PROSES PEMBUATAN *BODY MICROCAR* DARI BAHAN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT GELAS

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Pada Jurusan Teknik Mesin



oleh :

Nama : Kuswanto

No. Mahasiswa : 03 525 045

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2008

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PROSES PEMBUATAN *BODY MICROCAR* DARI BAHAN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT GELAS

TUGAS AKHIR

oleh :

Nama : Kuswanto

No. Mahasiswa : 03 525 045

Yogyakarta, Januari 2008

Menyetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
(M. Ridlwan, ST., MT.)	**(Kuncoro Diharjo, ST., MT.)**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PROSES PEMBUATAN *BODY MICROCAR* DARI BAHAN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT GELAS

TUGAS AKHIR

oleh :

Nama : Kuswanto

No. Mahasiswa : 03 525 045

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Januari 2008

Tim Penguji

Ir. H. Hudaya, MM. .....
Ketua

Kuncoro Diharjo, ST., MT. .....
Anggota I

Risdiyono, ST., M. Eng. .....
Anggota II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Muhammad Ridlwan, ST., MT.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Kepada :

Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya

Nabi Muhammad. SAW sebagai *Sayyidul anam*

Ayah Samadi dan Bunda Caswiati

Tak pernah letih kau menuang kasih

Tiada letih doamu memberi

Menuntun setiap langkahku

Janganlah terhenti semua yang kau beri

Janganlah terhenti doamu mengalir

My little Angel Tanjia & Bunda Iim

Tetaplah menjadi pelita hatiku dan pensuport kehidupan

Dosen & staff Jurusan Teknik Mesin FTI - UII

Yang dengan tulus ikhlas mendidik dan membimbingku

Staff karyawan PT. Inka Madiun

Thanks buat bantuan, dukungan dan bimbingannya

Sahabat senasib sepenanggungan Lilik, Dedy & Yanuar

Thanks SOBat…for evethying that you have been given

All people Angkatan '03

You are the best I ever had and thanks for your support

HALAMAN MOTTO

“ kebahagian datang jika... kita berhenti mengeluh tentang kesulitan
Yang kita miliki & mengucapkan terima kasih atas
Kesulitan yang menimpa kita “

“ sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada tuhanmulah hendaknya kamu berharap “
(Qs. Al Insyrah 6-8)

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan “
(Qs. Alam Nasyroh : 6)

Don’t be afraid
to open up your eyes
So you
Can see tomorrow

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr, Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat *Khalikul 'alam* (Allah SWT) yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada *Sayyidul anam* (Muhammad SAW) beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Tugas Akhir berjudul "Proses pembuatan *body microcar* dari bahan komposit berpenguat serat gelas" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan moral maupun material dari berbagai pihak. Atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis, baik berupa bimbingan, motivasi, dorongan, kerjasama, fasilitas maupun kemudahan lainnya maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, ST., M.sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak M. Ridlwan,ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir I dan selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Kuncoro Diharjo, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir II.
4. Dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.

5. Bapak Sigit Sugiarto, ST. selaku pembimbing di PT. Inka Madiun yang telah membimbing dan membantu kelancaran pelaksanaan tugas akhir.
6. Bapak Gaguk, Suparlan, Yuri, Narto trimakasih atas bimbingan dan pengarahan selama di Inka.
7. Ayahanda Samadi dan Ibunda Caswiati tersayang, terima kasih atas keikhlasan, ketulusan, dorongan, doa dan restumu untuk ananda.
8. My wife Imro'atul Khasanah dan my little daughter angel Tanjia tercinta yang selalu mendukung aktifitas Ayah dan trimakasih atas kesabaran dan keikhlasanya.
9. Yanuar, Lilik dan Dedy trimakasih atas pinjaman printernya dan dukungan yang yang telah diberikan. Thanks for everything.
10. Deny, makasih atas saran-saranya, Bagos makasih atas dasinya dan kawan-kawan tugas akhir komposit atas kerjasama dan diskusi yang telah dilakukan.
11. Teman-teman Kost Al-Mu'min yang telah memberikan waktu dan bantuan.
12. Dan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, ini tidak lepas dari kurangnya pengetahuan penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kemajuan penulis di masa mendatang.

Penulis beharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr, Wb.

Yogyakarta, Januari 2008

Penulis

ABSTRAK

Bahan komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dari dua atau lebih bahan penyusun yang pada skala makro berbeda dalam bentuk atau komposisi bahan, dan tidak larut satu sama lain. Prototype car body dari bahan komposit dikembangkan untuk mengurangi biaya pembuatan. Tujuan penelitian ini adalah membuat body microcar dari bahan komposit berpenguat serat gelas GFRP di PT. INKA Madiun.

Bahan utama yang digunakan adalah serat gelas jenis chopped strand mat (300 dan 450 gr/m^2), woven rooving (300 gr/m^2*), resin unsaturated polyester tipe SHCP 268 BQTN, SHCP 268 BQTN-FR dan SHCP G 3252 TL-N dan hardener Methyl Ethyl Keton Peroksida (MEKPO). Pembuatan produk car body dilakukan dengan menggunakan metoda hand lay up, yang dimulai dari pembuatan molding pada master produk. Untuk memudahkan proses pencetakan car body maka pembuatan molding dibuat menjadi beberapa segmen. Molding yang telah terbentuk kemudian digunakan untuk mencetak body microcar.*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metoda hand lay up dapat diimplementasikan untuk mencetak body microcar dari bahan komposit GFRP. Cara pencetakan dilakukan dengan membagi molding menjadi 4 buah molding untuk car body, 2 buah molding untuk tiap pintu, 1 buah molding untuk bemper dan 1 buah molding untuk pembuatan kap mesin. Untuk mencegah terjadinya rongga udara maka pada saat laminasi harus dilakukan dengan teliti serta sebagai lapisan pertama digunakan serat gelas tipis chopped strand mat (300 gr/m^2).

***Kata kunci**: komposit, hand lay up, molding, microcar.*

BAHAN PEMBUATAN *CAR BODY MICROCAR*



Serat gelas



Serat gelas acak (mat)



Poliester resin



Dempul plastik



Serat gelas *woven roving* 300 gr/m^2



Katalis Mekpo



Pigmen



Polyvinyl alkohol



kompon



Papan kayu tebal 20 mm



Baut pengikat antar *molding*

PEMBUATAN *CAR BODY MICROCAR*



Master produk *car* bodi



Master bemper



Master pintu



Pembuatan pembata *molding* bodi belakang



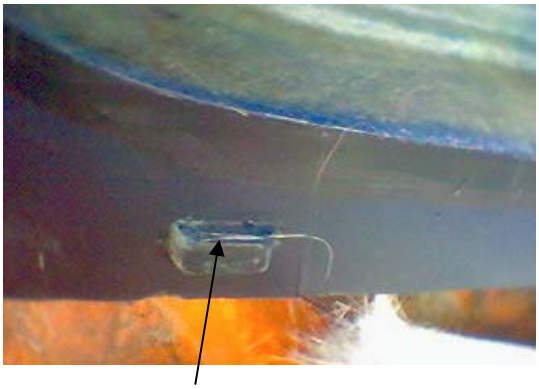
Pembuatan pembatas *molding* sisi kiri



Pembuatan *molding* sisi kiri



Pembuatan *molding* bodi belakang



Stopper positif



Stopper negatif



Produk *car body microcar*



Produk *car body microcar*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metode *moldless* 4
Gambar 2.2 Metode *molded* 5
Gambar 2.3 Komposit laminat 6
Gambar 2.4 Tipe *molding* 8
Gambar 2.5 Proses h*and lay up* 9
Gambar 2.6 Proses *vacuum bagging* 9
Gambar 2.7 Proses *resin tranfer molding* (RTM) 10
Gambar 2.8 Proses *vacuum infusion* 11
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 12
Gambar 4.1 *Master* produk *microcar* 18
Gambar 4.2a Penentuan segmentasi *molding* 19
Gambar 4.2b Penentuan segmentasi *molding* 20
Gambar 4.3 Pembuatan pembatas antar *molding* 21
Gambar 4.4 *Mirror glaze* 22
Gambar 4.5 Penyemprotan *gelcoat* pada saat pembuatan *molding* 24
Gambar 4.6 Laminasi pencetakan *molding* 25
Gambar 4.7 Lubang tempat baut pengikat *molding* 26
Gambar 4.8 Kerangka penguat *molding* 28
Gambar 4.9 *Molding* bodi belakang *microcar* 28
Gambar 4.10a *Molding body microcar* 29
Gambar 4.10b *Molding body microcar* 30
Gambar 4.11 *Molding* pintu 30
Gambar 4.12 *Molding* bemper dan kap mesin 30
Gambar 4.13 Pemberian lapisan *gelcoat* pada *molding* 32
Gambar 4.14 Pemberian resin sebelum laminasi 33

Gambar 4.15 Proses laminasi *molding* bodi belakang 33
Gambar 4.16 Batas pemberian mat pada *molding* 34
Gambar 4.17 *Assembling molding* atap dengan sisi kanan 35
Gambar 4.18 *Assembling molding* sisi kiri 36
Gambar 4.19 *Assembling molding* saat pencetakan *car body* 36
Gambar 4.20 Pemberian *gelcoat* pada sambungan antar *molding* 37
Gambar 4.21 Laminasi untuk menggabungkan produk *car body* 37
Gambar 4.22 Penguatan struktur *body microcar* 38
Gambar 4.23 Sambungan antar *molding* 39
Gambar 4.24 Pembongkaran *molding* belakang 39
Gambar 4.25 Proses pembongkaran *molding* sisi kiri..... 40
Gambar 4.26 Pembongkaran *molding* sisi kanan..... 40
Gambar 4.27 Pembongkaran *molding* atap 41
Gambar 4.28a Pemotongan bodi *microcar* 41
Gambar 4.28b Pemotongan bodi *microcar* 42
Gambar 4.29 Penghalusan garis timbul pada produk *car body* 42
Gambar 4.30 Rongga udara pada *car body* 43
Gambar 4.31 Rongga udara/*void*..... 44
Gambar 4.32 Rongga udara pada tepi produk..... 45

DAFTAR ISI

Halaman judul i
Lembaran pengesahan dosen pembimbingan ii
Lembaran pengesahan dosen penguji iii
Halaman persembahan iv
Halaman motto v
Kata pengantar vi
Abstraksi viii
Daftar isi ix
Daftar gambar xi
Daftar tabel xiii

BAB I : PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3
1.6. Sistematika Penulisan…….. 3

BAB II : LANDASAN TEORI
2.1. Tinjauan pustaka 4
2.2. Kajian teori komposit 5
2.3. Matrik..... 6
2.4. Serat gelas 7
2.5. Cetakan (*Molding*) 7
2.6 Proses manufaktur komposit 8
2.6.1 *Hand lay up* (HLU) 8
2.6.2 *Vacuum bagging* 9
2.6.3 *Resin transfer molding* (HLU) 10
2.6.4 *Vacuum infusion* 10

BAB III : METODE PENELITIAN
3.1. Diagram alir penelitian 12
3.2. Alat dan bahan 13
3.2.1. Alat-alat Penelitian 13
3.2.2. Bahan-bahan penelitian 13
3.3. Pelaksanaan penelitian 14

3.3.1. Pencampuran bahan penyusun matrik 14
3.3.2. Pembuatan *molding* 15
3.3.3. Pembuatan produk *car body* 15
3.3.4. Pembongkaran produk *car body* 16
3.3.5. *Finishing* produk *car body* 16
3.3.6 Pembahasan dan analisis data 16

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN
4.1. *Finishing master* produk *body microcar* 17
4.2. Tahapan pembuatan *molding microcar* 19
4.2.1. Penentuan segmentasi *molding* 19
4.2.2. Penentuan batas *molding* 20
4.2.3. Pembuatan pembatas *molding* 21
4.3. Laminasi pembuatan *molding microcar* 22
4.3.1. Pemberian *releas agen* dan *polyvinyl alcohol* 22
4.3.2. Proses penyemprotan *gelcoat* 23
4.3.3. Laminasi pembuatan *molding* 24
4.3.4. Pemberian kerangka penguat *molding* 26
4.4. Pembongkaran *molding* dari *master* produk 28
4.5. *Finishing molding* 31
4.6. Laminasi dan pembuatan produk *car body* 32
4.6.1. Laminasi pada *molding* 32
4.6.2. *Assembling molding* pada saat pencetakan produk 35
4.6.3. Penyambungan produk *car body* 37
4.7. Pembongkaran dan *finishing* produk 38
4.7.1. Pembongkaran produk *car body* 38
4.7.2. *Finishing* produk *car body* 41
4.8. Analisa kegagalan dan solusinya 43
4.8.1. Rongga udara pada bodi produk hasil laminasi 43
4.8.2. Rongga udara pada bagian tepi produk 45
49 Kelebihan dan kekurangan metode *hand lay up* 46
4.9.1 Kelebihan metode *hand lay up* 46
4.9.2 Kekurangan metode *hand lay up* 46

BAB V : PENUTUP
5.1. Kesimpulan 47
5.2. Saran 48

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi bahan penyusun permukaan komposit (*gelcoat*) 14

Tabel 3.2 Komposisi bahan matrik untuk pembuatan komposit GFRP..... 15

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, penghematan konsumsi bahan bakar (bensin, solar) menjadi faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam mendisain sebuah alat transportasi (mobil, kereta api, pesawat dan kapal). Ketergantungan bahan bakar di beberapa negara seperti di Amerika Serikat mencapai 53%, di Eropa mencapai 76% sedangkan di Cina dengan perkembangan penjualan mobil mencapai 10% pertahun, pada tahun 2010 konsumsi bahan bakar diprediksi mencapai 50%, yang dipasok dari daerah timur tengah (Cramer dan Taggart, 2002). Berdasarkan besarnya penggunaan bahan bakar tersebut maka perlu dikembangkan mesin yang memiliki konsumsi BBM rendah. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsumsi bahan bakar adalah dengan mendisain struktur alat transportasi yang ringan (*lightweight structures*). Cara yang paling sederhana untuk menurunkan berat kendaraan dengan menggunakan bahan-bahan plastik dan komposit.

