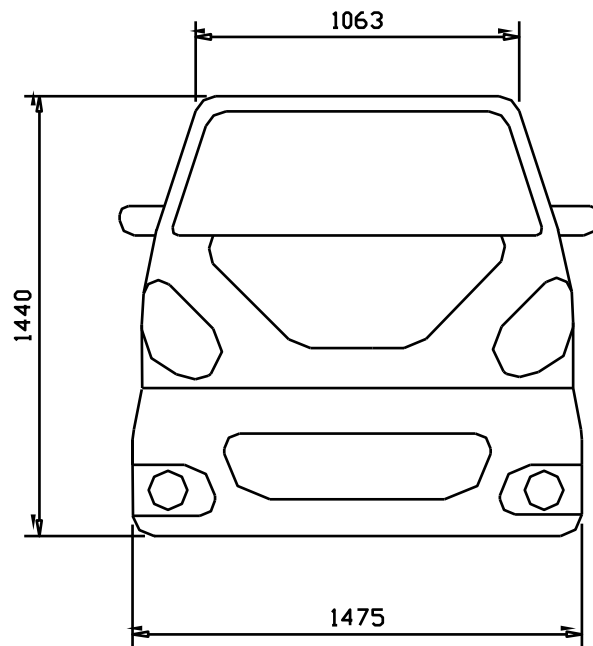
Pada dasarnya konsep mobil BBE yang dibuat adalah *city car* yang ramah lingkungan, ekonomis tanpa mengurangi kenyamanan berkendara. Desain mobil BBE itu sendiri mengacu pada mobil-mobil keluaran terbaru yang saat ini masih laku keras di pasaran seperti karimun estilo, dan avanza. Gambar desain yang dibuat merupakan kombinasi desain mobil yang sudah ada. Kaca-kaca dan lampu diambil desain dari karimun estilo karena harganya yang relatif lebih murah dibanding lainnya, desain lampu dan kaca-kaca dari karimun estilo sangat cocok untuk dikombinasikan dengan desain yang telah dibuat. Material yang digunakan dalam pembuatan bodi mobil BBE adalah komposit, karena pertimbangan beban bodi mobil BBE yang ringan. Diharapkan apabila mobil BBE sudah jadi sesuai desain, bisa menjadi terobosan baru dibidang otomotif untuk menciptakan mobil nasional yang ramah lingkungan serta efisien bahan bakar.



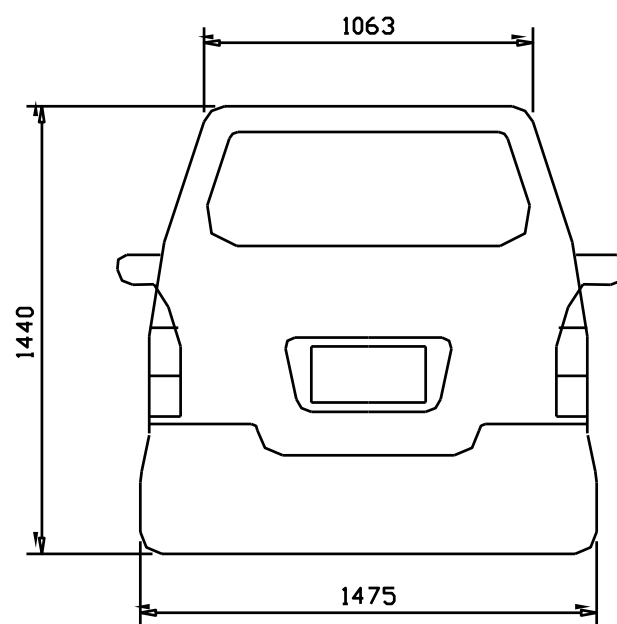
Gambar 4.1. Desain gambar mobil BBE tampak atas



Gambar 4.2. Desain gambar mobil BBE tampak samping



Gambar 4.3. Desain gambar mobil BBE tampak depan



Gambar 4.4. Desain gambar mobil BBE tampak belakang

4.1.2. Tahap 2: Pembuatan *Master*

Pembuatan *master* ini lebih merupakan ke pekerjaan kayu (seni). *Master* ini sendiri terbuat dari triplek. Triplek tersebut dipotong-potong sesuai ukuran dan contour yang telah ditentukan sesuai desain yang dibuat. Potongan triplek yang sudah terbentuk kemudian dirakit sesuai desain. Proses perakitan diawali dengan membentuk rangka *master* terlebih dahulu agar *master* kuat dan kokoh. Rangka *master* dibuat dari triplek dengan ketebalan 3 cm. Rangka ini terdiri dari beberapa bagian rangka utama yang dipasang secara tegak dan melintang. Setelah rangka utama terbentuk baru merakit lembaran potongan triplek yang sudah dipotong dan dibentuk sesuai ukuran. Untuk membentuk *contour-contour* yang sulit pada *master* digunakan triplek yang tipis dan karton.