PT. INKA merupakan salah satu perusahaan yang mengembangkan aplikasi komposit sebagai komponen panel gerbong kereta api. Pemanfaatan dan aplikasikan komposit *glass fiber reinforced plastic* (GFRP) untuk *front end* KRLI, *mask* KRL-Nas, *mask* KRDE (2005) dan *mask* KRDI (2007) serta pembuatan *composite train roof Rail bus* (2007) dengan metoda *vacuum bagging*.

Salah satu terobosan baru dalam dunia otomotif yang dilakukan oleh PT. INKA yaitu pembuatan *body microcar* dari bahan komposit serat gelas. Disain *body microcar* generasi pertama merupakan pengembangan dan modifikasi dari bentuk dan disain mobil kancil. Disain ini akan memberikan daya tarik tersendiri bagi konsumen, karena *car* bodi yang dihasilkan lebih ringan, mudah diperbaiki dan murah. Pembuatan *microcar* yang telah dilakukan pada *microcar* generasi pertama pada tahun 2006 masih terdapat kekurangan, seperti bodi yang dihasilkan kurang menarik serta dimensi yang didapat dari proses manufaktur tidak sesuai

dengan panjang casis. Pada waktu perakitan, bodi harus dipotong dan disambung (potong sambung) untuk menyesuaikan dengan panjang casis sehingga menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan rancangan disain. Pembuatan *microcar* generasi kedua ini dilakukan untuk menyempurnakan *microcar* generasi sebelumya. Berdasarkan analisa disain dan pengalaman manufaktur yang telah didapat dari pembuatan *microcar* generasi pertama, rekayasa *microcar* tahap ke dua ini diharapkan dapat menghasilkan produk *microcar* yang lebih baik dan mempunyai nilai jual tinggi.

Microcar berkualitas mensyaratkan bodi yang sesuai dengan disain, permukaan produk tidak bergelombang, tidak berlubang dan kuat. Disamping itu, proses manufakturnya dapat dikerjakan dengan peralatan yang cukup sederhana serta sudah tersedia sehingga akan menghemat biaya pembuatan bodi. Analisa ekonomi dilakukan dengan membandingkan *car body* dari bahan komposit GFRP dengan *car body* dari plat baja. Oleh karena itu, percobaan pembuatan *body microcar* dari komposit GFRP dipandang perlu untuk segera dilakukan. Keuntungan penggunaan komposit GFRP untuk *body microcar* adalah ketahanan terhadap korosi, mengurangi proses permesinan dalam pembentukan *car body* serta orientasi serat dapat ditentukan pada bagian tertentu untuk mendapatkan kekuatan yang dibutuhkan (Niu, 1993).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana proses pembuatan *body microcar* dari bahan komposit GFRP sehingga menghasilkan *car* bodi yang tidak bergelombang permukaannya, tidak keropos, bentuk sesuai disain dan mudah dalam proses pembuatanya.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Ketebalan dari keseluruhan struktur *body microcar* dianggap sama.
2. Analisa kekuatan produk *body microcar* tidak dilakukan dalam tugas akhir ini.
3. Proses pembuatan *master* produk *microcar* dari awal tidak diikut sertakan dalam pembahasan laporan penelitian ini.

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah membuat *body microcar* dari bahan komposit berpenguat serat gelas GFRP di PT. Inka Madiun.

1.5 Manfaat Penelitian

a. Dapat menghasilkan pemikiran baru dan menambah wawasan penggunaan serta pembuatan bahan komposit GFRP khususnya aplikasi pada industri otomotif.
b. Dapat memanfaatkan pemakaian bahan komposit GFRP sebagai pengganti plat baja pada bodi mobil, bemper serta komponen-komponen lainya pada susunan komponen mobil.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan penelitian ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasan. Pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima Bab yaitu Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian dan Sistematika Penulisan dijelaskan dalam *Bab I Pendahluan.*

Bab II berisi penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk memecahkan masalah. Untuk menunjang dasar teori diperlukan data pengamatan yang dijelaskan dalam *Bab III. Bab IV* merupakan analisa dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dan saran dijelaskan pada *Bab V Penutup.*

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Alexander (1997), terdapat dua metode dalam pembuatan komponen bodi komposit GFRP yaitu *moldless* dan *molded*. Metode *moldless* adalah metode pembuatan komponen bodi komposit tanpa menggunakan *molding*. Metode *moldless* ini dibuat untuk membentuk komponen dengan membentuk material *core* menjadi bentuk yang diinginkan, kemudian dilaminasi dan diberi bahan penguat (*reinforcement*) untuk menghasilkan produk jadi.



Gambar 2.1. Metoda *moldless* (www.gurit.com)

Metode *molded* menggunakan *molding* dalam pembuatan komponen komposit GFRP. Langkah pertama yaitu pembuatan *master produk*, selanjutnya pembuatan *molding* dengan cara melaminasi mengikuti bentuk *master produk*, dari *molding* yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mencetak produk (*building a composite aircraft, sport Aviation. October*, 1997 *by* Alexander).



Gambar 2.2. Metode *molded* (www.composite center.com)

2.2 Kajian Teori Komposit

Bahan komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dari campuran atau kombinasi dua atau lebih bahan penyusun yang pada skala makro berbeda dalam bentuk atau komposisi bahan, masing-masing tidak larut satu sama lain (Schwardz, 1984). Skala makro berarti bahwa komponen awal setelah dicampur masih terlihat.

Penggabungan material ini dimaksudkan untuk menemukan atau mendapatkan material baru yang mempunyai sifat antara *(intermediate)* material penyusunnya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan bahan-bahan penyusunnya. Adapun beberapa sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain: kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan lelah, ketahanan pemakaian, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur (Jones, 1975).

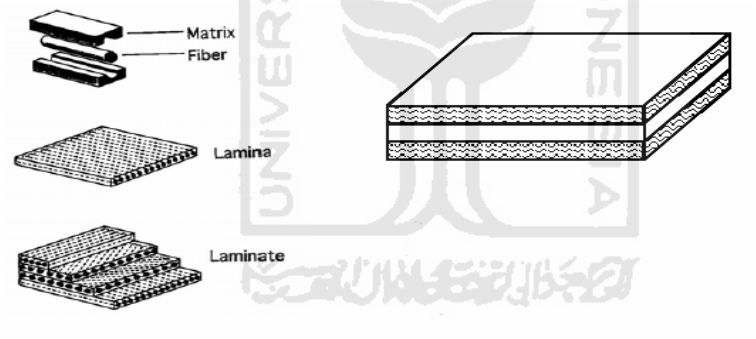
Menurut bentuk material penyusunnya, komposit dapat dibedakan dalam lima jenis, (sumber: Schwartz**,** 1984) yaitu:

1. Komposit serat (*fibrous composite*).
2. Komposit partikel (*particulate composite*).
3. Komposit serpih (*flake*).
4. Komposit sketal (*filled*).
5. Komposit laminat (*laminate composite*).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena komposisi serat lebih kuat dari pada bentuk butiran, mempunyai kekakuan serat yang *solid* dan matriknya lebih fleksibel. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat-serat. Kekuatan komposit ditentukan oleh beberapa komponen penyusun, yaitu:

1. Sifat propertis *fiber*/serat.
2. Sifat propertis matrik/resin.
3. Rasio perbandingan antara *fiber* dengan matrik.

Komposit yang tersusun dari satu atau lebih layer yang digabungkan menjadi satu merupakan komposit jenis laminat.



Gambar 2.3 Komposit laminat (Antonio dkk, 2006)

2.3 Matrik

Resin berfungsi sebagai matrik, resin yang dipakai dalam pembuatan *car body microcar* yaitu poliester tak jenuh SHCP 268 BQTN. Sedangkan resin jenis SHCP G 3253 TL-NC digunakan sebagai *gelcoat* atau pelapis permukaan. Resin UP merupakan salah satu jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai bahan pembentuk komposit GFRP. Poliester merupakan polimer yang tersusun dari *monomer* yang mengandung gugus ester. Poliester sendiri termasuk

dalam kategori polimer termoseting. Apabila poliester dipanaskan maka tidak akan mencair dan mengalir, tetapi akan terbakar dan menjadi arang.

Jenis resin SHCP ini banyak digunakan untuk aplikasi komposit pada dunia industri GFRP. Aplikasi pada dunia industri yaitu seperti pembuatan perahu, *bus shelter*, bangku stadion, *bat tub*, tanki air, pot bunga, *helm* pengaman, bodi mobil, kursi, meja dan dll. dengan pertimbangan harga relatif murah, waktu kering cepat, warna ping, kestabilan dimensional baik dan mudah penanganannya (Berthelot, 1997). Prosentase katalis sebanyak 1% dan *cobalt* sebanyak 0.5%. Pengaturan waktu gel dapat dilakukan dengan mengatur jumlah takaran katalis dan atau *accelerator* yang digunakan. Takaran katalis tidak boleh lebih dari 2% dan minimal takaran sebesar 0.5% (*Singapore Highpolymer Chemical Products* Pte Ltd, 2007).

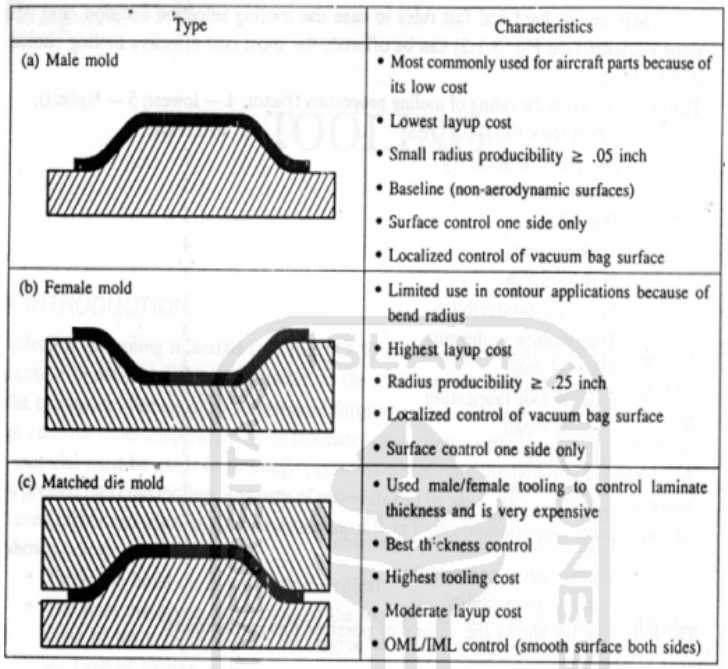
2.4 Serat Gelas

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit GFRP. Sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan. Karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik dan akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek dan biasanya dalam bentuk acak atau sudah dalam bentuk anyaman dari pabrik dengan variasi berat. Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari material (sumber: www.gurit.com).

2.5 Cetakan (*Molding*)

Molding adalah suatu alat/blok kosong yang digunakan untuk mencetak bahan didalamnya. Proses pencetakan dilakukan dengan memasukkan cairan seperti plastik, gelas atau logam. Terdapat beberapa tipe *molding* (Niu, 1993), yaitu:

- *Male mold*
- *Female mold*
- *Matched mold*



Type	Characteristics
(a) Male mold	• Most commonly used for aircraft parts because of its low cost • Lowest layup cost • Small radius producibility ≥ .05 inch • Baseline (non-aerodynamic surfaces) • Surface control one side only • Localized control of vacuum bag surface
(b) Female mold	• Limited use in contour applications because of bend radius • Highest layup cost • Radius producibility ≥ .25 inch • Localized control of vacuum bag surface • Surface control one side only
(c) Matched die mold	• Used male/female tooling to control laminate thickness and is very expensive • Best thickness control • Highest tooling cost • Moderate layup cost • OML/IML control (smooth surface both sides)

Gambar 2.4 Tipe *molding* (Niu,1993)

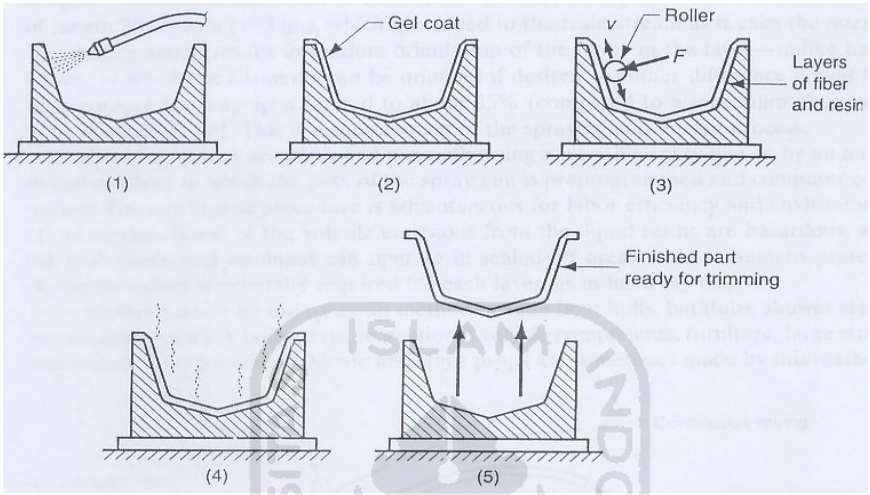
2.6 Proses Manufaktur Komposit

Terdapat beberapa cara dalam proses manufaktur komposit yang dipakai, diantaranya proses *hand lay up, vacuum bagging, resin trasfer molding* dan *vacuum infusion.*

2.6.1 *Hand lay-up* (HLU)

Pembentukan panel komposit pada proses HLU terdapat beberapa tahapan, laminasi dilakukan tiap layer secara manual pada cetakan *open molding*. Tahapan manufaktur panel komposit terdiri dari empat tahapan sbb: (1) pembersihan dan pemberian *release agen*; (2) pemberian *gelcoat* (resin, *cobalt* dan pigmen pewarna)

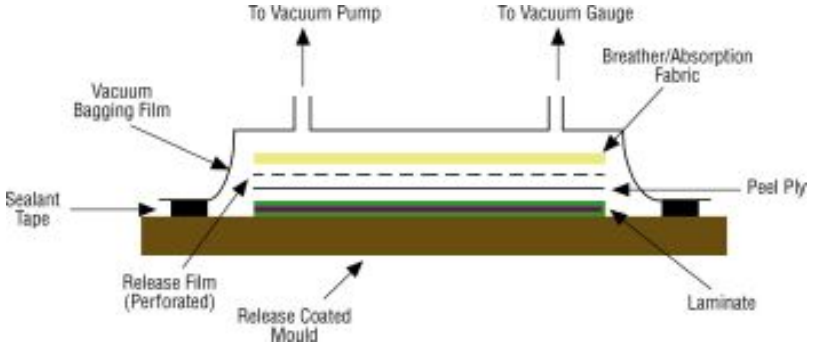
sebagai permukaan luar panel komposit yang dihasilkan; (3) pemberian resin dan serat gelas; (4) proses pengeringan; (5) proses pelepasan panel komposit dari cetakan.



Gambar 2.5 Proses *hand lay-up* (Groover, 2002)

2.6.2 *Vacuum bagging*

Proses ini dilakukan dengan menggunakan ruang hampa udara yang dihubungkan cetakan untuk menarik gelembung udara dan resin yang berlebihan. Pencetakan dengan *vacuum bagging* biasanya digunakan untuk mencetak benda–benda yang berukuran besar dimana proses *hand lay up* tidak dapat dilakukan.

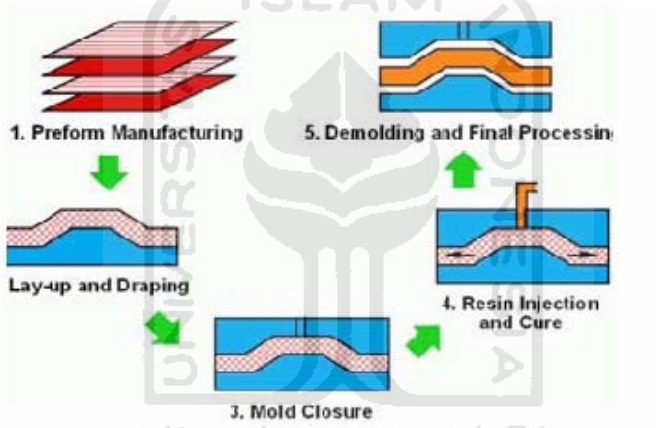


Gambar 2.6 Proses *vacuum bagging* (www.gurit.com)

2.6.3 *Resin transfer molding* (RTM)

Resin trasfer molding adalah salah satu metode yang digunakan dalam proses pembuatan komponen komposit. Proses RTM dilakukan dengan menggunakan cairan resin untuk dialirkan kedalam *molding* yang didalamnya terdapat bahan penyusun komposi (serat, *core*).

Pada saat proses kondisi *molding* tertutup rapat dan ruangan diberi tekanan udara vakum sehingga udara akan keluar dari dalam cetakan, kemudian cairan resin diinjeksikan kedalam *molding* sehingga resin akan memenuhi seluruh ruangan maupun susunan bahan komposit.

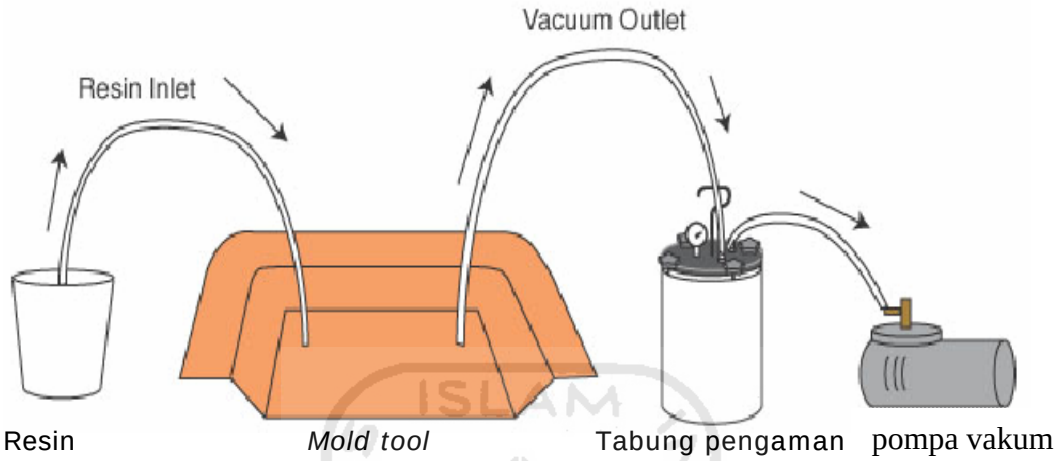


Gambar 2.7 Proses *resin tranfer molding* (www.jjmechanic.com)

2.6.4 *Vacuum infusion*

Vacuum infusion adalah teknik pembuatan produk komposit dengan cara menggunakan tekanan vakum untuk menggerakkan resin menuju *molding*. Bahan-bahan penyusun komposit seperti serat gelas, *core* ditempatkan dan disusun pada *molding* pada kondisi kering kemudian diberi tekanan vakum. Akibat tekanan vakum mengakibatkan resin mengalir dan memenuhi ruangan udara pada *molding* sehingga susunan *layer* serat gelas dan *core* akan terisi oleh resin. Tekanan vakum diberikan oleh pompa vakum, untuk mengamankan pompa vakum dari aliran resin kedalam

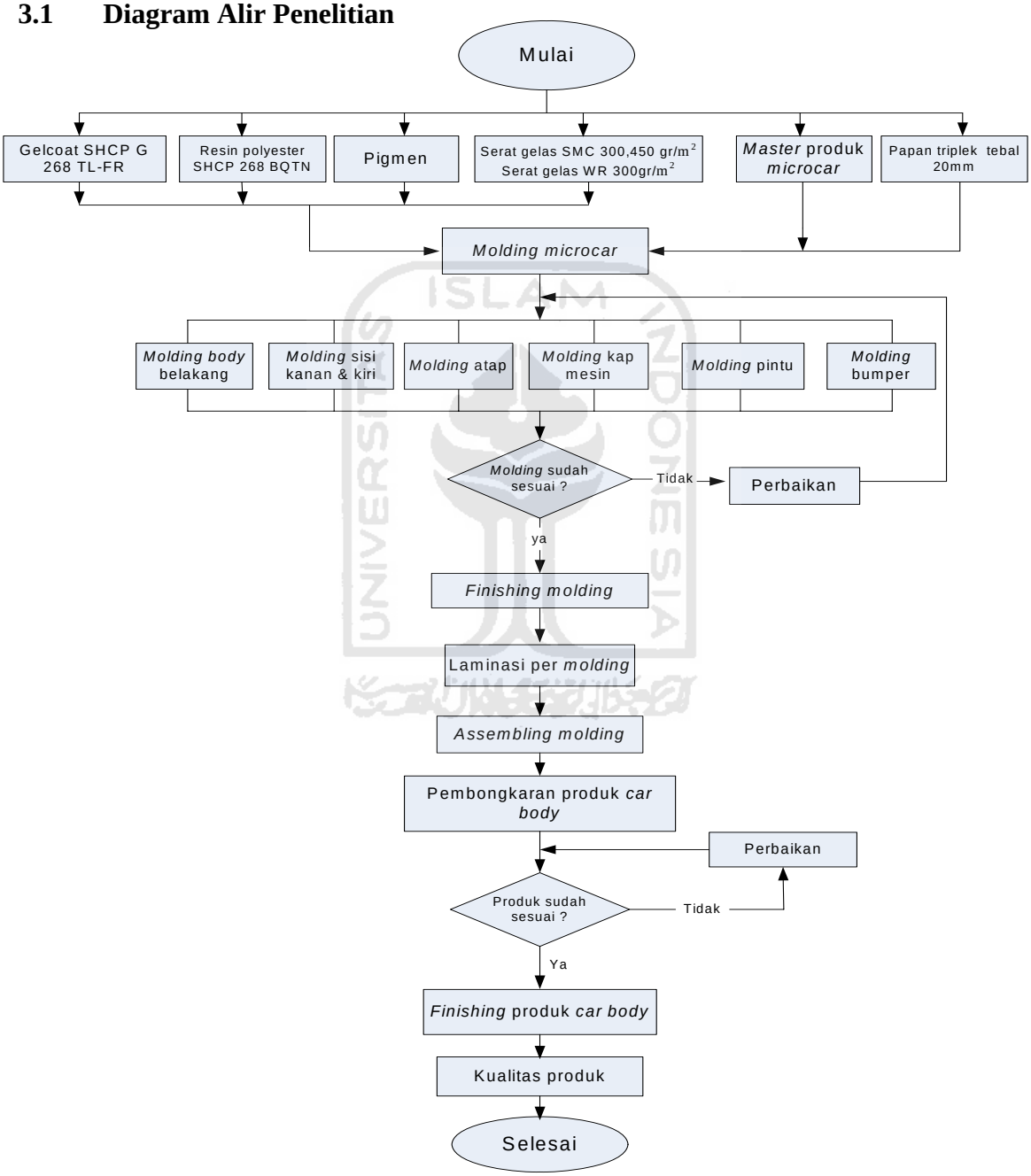
pompa maka perlu ditambahkan tabung pengaman yang ditempatkan pada saluran isap pompa vakum.



Gambar 2.8 Proses *vacuum infusion* (www.composite centre.com).

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian ini menggunakan beberapa bahan dan alat antara lain:

3.2.1 Alat-alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam pembuatan *body microcar* adalah sebagai berikut :

1. Skrap
2. *Jig saw*
3. Gerenda potong
4. Bor pneumatik
5. Pensil/spidol
6. Kuas
7. *Spray gun*
8. Sarung tangan
9. Amplas
10. Obeng plus
11. Behel
12. Meteran gulung
13. Palu
14. *Cutter*
15. *Roll*
16. Mesin amplas listrik dan pneumatik
17. *Masker*
18. Kaca mata

3.2.2 Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *body microcar* ini terdiri dari:

1. Serat gelas jenis *E-glass* dalam bentuk *Woven Roving (WR)* 300 gr/m^2.
2. Serat gelas jenis *E-glass* dalam bentuk acak *chopped strain mat* (CSM) 300 gr/m^2 dan 450 gr/m^2.
3. Resin Poliester SHPC 268 BQTN.
4. Resin Poliester SHPC G 3253 TL-NC (*gelcoat*).
5. Katalis jenis *metyl etyl keton peroxide* (MEKPO).
6. *Mirror glass* sebagai *release agen.*
7. Dempul *Classy* (dempul plastik).
8. Pigmen.