Gambar 4.5. Rangka *master* bodi tampak depan



Gambar 4.6. Rangka *master* bodi tampak belakang

Master yang sudah selesai sesuai dengan yang diinginkan, langkah berikutnya adalah menghaluskan permukaan serta melapisi *master* bodi dengan dempul dan diampelas agar dihasilkan permukaan yang halus dan merata. *Master* bodi siap digunakan untuk proses pembuatan cetakan.



Gambar 4.7. *Master* bodi mobil BBE tampak depan

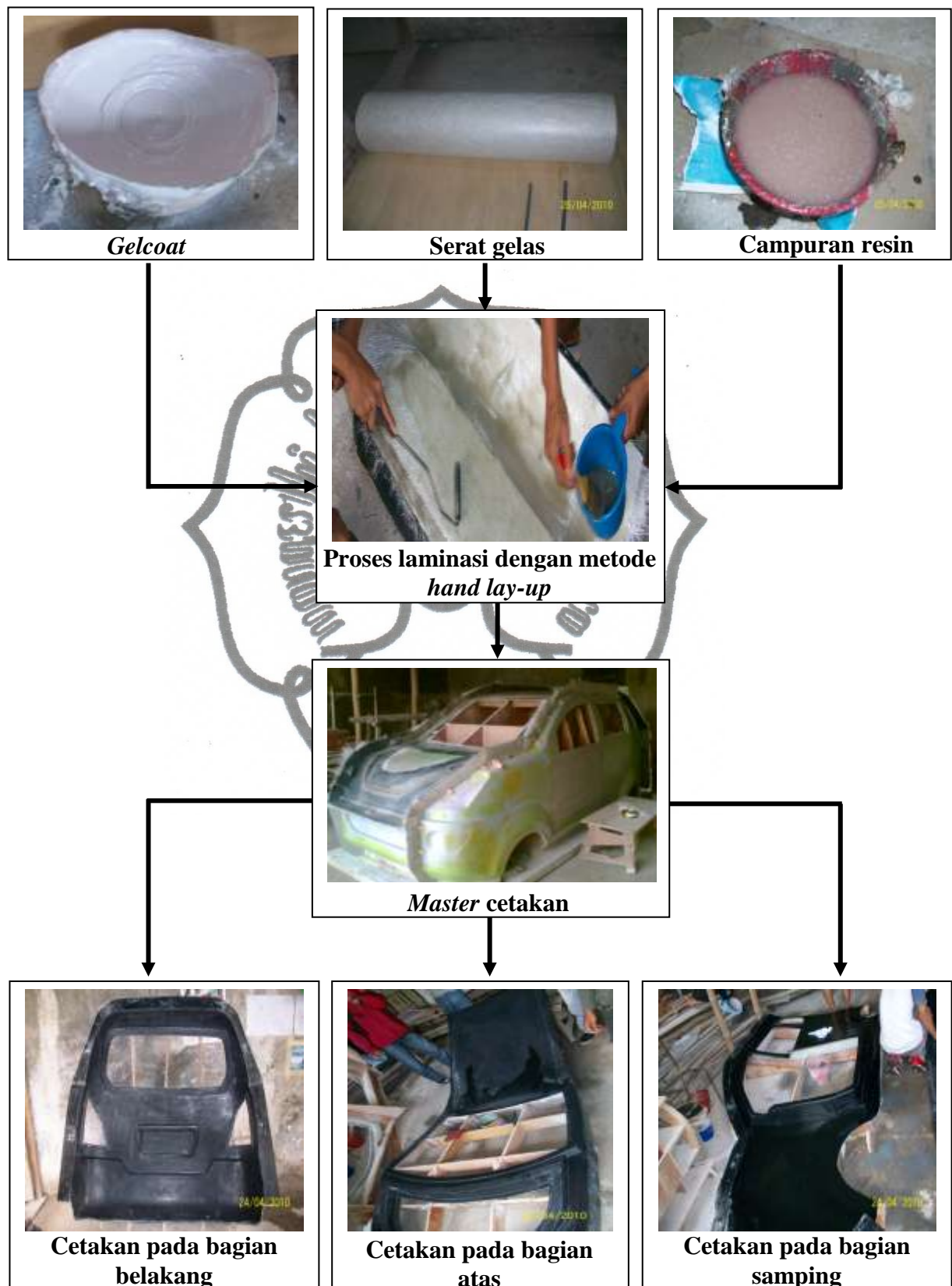


Gambar 4.8. *Master* bodi mobil BBE tampak belakang

4.1.3. Tahap 3: Pembuatan Cetakan

Proses pembuatan cetakan dilakukan setelah *master* selesai dengan kondisi permukaan yang halus dan rata. Pada awal pembuatan cetakan langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengolesi seluruh permukaan *master* dengan PVA (*polyvinyl alkohol*) yang bertujuan agar lebih mudah untuk pelepasan cetakan. Selanjutnya *master* yang sudah dilapisi dengan PVA kemudian dilapisi lagi dengan *gelcoat* (campuran antara aerosil, resin, *pigment*, *cobalt* dan katalis *MEPOXE*) dengan metode *hand lay-up*, setelah *gelcoat* mengering dilanjutkan dengan proses laminasi pada *master* hingga mencapai 3 lapisan / *layer* (3 mm).

Proses laminasi diawali dengan pemberian campuran antara resin dan kalsit serta diberi sedikit katalis (1% dari volume resin) sebagai hardener yang sudah diaduk hingga rata, kemudian diberi met atau serat gelas, begitu seterusnya sampai tiga lapis. Langkah terakhir pembuatan cetakan adalah memberi triplek pada sisi bagian luar yang bertujuan untuk memberi penguatan cetakan agar tidak terjadi defleksi. Apabila seluruh tahapan pembuatan cetakan sudah ditempuh maka tinggal menunggu proses pengeringan dan pelepasan cetakan dari *master*. Setelah cetakan lepas dari *master* maka dilakukan proses penghalusan permukaan dengan cara diamplas secara bertahap, hasil permukaan cetakan sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan karena apabila semakin sedikit cacat cetakan maka produk yang dihasilkan akan semakin baik.



commit to user
Gambar 4.9. Proses pembuatan cetakan

4.1.4. Tahap 4: Pembuatan Lapisan *Gelcoat*

Langkah pembuatan lapisan *gelcoat* dilakukan setelah proses pembuatan cetakan selesai sampai kondisi permukaan yang halus dan rata. Sebelum menuju pembuatan lapisan *gelcoat*, terlebih dahulu mengoles dan menggosok permukaan cetakan yang sudah diampelas dengan *mirror glass* sampai halus dan merata, hal ini berfungsi agar lapisan *gelcoat* tidak lengket dengan cetakan. Apabila seluruh bagian sudah diolesi dengan *mirror glass*, pembuatan lapisan *gelcoat* diawali dengan mengoleskan PVA pada permukaan cetakan sama seperti proses pembuatan cetakan tadi. Langkah selanjutnya mengoleskan *gelcoat* (campuran antara *aerosil*, resin, *pigment*, *cobalt* dan katalis) sampai seluruh permukaan cetakan tertutup oleh *gelcoat* dengan metode *hand lay-up*. Penggunaan *cobalt* dan katalis (1% dari volume resin) disini berfungsi untuk mempercepat pengeringan serta pengerasan *gelcoat* yang nantinya menjadi lapisan *gelcoat*, sedangkan *pigment* adalah zat pewarna. Dalam pembuatan mobil BBE dipilih *pigment* warna putih sebagai lapisan *gelcoat*. Produk akan kering selama 1-2 jam, dan produk siap untuk dilapisi atau ditimpa serat.



Gambar 4.10. Proses pembuatan lapisan *gelcoat*

4.1.5. Tahap 5: Pembuatan Bodi Komposit

Proses pembuatan bodi komposit diawali dengan membasahi lapisan *gelcoat* dengan cara mengoleskan campuran resin dan kalsium karbonat serta diberi sedikit katalis, kemudian diberi serat acak sebagai lapisan pertama, begitu seterusnya sampai 3 lapis. Apabila lapisan *gelcoat* bagian atas, samping, dan belakang sudah dilaminasi maka dilanjutkan dengan proses penyatuan lapisan *gelcoat*, hal ini bertujuan untuk menyatukan bagian – bagian lapisan *gelcoat* yang sudah dilaminasi. Proses penyatuan lapisan *gelcoat* menggunakan klem yang dijepitkan pada rangka penahan cetakan bagian luar. Proses pengekleman harus dilakukan sangat presisi karena apabila tidak presisi maka produk yang dihasilkan juga tidak akan presisi. Pada bagian sambungan juga dilakukan proses laminasi, bahkan proses laminasinya bisa sampai 4-5 lapis agar pada bagian sambungan tidak mudah patah. Produk dikeringkan selama 4-5 jam dalam ruangan yang cukup sirkulasi udaranya dan terhindar dari matahari langsung. Berikut gambaran proses pengekleman dan proses laminasi pada bagian yang disambung:

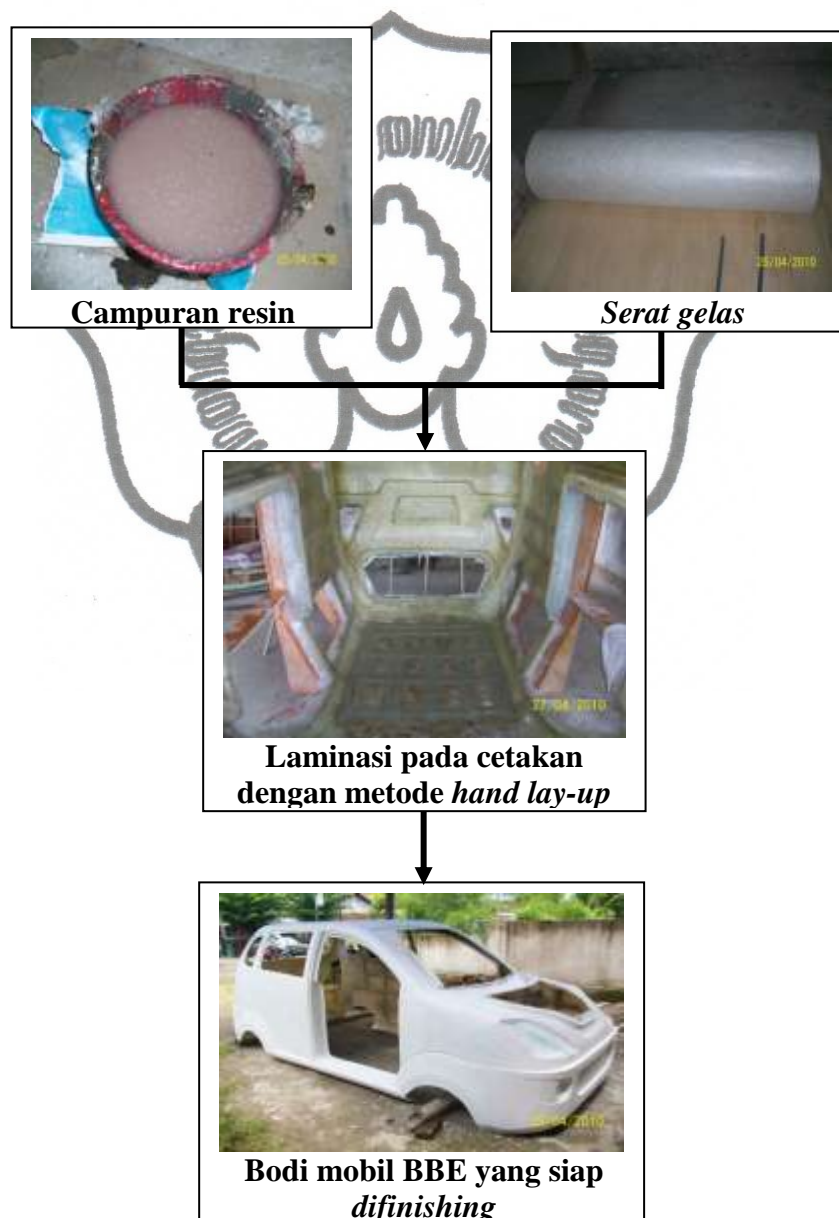


Gambar 4.11. Proses pengekleman



Gambar 4.12. Proses laminasi pada bagian yang disambung

Pada bagian tertentu yang mudah patah diberi penguat. Penguat ini bisa menggunakan cara dengan memberikan penguat pada bagian – bagian yang mempunyai bentangan panjang dan lurus dengan memberi *core* diantara lapisan *gelcoat*. *Core* yang digunakan adalah PVC (pipa paralon) yang dibelah, sehingga diharapkan dengan adanya penguatan tersebut mampu memperkuat bodi komposit mobil BBE yang dibuat.



Gambar 4.13. Proses pembuatan bodi komposit

Deskripsi:

Resin yang dituang dengan tangan kedalam met, pada umumnya menggunakan alat *rolling* yang bertujuan agar met dapat menyesuaikan *contour* dari cetakan dan resin dapat merata hingga bagian dalam sehingga diharapkan tidak ada udara didalamnya.

4.1.6. Tahap 6: Proses *Finishing*

Produk yang sudah kering akan dilakukan proses pelepasan dari cetakan, langkah selanjutnya adalah langkah *finishing*. Pada tahap *finishing* ini dilakukan tindakan penghalusan, perapian, pemotongan, serta pengontrolan produk (layak atau tidak). Pemotongan dilakukan dengan gerinda potong pada bagian-bagian yang tidak berguna sesuai dengan desain yang sudah ditentukan agar produk terlihat rapi. Selanjutnya mencuci produk dengan air sabun untuk membersihkan bekas sisa-sisa PVA yang masih menempel pada produk sampai bersih.

Produk yang telah dikeluarkan dari cetakan hasilnya belum tentu sempurna seperti sesuai yang diinginkan. Kadang terdapat cacat produk yang menyebabkan mutu produk tersebut tidak bagus. Cacat produk dapat disebabkan oleh kualitas cetakan yang kurang bagus atau tidak rata, juga bisa disebabkan kesalahan pada saat pelepasan produk dari cetakan. Apabila dimungkinkan produk bisa diperbaiki maka produk akan diperbaiki, tetapi bila tidak maka produk diganti dengan yang baru. Pada proses pembuatan bodi mobil BBE ini terdapat cacat produk yang masih dapat diperbaiki, sehingga dilakukan proses pendempulan pada bagian yang mengalami cacat produk tersebut. Setelah dilakukan pendempulan, kemudian menghaluskan produk dengan mengamplas produk pada bagian yang tidak halus sampai semua permukaan produk rata dan halus.