9. Papan triplek dengan tebal 20 mm.
10. Papan triplek dengan permukaan halus.
11. Busa spon.
12. *Strine monomer*.
13. PVAL (*polyvinile alcohol*).
14. *Cobalt*.
15. *Epoxy filler*.
16. *Epoxy hardener*.

3.3 Pelaksanaan penelitian

3.3.1 Pencampuran bahan penyusun matrik

Resin yang digunakan adalah resin *Singapore High polymer Chemical Produk.* Jenis resin ini akan menghasilkan bahan dengan kualitas yang bagus apabila dicampur dengan bahan lain pada volume yang tepat. (*Singapore High polymer Chemical Produk* Pte Ltd, 2007).

Dalam pembuatan *microcar* terdapat dua penggunaan matrik yaitu sebagai bahan penyusun permukaan dan sebagai matrik komposit.

a. Matrik sebagai bahan penyusun permukaan *molding* dan produk

Tabel 3.1 Komposisi bahan penyusun permukaan komposit (*gelcoat*)

No	Bahan	Type	Volume (ml)	Prosentase (%)
1	*Gelcoat*	SHCP 268 TL-NC	1000	82.3
2	*Cobalt*	-	5	0.41
3	Pigmen	-	200	16.4
4	Katalis	MEKPO	10	0.82

Sumber : PT Inka Madiun

b. Matrik sebagai bahan penyusun komposit lamina

Tabel 3.2 Komposisi bahan matrik untuk pembuatan komposit GFRP

No	Bahan	Type	Volume (ml)	Prosentase (%)
1	Resin non FR	SHCP 268 BQTN	1000	99
2	Katalis	MEKPO	10	9.9

Sumber : PT Inka Madiun

3.3.2 Pembuatan *molding*

Pembuatan *molding* dilakukan untuk mencetak produk *body microcar* yang dilakukan dengan cara mengkopi dari *master produk*, proses pembuatanya dengan membagi menjadi beberapa segmen. Tujuan pembuatan segmentasi *molding* yaitu:

1. Untuk memudahkan proses pembuatan, pembongkaran *molding* dari *master* produk.
2. Untuk memudahkan proses pencetakan produk *microcar*.
3. Memudahkan proses pembongkaran produk *body microcar* dari *molding.*
4. Memudahkan proses *finishing* pada *molding*, yang meliputi pengamplasan, pemolesan serta penanggulangan terhadap cacat permukaan.

3.3.3 Pembuatan produk *body microcar*

Pencetakan produk *body microcar* dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu antara lain:

1. Persiapan *molding* dilakukan dengan cara membersihkan dan pemberian *release agen* pada permukaanya.
2. Penyemprotan *gelcoat* yang berfungsi sebagai permukaan luar produk.
3. Proses laminasi yang dilakukan per *molding.*
4. *Assembling molding* dilakukan untuk mendapatkan *car body* secara utuh.
5. Penyambungan *car body* yang dilakukan pada sela-sela sambungan *molding* sesudah di *assembling.*

3.3.4 Pembongkaran produk *body microcar*

Dalam melakukan proses pembongkaran produk *body microcar* terdapat beberapa tahapan pembongkaran yaitu pertama pelepasan baut-baut pengikat *molding*, kemudian disusul pembongkaran *molding* sisi kiri, sisi kanan dan terakhir pembongkaran pada bagian atap.

3.3.5 *Finishing* produk *body microcar*

Proses *finishing molding* bertujuan dan dilakukan untuk memperbaiki, merapikan produk dari kesalahan-kesalahan dan munculnya bagian yang tidak diinginkan yang timbul dari proses laminasi kurang sempurna, serta akibat *assembling molding*. Kesalahan dapat berupa lubang, keropos maupun garis timbul pada produk *microcar*.

3.3.6 Pembahasan dan analisis data

Analisa dilakukan dengan cara memproses data yang diperoleh dari tiap-tiap dan tahapan pembuatan/manufaktur *microcar*, pembahasan meliputi proses *finishing molding* sampai produk. Pengamatan serta foto dilakukan dan dimunculkan untuk mendukung analisa dari proses pembuatan *body microcar*.

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa dan pembahasan ditujukan untuk mengetahui langkah proses pembuatan *body microcar* dengan metode *hand lay up* serta mencarikan solusi terhadap masalah-masalah yang timbul dari proses laminasi dan pencetakan *car body*. Selain itu juga untuk membahas mengenai kelebihan dan kekurangan metode *hand lay up*.

4.1 *Finishing master* produk *body microcar*

Setelah proses pembuatan kerangka, pendempulan dan pembentukan permukaan *master* produk selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah proses *finishing*, proses ini dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang halus dan menutupi pori-pori permukaan *master* produk sehingga akan menghasilkan permukaan *molding* yang halus serta tidak berpori. Dalam melakukan proses *finishing* terdapat beberapa langkah sebagai berikut:

1. Pengamplasan permukaan *master* produk. Pengamplasan dilakukan pada seluruh permukaan yang dilakukan dengan menggunakan amplas kasar, jenis amplas yang digunakan adalah amplas kayu.
2. Pengamplasan permukaan *master* produk. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan amplas yang berbeda dari langkah pertama, amplas yang dipakai adalah jenis *water proof* 150. Pengamplasan dilakukan pada seluruh permukaan.
3. Langkah berikutnya adalah pengamplasan, amplas yang digunakan yaitu amplas *water proof* 320.
4. Sebagai langkah terakhir pengamplasan untuk mendapatkan permukaan *master* yang halus, dilakukan dengan menggunakan amplas *water proof* 600.

5. Pemberian cat epoksi, cat ini diberikan dengan tujuan untuk mengetahui apakah permukaan *master* terdapat cekungan, lubang. Proses pemberian cat dilakukan dengan menyemprotkan pada permukaan *master*, penyemprotan sebanyak 1 kali, cat ini akan kering dalam waktu 2 jam akan tetapi untuk memaksimalkan hasil pengecatan maka waktu yang diperlukan selama 24 jam. Untuk menghaluskan permukaan *master* yang telah diberi cat dengan menggunakan amplas *water proof* 600.





Gambar 4.1 *Master* produk *microcar*

6. Setelah pengecatan dan pengamplasan pada *master* selesai dilakukan. Jika masih terdapat bagian yang cekung atau berlubang, maka untuk menanggulangi dapat dilakukan dengan memberi dempul kemudian diratakan sesuai permukaan disekitarnya, sedangkan untuk mnghaluskan permukaan *master* produk, dilakukan dengan mengamplas menggunakan amplas *water proof* 600.
7. Setelah permukaan halus dan tidak ditemukan rongga udara selanjutnya adalah pembersihan permukaan tersebut dengan menggunakan air.
8. Setelah kondisi kering maka *master* produk siap untuk disemprot *gelcoat* dan dilakukan laminasi untuk membuat *molding microcar*.

4.2 Tahapan pembuatan *molding microcar*

4.2.1 Penentuan segmentasi *molding*

Dalam pembuatan *molding* haruslah mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Mudah dibongkar dari *master* produk pada saat pembuatan *molding*.
2. Mudah dibongkar saat pembuatan produk *body microcar*.
3. Memudahkan proses laminasi dan pencetakan produk.
4. Menghasilkan *molding* yang ringan sehingga mudah jika dipindah-pindah.
5. Mudah melakukan perawatan serta penyimpanan.
6. Kaku dan kuat.
7. Mampu digunakan untuk mencetak secara berulang-ulang.
8. Ringkas tidak memakan tempat.

Dengan pertimbangan tersebut maka jumlah segmentasi *molding* pada *car body* dibagi menjadi 4 *molding*.



Segmentasi *molding* kiri

Segmentasi *molding* atap

Gambar 42a. Penentuan segmentasi *molding*



Segmentasi *molding* bodi belakang



Segmentasi *molding* sisi kanan



Segmentasi *molding* kap mesin

Gambar 42b. Penentuan segmentasi *molding*

4.2.2 Penentuan batas *molding*

Dalam menentukan posisi sambungan antar *molding* harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Segmentasi dan jumlah *molding* yang akan dibuat.
2. Penentuan letak batas antar *molding.*
3. Penempatan batas antar *molding* diletakkan pada permukaan *master* yang tidak banyak lekukan.
4. Menandai tempat batas *molding* dengan menggunakan pensil atau alat tulis lainya.

4.2.3 Pembuatan pembatas *molding*

Untuk membuat *molding* car *body* sebanyak 4 buah maka pembuatanya dilakukan secara bergantian dan dibutuhkan pembatas. Pembuatan *molding* pertama kali dilakukan pada bagian bodi belakang *microcar*, oleh karena itu pembatas pertama kali dibuat pada bagian ini. kemudian disusul bagian sisi kanan dan kiri. Sedangkan pada bagian atap hanya mengikuti pembatas yang telah terbentuk oleh bagian sebelumnya. Langkah-langkah pembuatan dan pemasangan pembatas antar *molding* adalah sebagai berkut:

1. Memotong dan membentuk papan kayu yang disesuaikan dengan kontur tempat pembatas *molding* ditempatkan. Lebar papan kayu sebesar 100 mm, pada bagian tengah dari lebar papan ditempatkan *stopper* yang terbuat dari busa spon dengan ketebalan 20 mm. Jarak antara satu *stopper* dengan yang lain sebesar 500 mm.
2. Untuk memudahkan pembongkaran papan kayu pembatas, maka pada bagian permukaan *master* produk diolesi dengan *mirror glaze.*
3. Pasang papan tersebut pada permukaan *master* produk yang disesuaikan dengan garis pembatas *molding*, untuk merekatkan papan dengan *master* dapat dilakukan dengan menggunakan dempul *classy*.
4. Untuk merapatkan rongga *master* dengan papan kayu dilakukan dengan memberi dempul dan kemudian diratakan.



Gambar 4.3 Pembuatan pembatas antar *molding*

5. Untuk menghasilkan permukaan pembatas antar *molding* yang halus maka digunakan papan dengan permukaan yang halus.

4.3 Laminasi pembuatan *molding microcar*

4.3.1 Pemberian *release agen* dan *polyvinyl alcohol*

Pemberian *release agen* dilakukan dengan tujuan untuk melapisi permukaan *master* produk, sehingga permukaan *molding* dengan *master* produk tidak menyatu, lengket dan mudah untuk dibongkar. Jenis *release agen* yang dipakai pada proses pembuatan *molding body microcar* maupun pada saat laminasi dengan menggunakan *mirror glaze*.



Gambar 4.4 *Mirror glaze*

Pemberian *mirror glaze* pada *master* produk yang tidak merata (asal oles) akan berpengaruh terhadap permukaan *molding*, sehingga akan menghasilkan permukaan yang bergelombang. Untuk menghasilkan permukaan *master* produk yang maksimal (halus) maka pemberian *mirror glaze* dilakukan dengan cara sbb:

1. Mengambil pasta *mirror glaze* dan kain sebagai pengoles.
2. Mengoleskan *mirror glaze* pada permukaan luar *master* produk dan papan pembatas antar *molding*. Pengolesan dilakukan dengan cara menggosok dan menekan dengan kain halus yang telah diberi pasta, gerakan serta arah penggolesan dilakukan dengan gerakan melingkar atau dengan gerakan lurus bolak-balik. Setelah pengolesan *mirror glaze* selesai dilakukan, sebelum

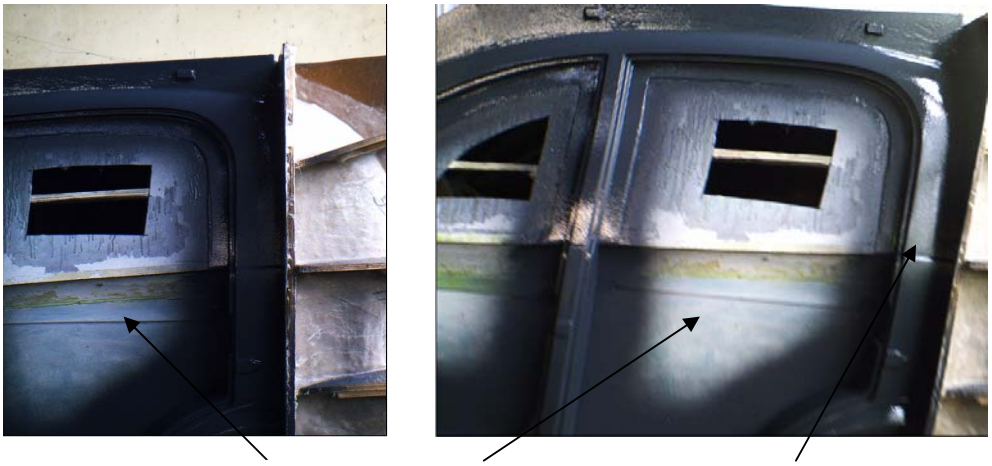
mencapai kondisi kering permukaan tersebut digosok sampai mengkilap dan halus.