Gambar 4.14. Proses pemotongan produk



Gambar 4.15. Proses pencucian produk

4.2. Cara Pemasangan Bodi ke Chasis

Hal yang harus diketahui sebelum memasang bodi ke chasis adalah titik tengah dari bodi itu sendiri dan titik tengah dari chasis yang akan dipasang bodi. Penentuan titik tengah dari bodi diperoleh dari pengukuran dari lebar dari bodi yang telah dibagi dua dan juga dengan titik tengah dari chasisnya. Setelah diperoleh titik tengah dari bodi dan chasis, bodi dipasang ke chasis dengan mengepaskan antara titik tengah bodi dan chasis yang sudah ditentukan.

Cara mengepaskan titik tengah menggunakan balok kayu yang diletakkan memanjang tepat membagi dua bodi. Pada balok kayu tersebut diikatkan benang yang sudah diberi pemberat, kemudian bodi digeser-geser sampai ujung pemberat tepat berada dititik tengah chasis. Selanjutnya bodi dibuat menempel ke chasis secara semi permanen. Ini dimaksudkan untuk menentukan titik-titik penempatan dudukan untuk bodi ke chasis. Penentuan titik ini tidaklah sembarang, karena dudukan tersebut harus mampu menahan bodi agar tidak goyah atau geser. Dudukan untuk bodi dibuat dari besi strip plat setebal 3 mm. Bentuk dudukan untuk dudukan bodi dibuat menyerupai huruf "L". Panjang dudukan untuk bodi bervariasi karena harus menyesuaikan dari *contour* bodi dan chasis.

Langkah selanjutnya adalah penempelan dudukan ke bodi. Dudukan yang telah dibuat ditempelkan ke bodi dengan cara melaminasikan dudukan tersebut ke bodi. Tahap awal penempelan dudukan adalah dengan cara memberikan dempul ke dudukan, setelah itu baru ditempelkan ke bodi. Tahap pelaminasian harus menunggu dempul yang ada pada dudukan setengah kering. Hal ini bertujuan agar dudukan tidak geser atau jatuh pada saat tahap laminasi. Bahan yang digunakan pada saat tahap laminasi adalah campuran resin (resin dan katalis dengan perbandingan 1:0,1) dan serat fiber. Laminasi dikerjakan secara berlapis sampai empat lapis, yaitu berawal dari pengolesan campuran resin ke dudukan yang di tempelkan ke bodi, kemudian diberi serat fiber dan diolesi cairan resin kembali sampai empat kali. Sedangkan untuk penempelan dudukan ke chasis dikerjakan dengan cara dibaut. Proses pengerjaannya yaitu dengan cara mengebor dudukan dan chasis dengan mata bor 12 mm. Penempelan dengan cara dibaut ini bertujuan agar bodi tersebut dapat dilepas kembali jika ada suatu hal yang tidak diinginkan.

4.3. Proses Pengecatan Bodi Mobil BBE

Tahap pertama yang harus dilakukan sebelum proses pengecatan adalah proses pendempulan pada permukaan bodi mobil bahan bakar etanol (BBE). Kemudian meratakan hasil pendempulan dengan cara mengamplas permukaan yang sudah didempul secara bertahap. Seluruh permukaan bodi yang sudah rata dilakukan pengecatan dengan menggunakan *epoxy*, hasil proses pengecatan *epoxy* diratakan kembali menggunakan amplas. Langkah selanjutnya pencucian bodi mobil bahan bakar etanol (BBE) yang bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran yang menempel pada permukaan bodi. Bodi mobil bahan bakar etanol (BBE) yang sudah bersih selanjutnya dilakukan pengecatan dasar, untuk proses pengecatan warna dasar dipilih warna hijau. Setelah kering dilakukan pengecatan primer sesuai warna yang diinginkan. Untuk langkah terakhir dilakukan proses penyemprotan *clear coat* yang bertujuan untuk melindungi cat dari sengatan matahari dan goresan. Warna bodi mobil bahan bakar etanol (BBE) yang lebih maksimal dilakukan proses pemolesan dengan menggunakan kain pemoles.



Gambar 4.16. Bodi mobil yang sudah dicat primer

BAB V

PERAWATAN DAN PERINCIAN BIAYA

5.1. Perawatan

5.1.1. Perawatan Komposit Serat gelas

Serat gelas sebenarnya bebas perawatan (*maintenance free*). Perawatan hanya dilakukan apabila terjadi kerusakan tergores atau pecah. Sedangkan untuk permukaan yang dilapisi cat, perawatannya sama seperti perawatan bodi mobil pada umumnya.

a. Perawatan pada serat gelas yang tergores

Serat gelas yang tergores dapat diperbaiki dengan melapisi permukaan dengan *gelcoat*. Pelapisan *gelcoat* dimaksudkan agar warna produk tidak belang. Untuk meratakan permukaan yang dilapisi ulang dilakukan pengampelasan. Proses pengampelasan dilakukan secara bertahap dengan amplas kasar dan bertahap hingga amplas halus yang dibasahi dengan air.

b. Perawatan pada materi serat gelas yang pecah

Serat gelas yang pecah dapat diperbaiki dengan cara melakukan laminasi ulang atau penambalan pada bagian yang rusak. Laminasi atau penambalan bagian yang pecah dilakukan sama halnya dengan proses laminasi produk.

c. Perawatan pada serat gelas yang sudah dicat

Perawatan serat gelas yang sudah dicat sama dengan perawatan bodi mobil pada umumnya, yaitu :

1. Pada saat tidak digunakan, jauhkan dari sinar matahari langsung atau tempatkan di tempat yang teduh.
2. Melakukan pemolesan permukaan dengan bahan – bahan yang direkomendasikan untuk merawat cat mobil.

5.2. Perincian Biaya

1. Master

A. Bahan

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Resin ex Justus. 157 BQTN	@ 22.500	100 liter	2.250.000
2	Katalis MEPOXE	@ 40.000	1 kg	40.000
3	<i>Talk powder</i>	@ 42.500	4 sak	170.000
4	<i>Thinner A</i>	@ 7.500	20 liter	150.000
5	<i>Multiplex 3mm</i>	@ 38.000	5 lembar	190.000
6	Kayu usuk. 4/6 x 3	@ 35.000	10 batang	350.000
7	Paku usuk	@ 13.000	2 kg	26.000
8	Paku reng	@ 13.000	1.25 kg	16.250
9	Paku lis	@ 14.000	0.5 kg	7.000
10	<i>Multiplex 18mm</i>	@ 172.500	20 lembar	3.450.000
11	<i>Clasy hardener</i>	@ 45.000	2 kaleng	90.000
12	<i>Multiplex 15mm</i>	@ 152.500	7 lembar	1.067.500
13	<i>Multiplex 3 mm</i>	@ 37.500	4 lembar	150.000
14	Kayu usuk 4/5 x 4	@ 48.000	4 batang	192.000
15	<i>Multiplex 8 mm</i>	@ 85.000	2 lembar	170.000
16	Dempul <i>classy</i>	@ 90.000	5 galon	450.000
17	Lem G	@ 5.000	10 buah	50.000
18	Paku reng pring	@ 14.000	1 kg	14.000
19	Lem karton	@ 5.000	3 buah	15.000
20	<i>Primer epoxy hardener</i>	@ 39.500	1 kaleng	39.500
Total				8.887.250

B. Alat

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Benang bol	@ 2.000	1 gulung	2.000
2	Flange amplas	@ 12.500	1 biji	12.500
3	Amplas	@ 2.750	10 buah	27.500
4	Mata <i>jigsaw</i> . <i>wipro 3</i>	@ 1.000	5 buah	5.000
5	Tatah $\frac{3}{4}$	@ 15.000	3 pcs	45.000
6	Kapi kayu 3"	@ 6.500	2 buah	13.000
7	Kapi set <i>stainless</i>	@ 25.000	2 set	50.000
8	Lot pelurus	@ 12.000	1 buah	12.000
9	Kertas gosok bulat	@ 15.000	15 buah	225.000
10	Meteran 5m	@ 5.000	1 buah	5.000
11	Amplas	@ 10.000	1 meter	10.000
12	Pensil kayu	@ 2.000	2 pcs	4.000
13	Sewa kompresor + <i>spray gun</i>	@ 100.000	1 hari	100.000
Total				511.000

C. Jasa ahli

NO	PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	WAKTU	TOTAL
1	Tukang kayu	@ 30.000/hari	4 orang	30 hari	3.600.000
2	Tukang cat + Tukang dempul	@ 25.000/hari	1 orang	1 hari	25.000
Total					3.625.000

2. Cetakan

A. Bahan

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Resin ex justus. 157 BQTN	@ 22.500	150 liter	3.375.000
2	Talk powder	@ 42.500	2 sak	85.000
3	Katalis MEPOXE	@ 40.000	1 kg	40.000
4	Cobalt	@ 70.000	1 kg	70.000
5	Mirror glaze	@ 45.000	4 kaleng	180.000
6	HDK (aerosil)	@ 85.000	5 kg	425.000
7	PVA	@ 75.000	3 kg	225.000
8	Pigment hitam	@ 42.500	1 kg	42.500
9	Baut	@ 1.500	20 pcs	30.000
10	Thinner A	@ 7.500	10 liter	75.000
11	Kain majun	@ 25.000	2 kg	50.000
12	Ring	@ 200	40 pcs	8.000
Total				4.605.000

B. Alat

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Mata jigsaw wipro	@ 6.500	1 buah	6.500
2	Gayung plastik besar	@ 4.000	4 pcs	16.000
3	Gayung plastik kecil	@ 3.500	1 pcs	3.500
4	Kuas 3"	@ 6.500	4 pcs	26.000
5	Kuas 2"	@ 3.500	4 pcs	14.000
6	Roller	@ 35.000	2 buah	70.000
7	Bor dia 10 mm	@ 15.000	1 pcs	15.000
Total				151.000

C. Jasa Ahli

NO	PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	WAKTU	TOTAL
1	Tenaga ahli komposit	@ 35.000/hari	4 orang	7 hari	980.000
2	Tukang kayu	@ 30.000/hari	3 orang	3 hari	270.000
Total					1.250.000

3. Produk

A. Bahan

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Resin ex Justus. 157 BQTN	@ 22.500	120 liter	2.700.000
2	Talk powder	@ 42.500	2 sak	85.000
3	Katalis MEPOXE	@ 40.000	1 kg	40.000
4	Cobalt	@ 70.000	1 kg	70.000
5	Mirror glaze	@ 90.000	4 kaleng	360.000
6	HDK (aerosil)	@ 85.000	5 kg	425.000
7	PVA	@ 75.000	3 kg	225.000
8	Pigment putih	@ 42.500	1 kg	42.5000
9	Kain majun	@ 25.000	5 kg	125.000
10	Lem G	@ 5.000	8 buah	40.000
11	Batu gerinda	@ 6.000	2 pcs	12.000
12	Baut	@ 1.500	20 pcs	30.000
13	Thinner A	@ 7.500	10 liter	75.000
Total				4.612.000

B. Alat

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Kuas 4"	@ 12.500	4 buah	50.000
2	Gayung plastik bsr	@ 4.000	4 pcs	16.000
3	Gayung plastik kcl	@ 3.500	1 pcs	3.500
4	Kuas 3"	@ 7.700	10 buah	77.000
5	Mata jigsaw wiprow T111C	@ 8.000	1pcs	8.000
6	Mata jigsaw wipro T127D	@ 15.000	1 pcs	15.000
7	Kuas 2"	@ 3.500	4 pcs	14.000
8	Gayung kcl	@ 3.000	5 pcs	15.000
9	Cutter (gerinda abrasive)	@ 28.000	1 pcs	28.000
10	PVC (pipa paralon) 5/8	@ 5.000	5 lonjor	25.000
11	Kuas 1"	@ 4.000	2 pcs	8.000
Total				259.500

C. Jasa Ahli

NO	PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	WAKTU	TOTAL
1	Tenaga ahli komposit	@ 35.000	4 orang	7 hari	980.000
2	Tukang pintu	@ 30.000	2 orang	5 hari	300.000
Total					1.280.000

4. Finishing

A. Bahan

NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	<i>Epoxy hardener</i>	@ 39.500	1 kaleng	39.500
2	Dempul <i>clasy</i>	@ 45.000	10 galon	450.000
3	<i>Thinner A</i>	@ 7.500	7 liter	52.500
4	1 kg bel mas primer	@ 18.000	1 kg	18.000
5	<i>Primer epoxy hardener</i>	@ 39.500	2 kaleng	79.000
6	Cat	@ 135.000	4 kg	540.000
7	<i>Clear</i>	@ 160.000	1 kg	160.000
8	<i>Thinner super</i>	@ 10.000	20 liter	200.000
Total				1.539.000

B. Alat

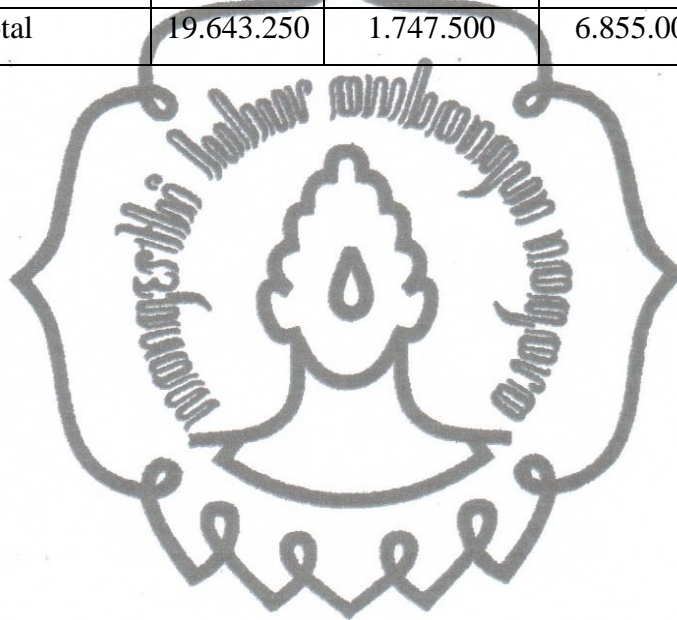
NO	MATERIAL / PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	TOTAL
1	Sewa kompresor+ <i>spray gun</i>	@ 100.000/hari	7 hari	700.000
2	Amplas 40	@ 7.500	10 m	75.000
3	Amplas bulat	@ 15.000	1 pcs	15.000
4	Amplas kain no 3	@ 13.500	1 buah	13.500
5	Kertas gosok bulat	@ 1.500	15 buah	22.500
Total				826.000