3. Proses pemberian *mirror glaze* dilakukan sampai 5 kali pengolesan, langkah-langkah pengolesan maupun pengosokan berikutnya sama seperti pada poin 2.
4. Baik tidaknya penggosokan *mirror glaze* dapat ditunjukkan dengan mencoba menempelkan lakban pada permukaan *molding*, apabila lakban mudah dilepas maka pemberian *mirror glaze* dan penggosokan sudah cukup.
5. Disamping pemberian *mirror glaze* sebelum proses laminasi pembuatan *molding*, permukaan *master* juga diberi *polyvinyl alcohol* yang berfungsi untuk menutupi pori-pori *master* produk. Proses pemberianya dilakukan dengan menggunakan kain halus yang diberikan sebanyak 1 kali oles pada permukaan luar *master*.

4.3.2 Proses penyemprotan *gelcoat*

Pemberian *gelcoat* pada permukaan *molding* bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang tahan terhadap goresan, mudah dihaluskan sehingga dapat melindungi permukaan dan lapisan dibawah *molding*, ketebalan permukaan *gelcoat* pada *molding* setebal ± 2 mm. Proses pemberian *gelcoat* dilakukan sebagai berikut:

1. Mengambil pasta *gelcoat* yang sudah dicampur dengan bahan pencampur lainya.
2. Menyiapkan *spray gun* yang digunakan untuk menyemprot cairan *gelcoat*.
3. Memasukkan cairan *gelcoat* pada *spray gun*.
4. Menyemprotkan cairan *gelcoat* yang sudah dimasukkan pada *spray gun* (spet).
5. Untuk mencapai ketebalan permukaan *molding* sebesar ± 2 mm, cairan *gelcoat* dapat disemprotkan sebanyak 4-5 kali penyemprotan.
6. Menunggu sampai kering untuk melanjutkan proses selanjutnya.



Bagian yang tidak disemprot *gelcoat* Bagian yang disemprot *gelcoat*

Gambar 4.5 Penyemprotan *gelcoat* pada saat pembuatan *molding*

Pemberian *gelcoat* pada permukaan *molding* setebal ±2 mm bertujuan untuk melindungi lapisan dibawah *gelcoat*. Dengan ketebalan sebesar itu maka saat dilakukan *finishing* permukaan yang meliputi pengamplasan, penggosokan dengan batu hijau yang dilakukan secara berulang-ulang sampai mendapat permukaan yang halus tidak akan mengenai lapisan lamina dibawahnya.

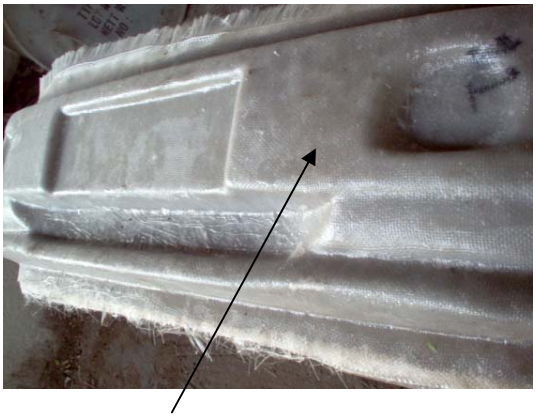
4.3.3 Laminasi pembuatan *molding*

Bahan serat gelas yang dipakai dalam laminasi pembuatan *molding* sebanyak 5 lapis sehingga akan menghasilkan komposit lamina yang kuat, kaku dan tidak berubah bentuk pada saat penggunaan maupun saat perawatan dan penyimpanan. Langkah porses laminasi pencetakan *molding* sebagai berikut:

1. Keseluruhan permukaan *master* yang telah diberi *gelcoat* diolesi cairan resin, pemberian cairan resin cukup dilakukan sebanyak 2 kali oles.
2. Pada saat kondisi resin masih basah, permukaan *master* diberi lapisan mat sebanyak 1 lapis, mat yang digunakan adalah SCM 300 gr/m^2. penggunaan mat sebagai lapisan pertama bertujuan untuk mempermudah laminasi, terutama pada bagian-bagian yang berlekuk, sehingga mudah ditekuk. Sedangkan jika menggunakan mat yang lebih tebal (400, 450) gr/m^2 , maka pada saat laminasi lebih susah untuk ditekuk.



Laminasi *molding* kiri



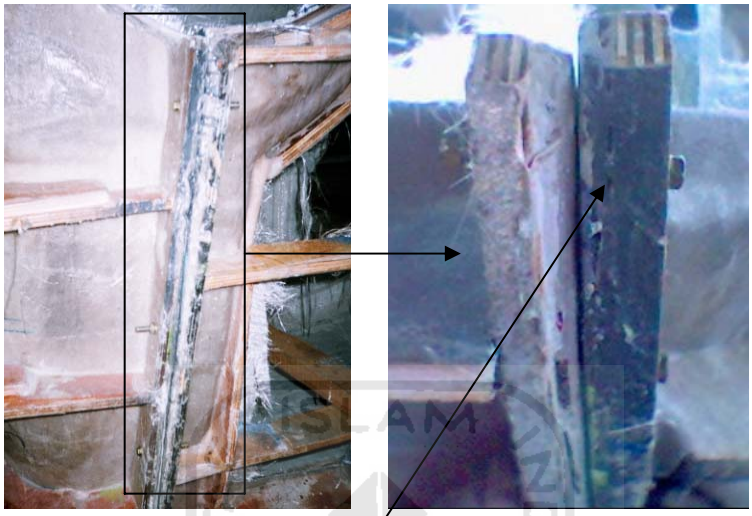
Laminasi *molding* bemper

Gambar 4.6 Laminasi pencetakan *molding*

3. Sebagai lapisan kedua mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m^2. Pemberian lapisan dilakukan pada saat kondisi resin *gel*, untuk memudahkan penempatan lapisan mat pada *master* produk dapat dilakukan dengan memotong menjadi beberapa potongan dan laminasi dilakukan secara bergantian pada masing-masing potongan.
4. Sebagai lapisan ketiga dan ke empat mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m^2, proses laminasi sama seperti pada proses kedua.
5. Setelah hasil laminasi kering maka tahap selanjutnya adalah pembongkaran papan kayu pembatas antar *molding*.
6. Tahap berikutnya yaitu merapikan kelebihan panel komposit yang melebihi tinggi papan pembatas (100 mm). Pemotongan (*triming*) dilakukan dengan mengikuti garis kayu pembatas yang telah terbentuk, sedangkan gabus sebagai *stopper* yang tertinggal pada panel diambil dengan dicongkel dan dibersihkan dengan pisau atau kater.

Urutan pembuatan *molding* dimulai dari bagian belakang kemudian sisi kiri, kanan dan terakhir pada bagian atap *car body*. Langkah proses pembuatan untuk masing-masing *molding* mempunyai tahapan yang sama seperti diatas. Sedangkan untuk membuat lubang baut pengikat *molding* yang digunakan saat *assembling* dilakukan dengan:

1. Pembuatan lubang dilakukan saat keseluruhan *molding* telah selesai dibuat dan masih menempel pada *master* produk. Tempat pembuatan lubang berada pada pembatas antar *molding*.



Gambar 4.7 Lubang tepat baut pengikat *molding*

2. Jarak antar lubang satu dengan lainya sebesar ± 400 mm, jumlah keseluruhan lubang yang dibuat pada *molding* sebanyak 30 buah.

4.3.4 Pemberian kerangka penguat *molding*

Pemberian kerangka pada *molding* dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk menambah kekuatan *molding.*
2. Sebagai tempat untuk menyatukan *molding* saat *assembling*, dilakukan dengan cara melubangi dan kemudian dibaut.
3. Sebagai tempat untuk memegang saat pembongkaran dan memindahkan *molding* dari satu tempat ke tempat lain.
4. Memudahkan laminasi karena kedudukan *molding* dalam keadaan diam.

Bahan yang digunakan sebagai penguat *molding* dapat terbuat dari baja maupun dari papan triplek dengan ketebalan 20 mm, berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan penggunaan baja dengan papan triplek kayu:

a. Papan kayu tebal 20 mm

Kelebihan:

- Ringan.
- Mudah dalam pengerjaan.
- Dapat dikerjakan dengan mengunakan alat yang sederhana seperti. gergaji untuk memotong, paku untuk menyambung.
- Murah.

Kekurangan:

- Kekuatan yang dihasilkan lebih rendah dari baja.
- Tidak tahan lama terhadap cuaca dan air.

b. Baja kotak

Kelebihan:

- Kuat dan kokoh.
- Tahan lama.
- Bentuk visual lebih rapi.

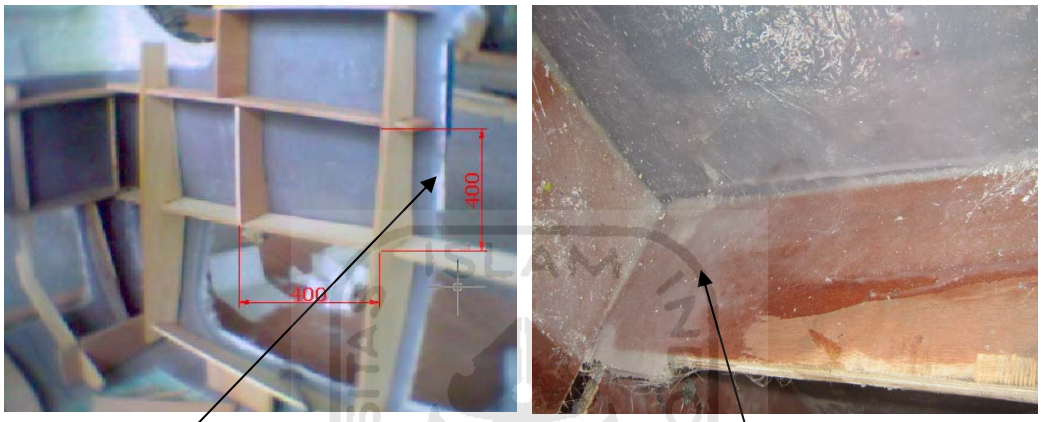
Kekurangan:

- Mahal.
- Proses pengerjaanya relatif lebih susah dari papan kayu.

Berdasarkan pertimbangan kelebihan dan kekurangan kedua material serta melihat peralatan yang ada maka pada pembuatan *body microcar* sebagai penguat *molding* dengan menggunakan material papan kayu dengan ketebalan 20 mm. Pemasangan kerangka penguat dilakukan dengan:

1. Memotong papan kayu mengikuti bentuk dimana letak papan tersebut dipasang.
2. Memasang pada permukaan *molding* yang telah dilaminasi, pemasangan penguat pada posisi vertikal dipasang terlebih dahulu kemudian pemasangan kerangka penguat horizontal.
3. Jarak antara kerangka penguat satu dengan yang lain diatur dengan jarak 400 mm.

4. Pemasangan kerangka vertikal akan membentuk kotak-kotak, untuk menguatkan pertemuan antar kerangka penguat dapat disatukan dengan menggunakan paku baja dengan panjang 50 mm.
5. Untuk menguatkan sambungan antara *molding* dengan kerangka penguat dapat dilakukan dengan melaminasi sebanyak 1 lapis mat 400 gr/m^2 pada kedua sisi kerangka *molding*.

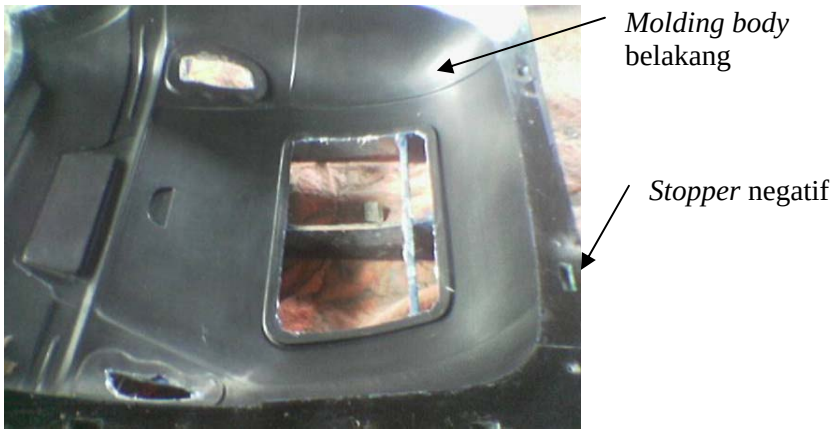


Gambar 4.8 Kerangka penguat *molding*

4.4 Pembongkaran *molding* dari *master* produk

Pembongkaran *molding* dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Melepas baut-baut pengikat antar *molding*.
2. Pembongkaran pada *molding* bagian belakang, kerena pada bagian ini mempunyai *stopper* negatif sehingga tidak terkait dengan *molding* lain.



Gambar 4.9 *Molding* bodi belakang *microcar*

3. Setelah *molding* bagian belakang terlepas dari *master*, terdapat dua bagian yang kemudian dapat dibongkar yaitu, bagian sisi kanan dan kiri, tahap selanjutnya pembongkaran *molding* bagian sisi kanan.
4. Tahapan pembongkaran *molding* sisi kiri.
5. Pembongkaran *molding* bagian atap, dilakukan terakhir kali karena sudah tidak terkait dengan *molding* lainya.

Sebagai alat untuk membongkar *molding*, dilakukan dengan menggunakan besi pipih seperti behel, obeng dan peralatan lainya dengan cara memasukkan alat tersebut pada sela-sela pembatas antar *molding* dan celah antara *molding* dengan *master*.

Molding car bodi yang dihasilkan dari proses pembuatan berdasarkan penentuan segmentasi menjadi 4 bagian pada *master* produk adalah sebagai berikut:

1. *Molding car* bodi bagian belakang.
2. *Molding car* bodi sisi kanan.
3. *Molding car* bodi sisi kiri.
4. *Molding car* bodi atap.



Molding car bodi sisi kiri



Molding car bodi bagian belakang

Gambar 4.10a *Molding body microcar*



Molding car bodi sisi kanan



Molding car bodi atap

Gambar 4.10b *Molding body microcar*

Sedangkan *molding* pintu yang terbentuk sebanyak 2 buah untuk masing-masing pintu.



Gambar 4.11 *Molding* pintu

Pembuatan *molding* kap mesin dan bemper dilakukan secara terpisah dengan menggunakan 1 buah *molding* untuk kap mesin dan 1 buah *molding* untuk bemper.



Gambar 4.12 *Molding* bemper dan kap mesin

4.5 *Finishing molding*

Finishing molding bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang halus, tidak berpori dan bersih sebelum digunakan untuk mencetak, langkah-langkah *finishing molding* dilakukan dengan:

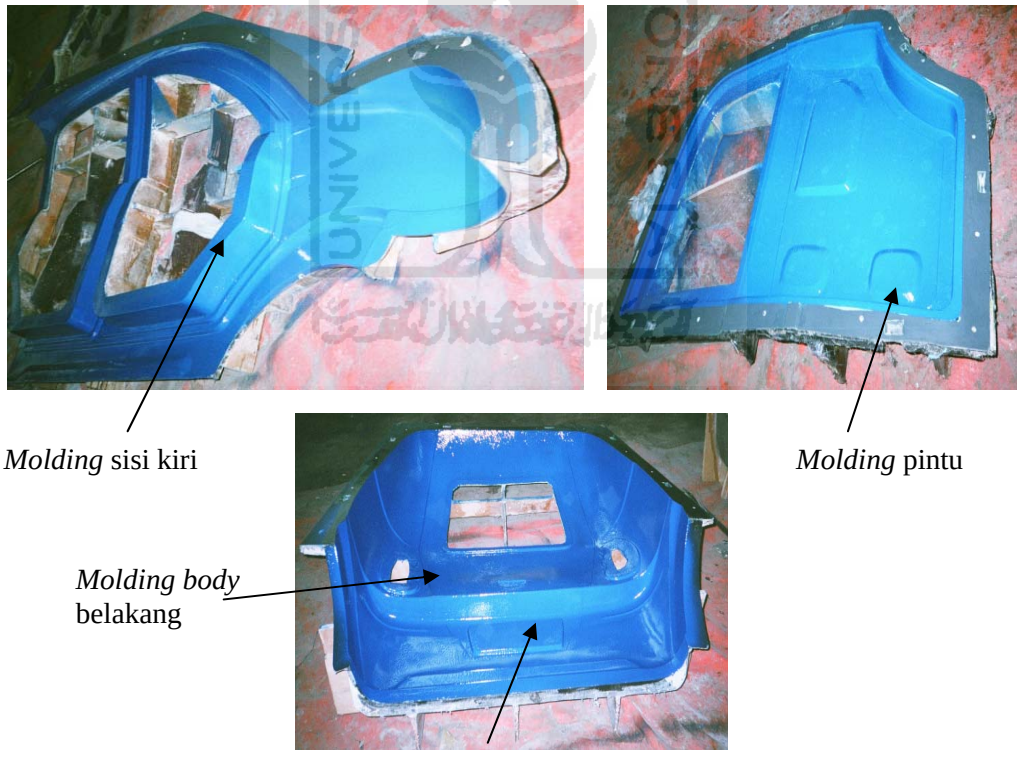
1. Amplas permukaan *molding*, amplas yang digunakan yaitu jenis *water proof* 320, yang dilakukan pada keseluruhan permukaan *molding*.
2. Untuk menutupi lubang pada permukaan *molding* yang terbentuk akibat proses laminasi maka dapat ditanggulangi dengan mengisi lubang tersebut dengan *gelcoat*. Setelah pengisian dilakukan kemudian diamplas dengan menggunakan amplas *water proof* 320.
3. Setelah amplas 320 digunakan maka tahap selanjutnya pengamplasan dengan menggunakan amplas *water proof* 600.
4. Setelah pengamplasan ke dua, pengamplasan tahap ke tiga dengan menggunakan amplas *water proof* 800.
5. Tahap keempat pengamplasan menggunakan amplas *water proof* 1000.
6. Sebagai amplas terakhir untuk mendapatkan permukaan *molding* yang halus, pengamplasan dengan menggunakan amplas 1200.
7. Setelah tahapan pengamplasan selesai dilakukan maka proses selanjutnya yaitu pemberian batu hijau. Cara penggunaan dengan dihancurkan dan dicampur dengan air, ambil dan oleskan cairan campuran tersebut pada permukaan *molding* dengan menggunakan kuas.
8. Poles permukaan yang telah diberi batu hijau, pemolesan dilakukan dengan menggunakan mesin poles kain.
9. Pemberian *rubbing compound* dengan cara mengoleskan kain yang telah diberi cairan kompon pada permukaan *molding*.
10. Sebagai tahap terakhir proses *finishing molding* yaitu memoles permukaan sampai halus dan mengkilap dengan menggunakan mesin poles kain.

4.6 Laminasi dan pembuatan produk *car body*

4.6.1 Laminasi pada *molding*

Laminasi adalah proses pencetakan *body microcar* yang dilakukan secara manual, jumlah lapisan mat perbagian *molding* sebanyak 4 layer. Proses laminasi dilakukan secara terpisah-pisah. Langkah laminasi dilakukan dengan cara yang sama antara satu *molding* satu dengan *molding* lainya, yaitu sbb:

1. Langkah pertama sebelum laminasi dilakukan yaitu pemberian *gelcoat* dengan cara di semprotkan pada permukaan *molding*, tebal *gelcoat* untuk produk *car body* setebal ±0.7 mm. Untuk mencapai ketebalan tersebut dapat dicapai dengan menyemprotkan *gelcoat* pada *molding* sebanyak 2-3 kali penyemprotan. Proses selanjutnya yaitu laminasi yang dilakukan setelah *gelcoat* kering.



Gambar 4.13 Pemberian lapisan *gelcoat* pada *molding*

2. Permukaan *molding* dilumuri dengan resin. Proses pelumuran cukup dilakukan sebanyak 2 kali oles dengan menggunakan kuas, tujuan pemberian

resin ini untuk menempelkan lapisan mat pada dinding *molding*, sehingga mudah untuk dilaminasi, disamping itu untuk mencegah terjadinya rongga udara terutama pada bagian lekukan *molding* yang diakibatkan lapisan mat tidak mengikuti lekukan *molding*.



Pemberian resin

Gambar 4.14 Pemberian resin sebelum laminasi

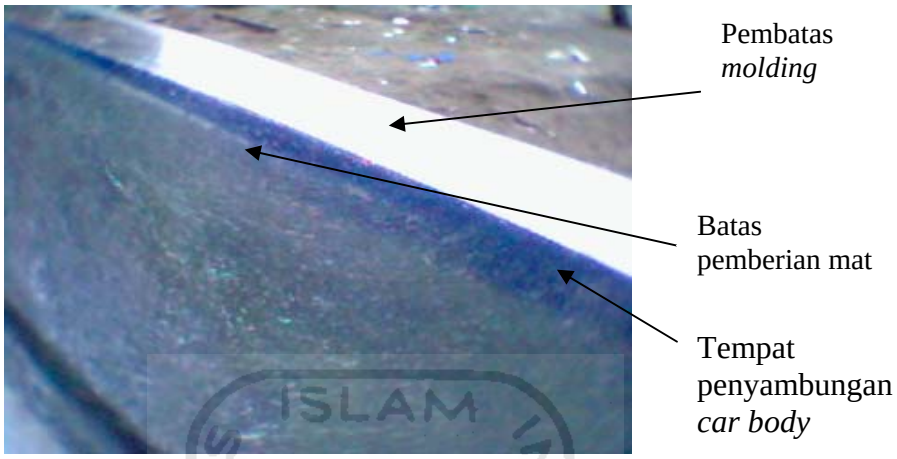
3. Sebagai lapisan pertama digunakan *chopped strain mat* (CSM) 300 gr/m^2. Penggunaan lapisan ini bertujuan untuk memudahkan proses laminasi karena mudah ditekuk mengikuti bagian-bagian yang berlekuk-lekuk.



Mat 300 gr/m^2 sebagai lapisan pertama

Gambar 4.15 Proses laminasi *molding* bodi belakang

4. Pemberian mat pada saat laminasi tidak boleh melebihi pembatas *molding*, karena pada bagian tersebut akan digunakan untuk penyambungan *car body* saat perakitan. Jarak antar tepi *molding* dengan batas pemberian mat ± 40 mm.



Gambar 4.16 Batas pemberian mat pada *molding*

5. Pemberian resin dengan cara melumuri dan meratakan permukaan *mat*. Proses tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan *roll* atau kuas, apabila menggunakan kuas dengan menekan dan mengarahkan pada permukaan mat agar cairan resin dapat memenuhi pori-pori lapisan mat. Proses pemerataan dapat dilakukan sampai 3-4 kali proses pengolesan sehingga dapat menghasilkan lapisan yang tidak berongga, lapisan mat yang berongga atau tidak berongga dapat diketahui dengan melihat hasil laminasi.
6. Untuk mendapatkan hasil sambungan yang mempunyai daya ikat yang kuat antara lapisan pertama dengan lapisan kedua maka pemberian lapisan *CSM* yang kedua diberikan setelah resin pada layer pertama mencapai kondisi *gel.* Kondisi *gel* dapat dicapai dalam waktu 15 menit dari proses pencampuran dengan katalis pada suhu ruangan 30°C. Perbandingan penggunaan antara katalis dengan resin sebanyak 1:100.
7. Sebagai lapisan kedua digunakan CSM 300 gr/m^2. Proses laminasi pada lapisan kedua ini sama seperti pada proses lapisan pertama. Perbedaanya hanya jika pada lapisan pertama *molding* harus dilumuri terlebih dahulu,

sedangkan pada lapisan kedua tinggal menempelkan lapisan mat pada permukaan lapisan pertama yang sudah mencapai pada kondisi *gel.*

8. Setelah kondisi resin pada lapisan kedua *gel* selanjutnya yaitu pemberian mat ketiga. Untuk mencapai tebal 4 mm dan menghemat pemakaian resin maka dapat menggunakan lapisan mat yang lebih tebal yaitu CSM 450 gr/m^2. langkah laminasi pada mat ke tiga ini sama seperti pada mat pertama dan kedua.

4.6.2 *Assembling molding* pada saat pencetakan produk

Setelah laminasi pada masing-masing *molding* selesai dilakukan maka tahapan selanjutnya adalah proses *assembling.* Proses ini dilakukan dengan menyatukan ke 4 bagian *molding*, penyatuan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menempatkan *molding* bagian atap pada permukaan lantai yang rata, sehingga memudahkan proses pemasangan *molding* berikutnya.
2. Memasang *molding* bagian sisi kanan, proses pemasangan dilakukan dengan mencocokkan *stopper* negatif pada *molding* bagian atap dengan *stopper* positif pada *molding* bagian sisi kanan. Jumlah *stopper* pada kedua *molding* sama yaitu masing-masing mempunyai 4 buah. Sedangkan untuk mengencangkan dan mengikat sambungan antara *molding* atap dengan sisi kanan dapat dilakukan dengan menggunakan baut pengikat, banyaknya baut yang digunakan untuk mengikat kedua *molding* tersebut sebanyak 10 baut.