C. Jasa Ahli

NO	PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH	WAKTU	TOTAL
1	Tukang cat + Tukang dempul	@ 25.000/hari	4 orang	7 hari	700.000
Total					700.000

5. Total Biaya

NO	PEKERJAAN	BIAYA BAHAN	BIAYA ALAT	BIAYA JASA AHLI	TOTAL
1	<i>Master</i>	8.887.250	511.000	3.625.000	13.023.250
2	Cetakan	4.605.000	151.000	1.250.000	6.006.000
3	Produk	4.612.000	259.500	1.280.000	6.151.500
4	<i>Finishing</i>	1.539.000	826.000	700.000	3.065.000
Total		19.643.250	1.747.500	6.855.000	28.245.750



BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari hasil pembuatan bodi dan rekayasa chasis mobil bahan bakar etanol (BBE) ini serta pembahasan yang diuraikan di depan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proses pembuatan bodi komposit mobil BBE ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu pembuatan desain, pembuatan *master*, pembuatan cetakan, pembuatan lapisan *gelcoat*, pembuatan bodi komposit, dan *finishing* serta menggunakan proses laminasi dengan metode *hand lay up*.
2. Perencanaan chasis ini dilakukan dengan memodifikasi chasis sesuai dengan kebutuhan serta memasang penguat pada chasis agar chasis tersebut tidak lentur atau melengkung saat dibebani. Dari hasil perhitungan chasis dapat disimpulkan bahwa chasis mobil bahan bakar etanol (BBE) ini aman.

6.2. Saran

1. Perlu adanya pengembangan terhadap pembuatan bodi komposit ini, jika sebelumnya bodi komposit ini menggunakan bahan dari serat gelas dapat menggunakan serat lainnya, misalnya serat alam yang lebih ekonomis.
2. Perlu dilakukan perubahan desain penguat yang kokoh pada bagian atap bodi mobil, agar atap bodi tidak melengkung sehingga produk yang dihasilkan selanjutnya lebih berkualitas dan dapat bersaing di pasaran.
3. Perlu adanya pengaplikasian sistem kerja yang terencana dengan matang dan kerjasama yang baik agar produk yang dihasilkan baik serta diperoleh hasil yang maksimal dan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arumaarifu, 2010, *Pengertian Komposit*, www.arumaarifu.wordpress.com.
- Gibson, F.R, 1994, *Principles of Composite material Mechanis, Intern*, McGraw-Hill Inc, New York, USA.
- Kismono, Hadi, 2000, *Mekanika Struktur Komposit*, Departemen Pendidikan Nasional, Bandung.
- Harsono, Toshie, 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Jensen, C, 1991, *Kekuatan Bahan Terapan, Edisi 4*, Erlangga, Jakarta.
- Khurmi, R.S. & Gupta, J.K., 1982, *Machine Design*, New Delhi.
- Kriskiantoro, 2009, *Pengaruh Lebar Spesimen Pada Pengujian Ketangguhan Retak Dengan Metode Essential Work Of Fracture Bahan Komposit Fiberglass Epoxy*, UNS, Surakarta.
- Kroschwitz, J. I., Grestle, F. P., 1987, *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd ed.*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Matthews, F.L., Rawlings, RD., 1993, *Composite Material Engineering And Science*, Imperial College Of Science, Technology And Medi-cine, London, UK.
- Nieman, G, 1999, *Elemen Mesin Jilid 1, Edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Nugroho, 2007, *Proses Produksi Pembuatan Bodi Microcar Dari Bahan Komposit Sandwich Di PT Industri Kereta Api (PERSERO) Madiun*, UMY, Yogyakarta.
- Pane, 2010, *Produk Hilir Kreasi Anak Bangsa Yang Harus Menjadi Perhatian Pemerintah*, Xa.yimg.com.
- Popov, E.P, 1983, *Mekanika Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Schwartz, M.M, 1984, *Composite Material Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Surdia, T. & Saito S, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.

commit to user

- Santoso, 2002, *Pengaruh Berat Serat Chopped Strand Terhadap Kekuatan Tarik, Bending dan Impak Komposit GFRP Kombinasi Serat Gelas Chopped Strand dan Woven Roving*, UNS, Surakarta.
- Tao, F., Miao, J. Y., Shi, G. Y. & Zhang, K. C, 2003, *Ethanol Fermentation by an Acid-tolerant Zymomonas mobilis under Non-sterilized Condition*, *Process Biochemistry*, Elsevier.
- Van Vliet, G.L.J, Both W, 1984, *Teknologi Untuk Bangunan Mesin, Bahan - Bahan 1*, Erlangga, Jakarta.
- Windarianti, 2010, *Komposit Polimer*, www.windarianti.wordpress.com.
- Www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_3134.html