Gambar 4.17 *Assembling molding* atap dengan sisi kanan

3. Memasangan *molding* sisi kiri, proses pemasanganya dilakukan sama seperti pada pemasangan *molding* sisi kanan.



Gambar 4.18 *Assembling molding* sisi kiri

4. Pemasangan *molding* bagian belakang, pada bagian ini mempunyai jumlah *stopper* negatif sebanyak 6 buah sedangkan sebagai pengikat antara *molding* belakang dengan bagian lainya menggunakan baut sebanyak 10 baut.

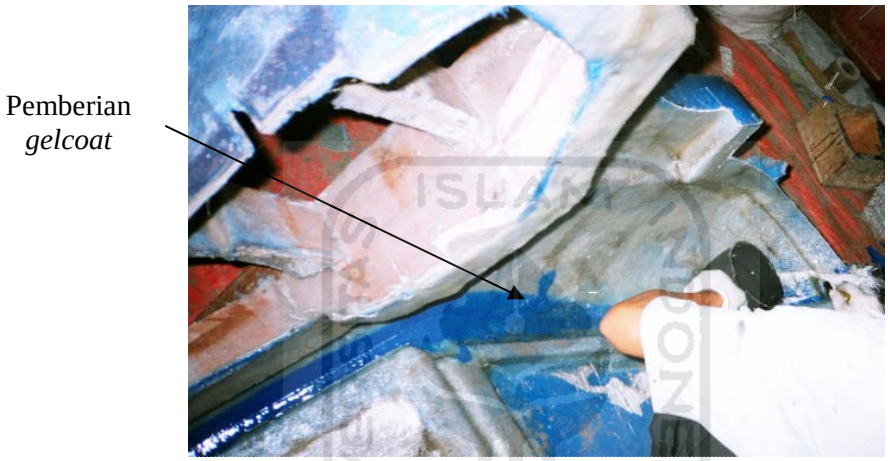


Gambar 4.19 *Assembling molding* pada pencetakan *car body*

4.6.3 Penyambungan produk *car body*

Untuk menghasilkan *body microcar* secara utuh maka dapat dilakukan dengan menggabungkan lapisan hasil laminasi per *molding*, proses penggabunganya dapat dilakukan dengan:

1. Pada sela-sela sambungan antara *molding* sebelum laminasi terlebih dahulu dilapisi dengan *mirror glaze*.
2. Pemberian cairan *gelcoat* yang dapat diberikan dengan menggunakan kuas.



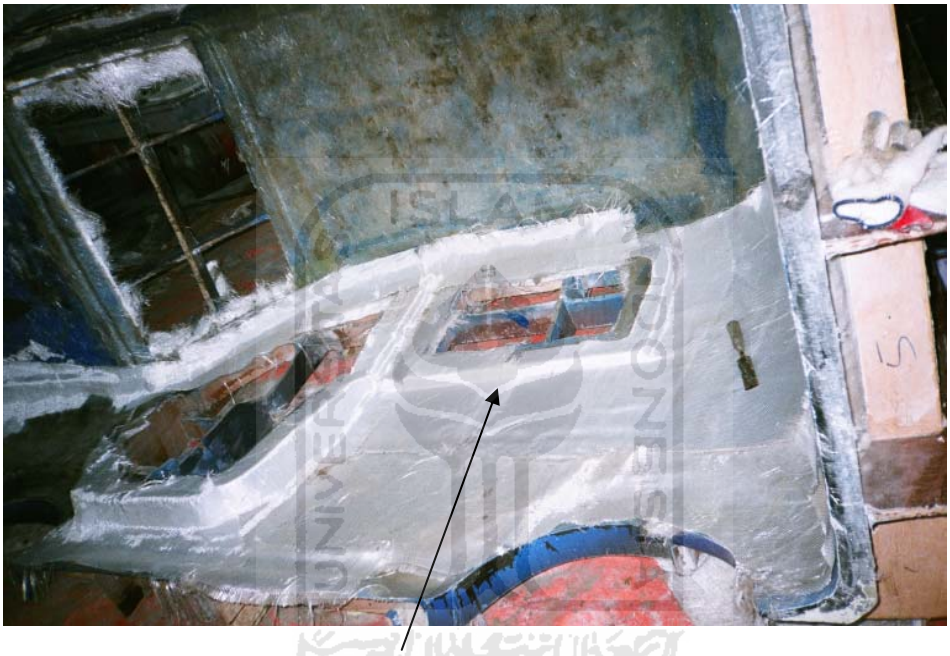
Gambar 4.20 Pemberian *gelcoat* pada sambungan antar *molding*

3. Laminasi dengan mengunakan lapisan mat 300gr/m^2 sebagai lapisan pertama, yang dapat dilakukan pada saat *gelcoat* mencapai kondisi *gel*.



Gambar 4.21 Laminasi untuk menggabungkan produk *car body*

4. Pemberian lapisan mat dilakukan sebanyak 3 lapis dengan susunan mat 300gr/m^2, 450gr/m^2, 450gr/m^2.
5. Sebagai pelapis terakhir dan untuk memperkuat struktur *car body* maka setelah penyambungan pada sela-sela *molding* dilakukan, proses pemberian serat gelas secara menyeluruh pada permukaan lapisan terluar. Jenis serat gelas yang dipakai adalah *woven rooving* 300 gr/m^2, laminasi pada serat ini harus lebih teliti untuk mencegah terjadinya rongga udara.



WR 300 gr/m^2 sebagai lapisan terluar

Gambar 4.22 Penguatan struktur *body microcar*

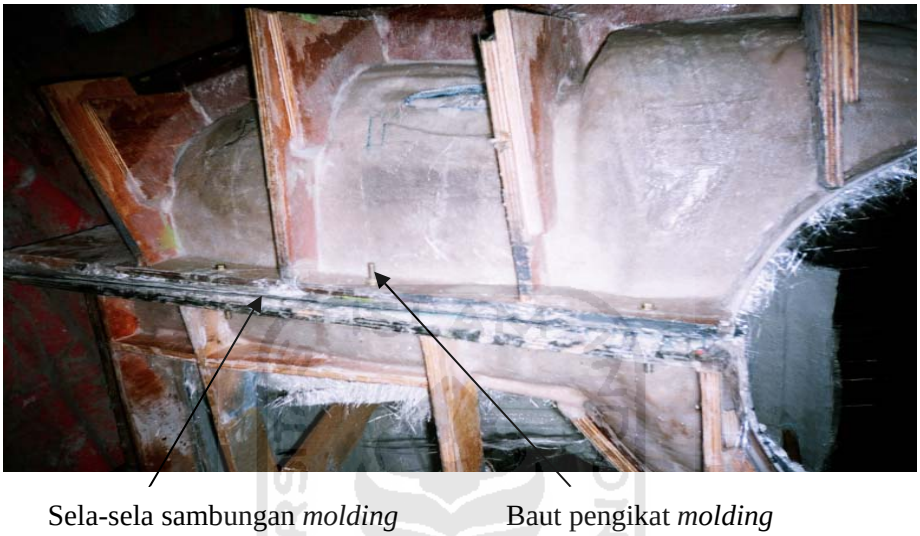
4.7 Pembongkaran dan *finishing* produk

4.7.1 Pembongkaran produk *car body*

Pembongkaran *body microcar* dilakukan pada saat kondisi lapisan hasil laminasi kering. Untuk memaksimalkan hasil produk pembongkaran dapat dilakukan 24 jam setelah proses laminasi lapisan WR 300 gr/m^2, langkah pembongkaran dilakukan dengan:

1. Melepas baut pengikat *molding* pada bagian yang akan dibongkar.

2. Pembongkaran pertama kali dilakukan pada *molding* belakang karena pada bagian ini mempunyai *stopper* negatif dan tidak terkait dengan bagian lainya.
3. Untuk membuka *molding* dilakukan dengan memasukkan behel, peralatan lain pada beberapa titik di sela-sela sambungan antar *molding* dan kemudian ditekan secara bersama-sama.



Gambar 4.23 Sambungan antar *molding*



Gambar 4.24 Pembongkaran *molding* belakang

4. Setelah *molding* bodi belakang terlepas, maka langkah selanjutnya adalah pembongkaran *molding* pada bagian sisi kiri.



Gambar 4.25 Proses pembongkaran *molding* sisi kiri

5. Proses selanjutnya adalah pembongkaran *molding* sisi kanan, dilakukan sama seperti pada pembongkaran *molding* sisi kiri.



Gambar 4.26 Proses pembongkaran *molding* sisi kanan

6. Pembongkaran *molding* bagian atap dilakukan dengan membalik 90° dari posisi proses sebelumnya, sehingga akan mempermudah proses. Langkah pembongkaran dilakukan dengan memasukkan peralatan pipih pada sela-sela antara *molding* atap dengan produk.



Gambar 4.27 Pembongkaran *molding* atap

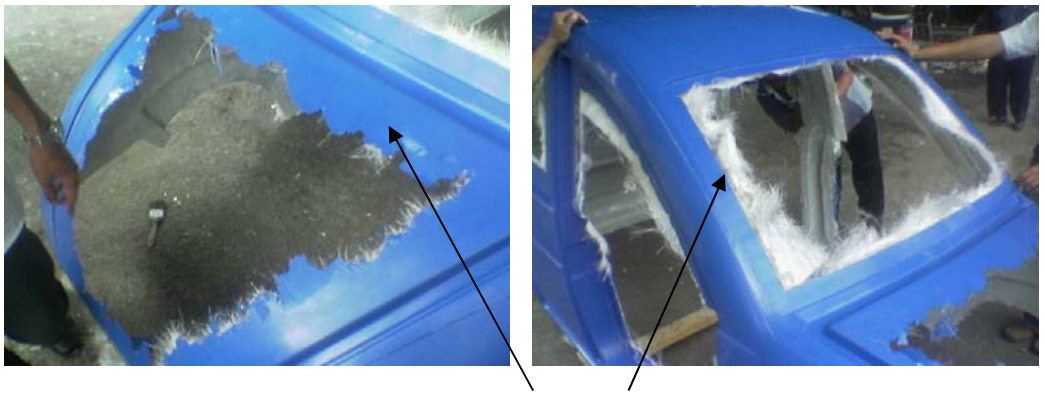
4.7.2 *Finishing* produk *car body*

Proses *finishing* produk *car body* yang dihasilkan dari proses pencetakan dilakukan dengan tujuan sebagai:

1. Membersihan kotoran yang dihasilkan dari proses sebelumnya.
2. Memotong (*triming*) dan membuang bagian yang tidak dipakai.
3. Mendeteksi adanya rongga udara pada *car body*.
4. Melakukan tindakan jika terjadi adanya cacat produk.

Langkah-langkah dalam melakukan *finishing* produk *body microcar* dengan cara sebagai berikut:

1. Potong (*triming*) bagian-bagian yang tidak dipakai.



Bagian bodi yang tidak terpakai

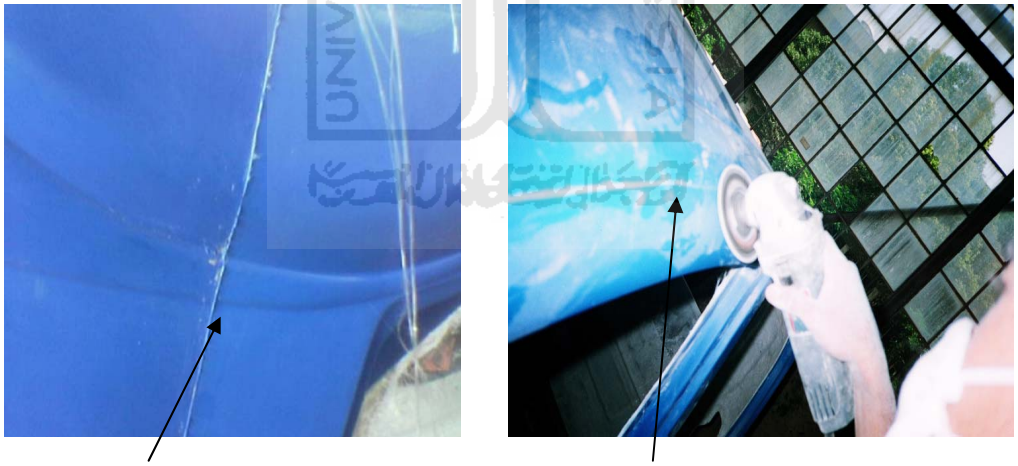
Gambar 4.28a Pemotongan *body microcar*



Pemotongan bagian *car body*

Gambar 4.28b Pemotongan *body microcar*

2. Menghaluskan garis-garis timbul yang dihasilkan oleh celah akibat rongga antara dua buah *molding*.



Garis timbul

Penghalusan garis timbul

Gambar 4.29 Penghalusan garis timbul pada produk *car body*

3. Menutup lubang yang dihasilkan dari proses penyemprotan *gelcoat* serta laminasi yang tidak merata.



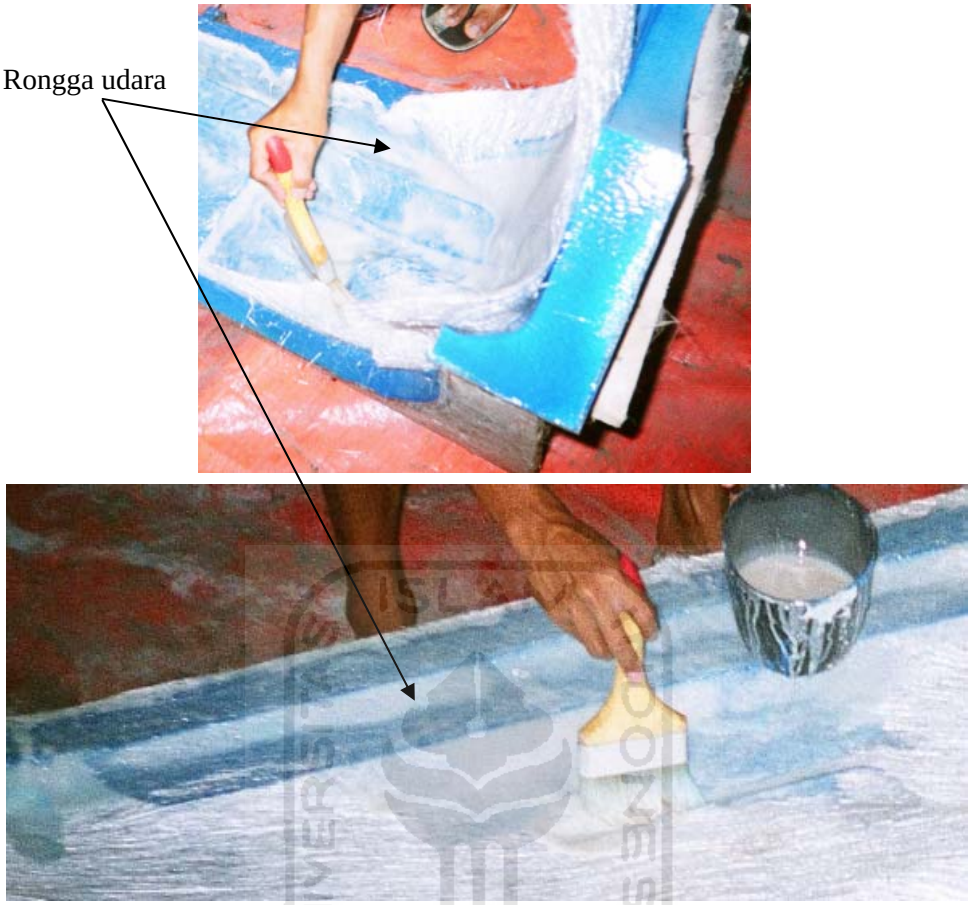
Gambar 4.30 Rongga udara pada *car body*

4. Untuk meratakan dan menghaluskan permukaan *car body* dapat dilakukan dengan mengamplas seluruh permukaan produk, amplas yang digunakan adalah amplas *water proof* nomor 320 dan 600. Penggunaan amplas secara bertahap dari nomor 320 merata ke semua permukaan diteruskan nomor 600.
5. Pengecatan dengan cat dasar *epoxy* 2-3 kali kemudian diamplas nomor 600 untuk menghaluskan pengecatan.
6. Tahap akhir adalah pengecatan warna.

4.8 Analisa kegagalan dan solusinya

4.8.1 Rongga udara pada bodi hasil laminasi

Pada bagian tepi dan lekukan pada *car body* sering terjadi adanya rongga udara yang akan berakibat terhadap kekuatan *car body* karena akan menimbulkan keropos pada bodi, hal tersebut disebabkan saat serat gelas dilaminasi dan ditekan untuk mengikuti kontur *molding* mempunyai daya lawan terhadap pengerolan.

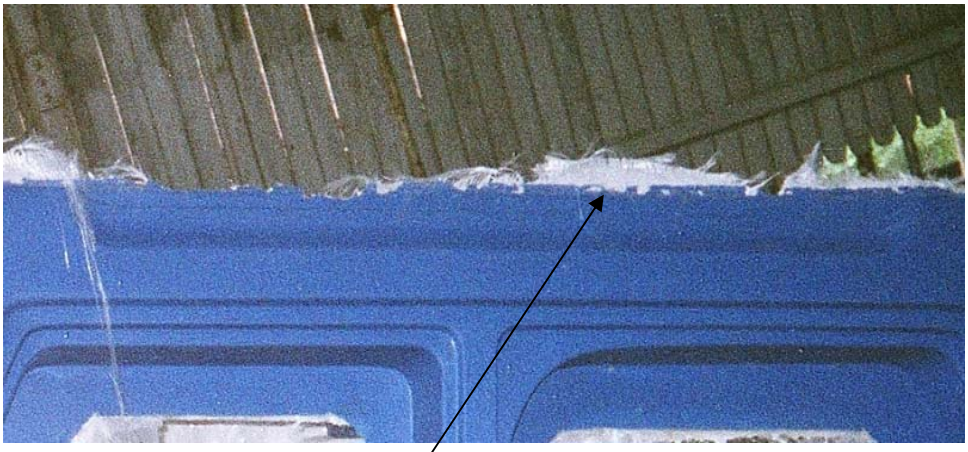


Gambar 4.31 Rongga udara/*void*

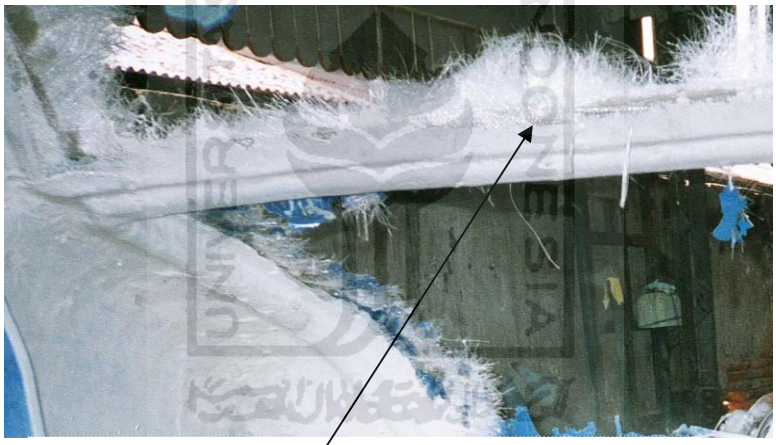
Untuk mengatasi terjadinya rongga udara dapat dilakukan dengan cara, antara lain:

1. Sebelum pemberian lapisan mat serat gelas, terlebih dahulu permukaan *molding* dilumuri resin terutama pada bagian-bagian sudut dan lekukan. Perlu diperhatikan bahwa pemberian resin tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan permukaan produk *car body* menjadi getas.
2. Untuk mencegah produk *car body* getas maka saat pemberian resin juga diberi lapisan mat yang tipis (dibelah menjadi 2 belahan), sebagai penguat pada bagian tersebut. Serat yang dipakai adalah mat 300 gr/m^2.

4.8.2 Rongga udara pada bagian tepi produk



Rongga udara pada tepi produk *car body*



Rongga udara pada tepi produk

Gambar 4.32 Rongga udara pada tepi produk

Terjadinya rongga udara pada bagian tepi disebabkan karena saat laminasi *molding* dibagian tepi resin jatuh, dan tidak tertampung, sehingga menghasilkan lapisan serat gelas yang tidak terisi oleh resin.

Untuk menanggulangi hal tersebut dapat dilakukan dengan cara saat pembuatan *molding*, ukuran sebenarnya (ukuran *body microcar*) ditambah ± 50 mm pada bagian tepi-tepi *molding*. Pada ukuran sebenarnya diberi tanda goresan garis, sehingga pada produk akan terlihat garis pembatas untuk memotong produk yang disesuaikan dengan ukuran sebenarnya.

4.9 Kelebihan dan kekurangan metoda *Hand lay up*

4.9.1 Kelebihan metode h*and lay up*

a. Mudah dalam proses.
b. Biaya tenaga kerja yang murah karena dapat dilakukan dengan jumlah tenaga kerja yang tidak membutuhkan kemampuan yang tinggi.
c. Proses pencetakan dan pembuatan *car body* komposit dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sederhana.
d. Lebih banyak pilihan material (resin, serat maupun pengisi/*core*) yang dapat dikerjakan dengan metoda *hand lay up*.

4.9.2 Kekurangan metoda h*and lay up*

a. Kualitas produk *microcar* yang dihasilkan sangat tergantung dari kemampuan/*skill* operator**.**
b. Pada pembuatan produk dengan kontur yang rumit dan berdimensi kecil metode ini susah untuk dilakukan.
c. Sering terjadi adanya *void*/rongga udara akibat proses laminasi yang kurang sempurna.

BAB V
PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap proses pembuatan *body microcar* dari bahan komposit berpenguat serat gelas (GFRP), dengan metode pembuatan h*and lay up* (HLU). Maka dapat disimpulkan bahwa untuk memudahkan proses *car body* dilakukan dengan menggunakan *molding*. Jumlah *molding* untuk *car body* sebanyak 4 buah yaitu *molding* atap, *molding* sisi kiri dan kanan serta *molding* bodi belakang. Pembuatan pintu dilakukan dengan menggunakan 2 buah *molding* untuk tiap pintu. Pada pembuatan bemper dilakukan dengan menggunakan 1 buah *molding.*

Adapun kesulitan metode *hand lay up* yaitu pada pembuatan komponen yang mempunyai banyak lekukan serta sempit lebih susah untuk dilakukan. Hasil produk *car body* dengan metoda *hand lay up* pada bagian tepi banyak dijumpai lapisan serat gelas yang tidak terisi oleh resin (rongga udara/*void*), sehingga akan menyebabkan keropos dan mengurangi kekuatan struktur laminat komposit *car body*. Untuk menanggulangi hal tersebut maka pada saat laminasi harus dilakukan dengan hati-hati, serta menggunakan lapisan serat gelas tipis (300 gr/m^2). Pada bagian tepi dapat dilakukan dengan menambahkan luas ± 50 mm dari tepi ukuran produk disain, yang dilakukan saat pembuatan *master* produk.

Berdasarkan kebutuhan material, alat dan tenaga kerja yang dibutuhkan pada pembuatan *car body* maupun bagian lainya seperti pintu, bemper yang terbuat dari bahan komposit GFRP. Dengan demikian, metode HLU ini dapat diterapkan pada industri kecil dan menengah.

5.2 Saran

Saran-saran berikut dapat diberikan untuk mengembangkan penelitian selanjutnya.

- Pembuatan *car body* dengan metoda *hand lay up* dimana proses laminasinya dilakukan secara manual banyak menimbulkan rongga udara/*void* sehingga akan menyebabkan keroposnya struktur *car body*. Untuk menghindari hal tersebut proses laminasi harus dilakukan dengan teliti, disamping itu perlu dikembangkan pembuatan *car body* dengan metode lain.
- Perlu dilakukan analisa kekuatan *car body* sehingga dapat diketahui seberapa besar kekuatan produk yang dihasilkan dari proses pembuatan dengan metode *hand lay up*.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, 1997. "*Building a composite aircraft, sport Aviation"* USA.

Antonio Y. T dan Agita O.R, 2006 "*Komposit laminat bambu serat woven sebagai bahan alternatif pengganti fiber glass pada kulit kapal*" ITS, Surabaya.

Barthelot J. M., 1999. '*Composite Material : Mechanical Behaviour and Structural Analysis*'. Springer, New York.

Cramer D. R dan Teggert D. F, 2002 "*Design and Manufacturing Of An Affordable Advanced-Composite Automotive Body Structure"* Hypercar.

Groover M. P, 2002. " *Fundamental of modern manufacturing*", Jhon Wiley&Sonn Ink, Second edition.

Jones, R. M., 1975. '*Mechanics of Composite Materials*', Scripta Book Company, Washington D.C., USA.

Milton S dan Grove S. M, 1993 "*Composite Sandwich Panel Manufacturing Concepts For Lightweight Vehicle Chassis*" Playmouth university.

Niu, M. C. Y, 1993. " *Composite Airframe Structure*" Conmilit Press Ltd, Hong Kong.

Patrick Mc. Crary, 2005, '*Basic Vacuum Bagging'* Available Online at www.bertram31.com.

Schwartz, 1984. "*Composite Materials Handbook*", McGraw-Hill Book Company, New York, USA.

Singapore Highpolymer chemical Products. Pte Ltd, 2007.

http://www.gurit.com
http://www.composite center.com
http://en.wikipedia.org/wiki/Fiberglass

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA