

PROSES PRODUKSI *PROTOTYPE* MOBIL LISTRIK LINGSAR PROTO 3 UNTUK KONTES MOBIL HEMAT ENERGI

Yusuf Kurniawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia
 email : kurniawanysf28@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan transportasi di Indonesia. Bahan bakar minyak menjadi sumber energi pokok dibidang transportasi yang sebagian besar disuplay dari energi fosil, sedangkan energi fosil tidak dapat diperbaharui dan cadangannya semakin menipis. Dikarenakan permasalahan sumber energi yang menipis maka Kementerian Ristek Dikti mengadakan *event* Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yang berorientasi mahasiswa seluruh Indonesia dengan tujuan untuk merancang, mengembangkan, dan memproduksi kendaraan yang hemat energi dan ramah lingkungan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diproduksi mobil Lingsar Pto 3.

Mobil Lingsar Proto 3 merupakan kendaraan *prototype* yang dirancang aerodinamis dan penggeraknya menggunakan motor listrik. Proses pembuatan dibagi beberapa tahapan antara lain pembuatan rangka, pembuatan *steering system*, sistem penggerak, dan bodi. Pada rangka menggunakan tipe *ladder frame* dengan material aluminium *hollow* dengan dimensi 40 x 20 x 1,5 mm yang disambung melalui proses pengelasan, sedangkan untuk material bodi menggunakan bahan komposit dengan *filler glass fiber* dan *Lantor Coremat*. Pada proses pembuatan bodi menggunakan metode *hand lay up*.

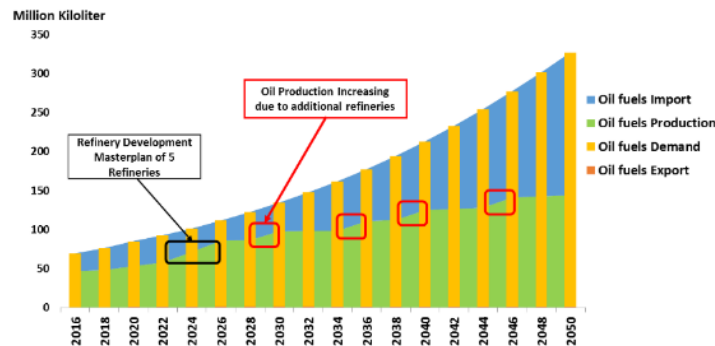
Hasil pembuatan mobil Lingsar Proto 3 memiliki panjang 267 cm, lebar 84 cm, tinggi 72 cm, sedangkan bobot kendaraan keseluruhan 42 Kg. Mobil ini menggunakan motor listrik BLDC (*Brushless Direct Current*) 1000 watt dengan baterai jenis *Lithium Polimer* 12 volt berjumlah 4 yang di seri menjadi 48 Volt dengan kapasitas 10.000 mAh. Mobil ini menggunakan single sprocket dengan jumlah gigi depan dan belakang 24T : 28T dan kecepatan maksimal 35 km/jam. Proses pembuatan membutuhkan waktu 4,5 bulan dengan biaya Rp. 50.322.500.

Kata kunci : Lingsar Proto 3, KMHE, rangka, bodi.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah transportasi di Indonesia. Bahan bakar minyak menjadi sumber energi pokok untuk keperluan operasional terutama pada bidang transportasi. Kebutuhan energi ini yang sebagian besar disuplai dari energi fosil sedangkan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui dan cadangannya semakin menipis setiap tahunnya. Hal ini, menjadi masalah di hampir seluruh dunia tak terkecuali Indonesia.

Pada Gambar 1 garis kuning menunjukkan kebutuhan bahan bakar minyak pertahun pada rentang 2016-2050 yang terus meningkat, sedangkan garis hijau menunjukkan produksi bahan bakar minyak yang tidak seimbang dengan kebutuhan penggunaan di Indonesia maka untuk memenuhi kebutuhan tersebut harus *import* yang ditunjukkan pada garis biru.



Gambar 1. Produksi dan kebutuhan BBM tahun 2016-2050 (*Outlook Energy* Indonesia, 2018)

Berdasarkan kondisi diatas maka dibutuhkan solusi untuk memecahkan permasalahan tersebut yaitu menciptakan kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan. Kemudian Kementerian Riset Teknologi dan Perguruan Tinggi mengadakan *event*/ perlombaan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE).

Perlombaan ini berorientasi pada efisiensi penggunaan energi dari mobil rancangan, produksi dan pengembangan mahasiswa. Jenis sumber energi penggerak yang digunakan dalam kompetisi terbagi menjadi empat yaitu *gasoline*, etanol, diesel, dan listrik. Perlombaan ini dibagi menjadi 2 kategori yaitu *prototype* dan *urban concept*.

Kategori *prototype* yaitu rancangan kendaraan fokus pada desain kendaraan yang aerodinamis dan seringan mungkin supaya mobil efisien dalam penggunaan energi. Konsep rancangan kendaraan ini memiliki dua roda di depan sebagai pengarah dan satu roda di belakang sebagai penggerak. Kategori urban yaitu kendaraan dengan konsep mobil hemat energi masa depan dengan bentuk selayaknya *city car*. Mobil tipe urban memiliki empat roda.

Para *engineer* Indonesia telah banyak yang merancang, memproduksi dan mengembangkan kendaraan bertenaga listrik yang ramah lingkungan dan hemat energi sehingga dapat mengurangi pemanasan *global* yang diakibatkan karena berlebihan dalam penggunaan bahan bakar minyak seperti yang sudah dilakukan oleh Dwinanto dan Muhammad (2015) dengan mobil listrik hemat energi yang diberi nama Aristo Evo 3. Model pembuatan rangka menggunakan tipe *ladder frame* dengan material alumunium *hollow* sangat cocok digunakan dalam pembuatan kendaraan karena memiliki kelebihan konstruksinya sederhana namun kokoh dan mudah dalam perbaikan jika terjadi tumbukan. Berbeda dengan mobil Keris R-VII yang menggunakan *chassis* tipe *monocoque* dengan material *foam core*. Tipe *chassis monocoque* memiliki kelebihan bobot lebih ringan, *handling* lebih lembut, dan *ground clearance* lebih rendah.

Pemilihan bahan baku untuk pembuatan bodi menggunakan material komposit *fiberglass* sangat cocok untuk diterapkan dalam membuat bodi mobil listrik, karena memiliki banyak keunggulan diantaranya bobot yang ringan, tahan korosi, dan biaya produksi murah. Dengan menggunakan bahan komposit, maka bobot kendaraan secara keseluruhan akan lebih ringan, sehingga lebih hemat dalam penggunaan bahan bakar (Sutami, 2010).

Selain bobot yang seringan mungkin dalam menciptakan kendaraan hemat energi yang perlu diperhatikan yaitu faktor gesekan dan *aerodinamis* pada kendaraan dibuat seminimal mungkin hambatan atau gesekan saat kendaraan bergerak. Oleh karena itu, perlu dibuat atau *difabrikasi* kendaraan Lingsar Proto 3 yang sudah dirancang dengan bobot yang lebih ringan dan gesekan yang minimal.

2. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

2.1. Tinjauan Pustaka

Dwinanto dan Muhammad (2015) melakukan analisa karakteristik bodi dan *chassis* pada *prototype* kendaraan listrik. Perancangan dan produksi rangka mobil listrik Aristo evo 3 dengan desain rangka tipe *ladder frame*. Jenis material yang digunakan alumunium *hollow* 6061 sedangkan material bodi menggunakan *fiberglass*. Berbeda dengan mobil Keris R-VII yang

menggunakan tipe rangka *monocoque* dengan material *foam core* sedangkan untuk material bodi mengguna *carbon fibers*. Kelebihan dan kekurangan kedua tipe *chassis* dan bodi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Perbandingan struktur *chassis* (Dwinanto dan Muhammad, 2015)

Jenis Struktur <i>Chassis</i>	Kelebihan	Kekurangan
<i>Ladder</i> Struktur	Mudah didesain, dibangun, dan dimodifikasi	Lebih berat dibandingkan <i>chassis</i> lainnya
	Lebih cocok untuk kendaraan berat yang suka <i>off-road</i> dan lebih tahan lama	Performanya lebih rendah
		Efisiensi lebih rendah
	Mudah direparasi jika terjadi tumbukan	Torsi rendah saat melewati tikungan
Mudah terguling		
<i>Monocoque</i> struktur	Bobot paling ringan	Sangat sulit diperbaiki
	<i>Handling</i> lebih lembut	Sulit dilakukan perombakan
	<i>Ground clearance</i> lebih rendah	

Tabel 2. Kelebihan dan kekurangan material bodi (Dwinanto dan Muhammad, 2015)

Kelebihan	Jenis Material Bodi	
	<i>Fiber Glass</i>	<i>Carbon Fibers</i>
Biaya Murah	√	-
Tahan Korosi	√	√
Biaya lebih efisien dibandingkan ari komposit lainnya	√	-
Karakteristik ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.	√	√√√
Dapat dibuat dari bahan turunan : grafit yang kekuatannya dibawah serat carbon	-	√
Densitas	√	√√√

Skala Penilaian :

- √ = Cukup
- √√ = Baik
- √√√ = Sangat Baik

Sutami (2010) melakukan proses manufaktur bodi kendaraan mobil listrik dengan material komposit. Bahan baku yang digunakan untuk membuat bodi menggunakan material komposit *fiberglass* karena memiliki sifat yang ringan, tahan korosi, dan biaya produksi yang murah. Dalam proses manufaktur bodi ini menggunakan sistematis yang diawali dengan pembuatan desain, pembuatan master, pembuatan cetakan kemudian pembuatan produk dan *finishing*.

Andewi (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi arus pada hasil pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) terhadap sifat fisis dan mekanis pada aluminium 6061. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen menggunakan material aluminium 6061 dengan bahan pengisi/*filler* ER5356 dengan kampuh V tunggal 60°, variabel penelitian menggunakan variasi arus 80 ampere, 120 ampere, dan 160 ampere. Setelah dilakukan penelitian terdapat struktur mikro, struktur mikro pada logam las terdapat butir *columnar* dan *equaxial*. Hasil terbaik dalam penelitian ini pada penggunaan arus 120 ampere karena membuat bentuk butir *aquaxial* yang baik sehingga mengakibatkan tingkat kekerasan yang tinggi pada logam las dan HAZ. Nilai yang diperoleh dari uji kekuatan tarik nilai tegangan tertinggi rata-rata pada arus 120 A yaitu 142, 50 MPa sedangkan nilai terendah rata-rata dengan arus 80 A yaitu 40.44 MPa.

Azissyukhron dan Hidayat (2018) melakukan penelitian tentang perbandingan kekuatan material hasil metode *hand lay up* dan *vacuum bag* pada material *sandwich* komposit. Eksperimen ini menggunakan material komposit dengan metode *hand lay up* dan *vacuum bag* terhadap 5 spesimen dengan dimensi yang mengacu pada standarisasi ASTM D3039 dari masing-masing metode tersebut. Berdasarkan hasil pengujian metode *hand lay up* dengan nilai modulus elastisitas sebesar 170,848 MPa lebih elastis dibandingkan material hasil *vacuum bag* dengan nilai 463,810 MPa. Kekuatan Tarik metode *vacuum bag* terdapat nilai rata-rata sebesar 1075,490 N, hasil ini lebih besar dibandingkan dengan metode *hand lay up* yang mempunyai nilai 491,309 N. Dari segi bobot metode *vacuum bag* lebih ringan karena pada metode *vacuum bag* resin yang berlebih dapat dikeluarkan dari laminasi.

2.2. Metode Manufaktur Komposit

Menurut Anonim (2002), dalam proses manufaktur komposit ada beberapa metode diantaranya yaitu :

a. *Hand lay up*

Metode *hand lay up* merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Cara metode ini dengan menuangkan resin kedalam serat kemudian memberi tekanan sekaligus meratakan menggunakan *roll* atau kuas.

b. *Vacuum bag*

Metode *vacuum bag* merupakan penyempurnaan dari metode *hand lay up*, penggunaan dari proses *vacuum* ini untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam cetakan.

c. *Spray up*

Proses ini dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibers*) yang sudah dipotong (*chopper*). Resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan ke cetakan tempat pencetakan *spray-up*.

2.3. Metode Manufaktur Logam

a. Pengelasan

Menurut Djamiko (2008) Pengelasan adalah penyambungan dua logam atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip difusi, sehingga terjadi penyatuan bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las yaitu konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan tinggi, mudah prosesnya dan ekonomis. Namun, kelemahan dari pengelasan yaitu terjadinya struktur mikro sehingga terjadi perubahan fisik maupun mekanis yang terjadi pada bahan yang dilas.

b. Proses Bubut

Menurut Widarto (2008) Proses bubut merupakan proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut.

- c. Proses Milling
Menurut Widarto (2008) proses pemesinan frais (*milling*) merupakan proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar.

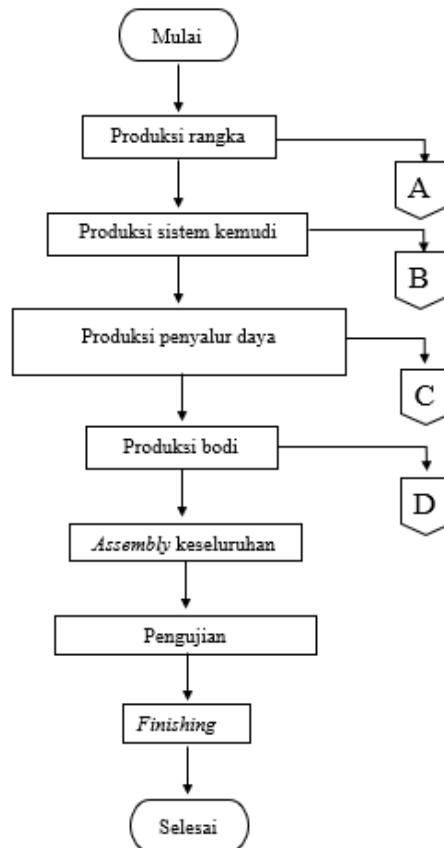
3. Proses Produksi Mobil Lingsar Proto 3

3.1. Metode Produksi

- a. Perancangan *prototype* Lingsar Proto 3
- b. Penyiapan alat dan bahan
Proses produksi, bahan yang digunakan antara lain yaitu alumunium *hollow* 6061, rantai, *sprocket*, komponen rem, *trotle*, motor BLDC, *controller*, *emergency stop*, baterai *Lithium Polimer*, ban, *safety belt*, APAR, *glass fiber*, *coremat*, resin, katalis, *mirror glass*, *Styrofoam* dan lain-lain.
Peralatan yang digunakan pada proses produksi yaitu: mesin bubut, mesin las, gerinda tangan, mesin frais, gerinda duduk potong, mesin bor, jangka sorong, solder, tang potong, gunting, kuas, kunci perkakas, obeng, sarung tangan, sender dan lain-lain.
- c. Proses pembuatan rangka
- d. Proses pembuatan *steering system*
- e. Proses pembuatan *transmisi*
- f. Proses pembuatan bodi
- g. Perakitan komponen kendaraan
- h. Pengujian kendaraan
- i. *Finishing*

3.2. Diagram Alir Produksi

Secara garis besar proses produksi ini dapat digambarkan oleh gambar diagram alir Gambar 2.



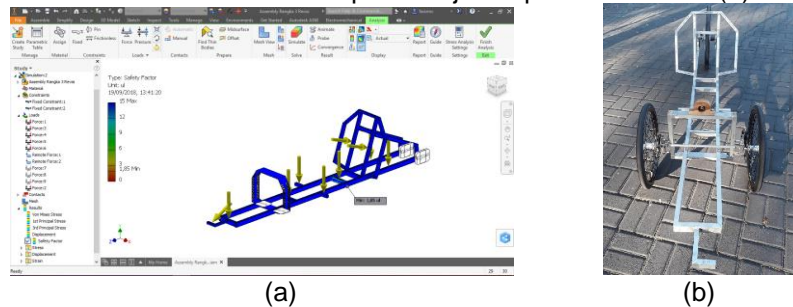
Gambar 2. Diagram alir proses produksi *prototype* Lingsar Proto 3

4. Pembahasan

4.1. Pembuatan Rangka/chassis

Rangka/chassis berfungsi sebagai penopang pengemudi dan komponen-komponen yang ada pada kendaraan tersebut. Dalam perancangan rangka yang akan dibuat pada mobil Lingsar Proto 3 mengikuti ketentuan regulasi Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Material yang dipilih yaitu alumunium *hollow* 6061 dengan ukuran 40 x 20 x 1,5 mm dan 30 x 20 x 1,5 mm karena memiliki sifat kuat, tahan korosi, ulet, dan mudah ditemukan dipasaran. Bentuk rancangan rangka Lingsar Proto 3 dapat dilihat pada Gambar 3 (a).

Tahap yang dilakukan pada proses pembuatan rangka dimulai dari pengukuran, pemotongan dan penyambungan. Bahan alumunium *hollow* diukur sekaligus dipotong sesuai dimensi desain. Kemudian proses penyambungan menggunakan pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*). Hal ini dipilih karena alumunium memiliki sifat lebih reaktif terhadap panas sehingga panas yang berlebih akan menyebabkan deformasi dan daerah terpengaruh panas yang luas. Pengelasan TIG memiliki masukan panas yang tidak terlalu tinggi tetapi dapat menembus bagian lapisan alumunium. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 3 (b).

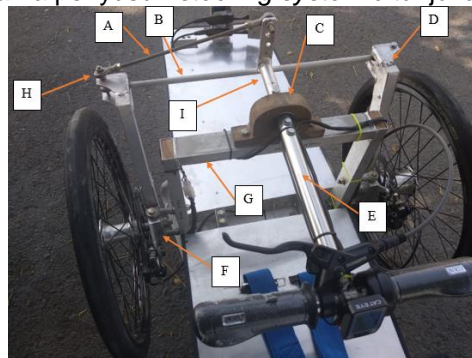


Gambar 3. (a) Desain rangka dan (b) rangka mobil Lingsar Proto 3

4.2. Pembuatan Steering System

Steering system berfungsi untuk mengatur arah dari laju kendaraan dengan cara menggerakkan roda depan dan menjaga posisi mobil agar tetap stabil.

Cara kerja *steering system* yang dibuat pada kendaraan Lingsar Proto 3 yaitu dengan memutar batang kemudi yang kemudian menggerakkan link penghubung *steering* dan akan diteruskan oleh *link steering* untuk merubah radius belok roda depan. Selanjutnya, *stabilizer* juga digunakan untuk menjaga kendaraan supaya mobil tetap stabil pada saat berjalan. Komponen-komponen utama penyusun *steering system* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Komponen utama penyusun *steering system*

Keterangan :

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| a. <i>Link steering</i> | f. <i>Bracket Shaft</i> roda |
| b. <i>Link stabilizer</i> | g. Penghubung <i>shaft seteering</i> |
| c. <i>Bracket</i> setang kemudi | h. <i>Balljoint</i> |
| d. <i>Steering arm</i> | i. Link Penghubung <i>steering</i> |
| e. Setang kemudi | |

Pembuatan batang kemudi menggunakan material *stainless steel* yang disambung dengan las. Material ini dipilih karena sifatnya yang kuat dan kaku sehingga mampu untuk menggerakkan *steering* dengan aman dan nyaman. Sedangkan untuk pembuatan *steering arm* menggunakan material aluminium *hollow* 3 x 2 cm dan disambung dengan cara pengelasan. Untuk *bracket* setang kemudi menggunakan bahan kayu karena memiliki bobot yang ringan dan harganya yang murah.

4.3. Pembuatan Sistem Penggerak (*Transmisi*)

Transmisi adalah sistem konversi daya motor penggerak yang diteruskan ke roda (penggerak akhir). Pada mobil Lingsar Proto 3 ini menggunakan *transmisi single sprocket* yang dihubungkan melalui rantai. Keuntungannya mampu meneruskan daya dari motor tanpa mengurangi daya yang ditransfer ke penggerak akhir, tidak memerlukan tegangan awal, keausan kecil pada bantalan dan mudah pemasangannya.

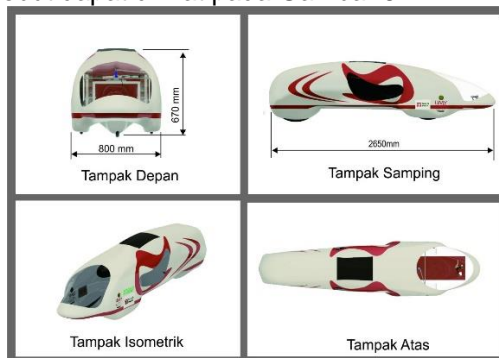
Sprocket depan dipasang pada motor listrik sedangkan *sprocket* belakang dipasang pada hub roda yang telah dirangkai dengan *velg*, ruji, dan ban. Jumlah gigi *sprocket* depan dan belakang yaitu 24 T : 28 T. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Transmisi mobil Lingsar Proto 3

4.4. Pembuatan Bodi

Bodi merupakan komponen penting dalam sebuah mobil yang dirancang dengan baik sehingga dapat melindungi komponen di dalamnya dari paparan panas matahari, air hujan, goresan, dan resiko *driver* dari kecelakaan. Rancangan bodi Lingsar Proto 3 mengacu pada regulasi KMHE. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

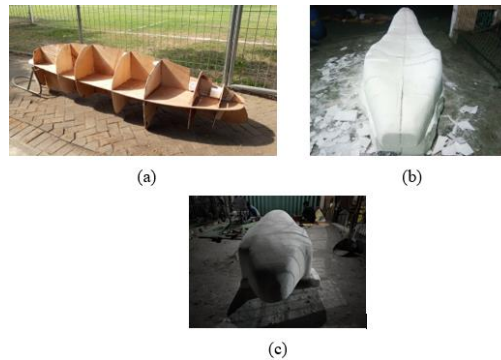


Gambar 6. Bentuk bodi dari tampak *isometric*, tampak depan, tampak samping, dan tampak atas.

Adapun tahapan proses pembuatan bodi yaitu :

a. Pembuatan *master molding*

Pertama pembuatan rangka menggunakan triplek dipotong sesuai dengan dimensi perancangan kemudian potongan tersebut dipasang secara tegak lurus dan melintang. Setelah rangka sudah terbentuk baru pemasangan *styrofoam* dibentuk sesuai desain bodi mobil yang dilekatkan menggunakan lem Astro (lem *styrofoam*). Kemudian dilapisi menggunakan Aplus® dengan cara dioleskan dan diratakan pada *styrofoam* sampai sesuai dengan desain bodi. Setelah kering maka diratakan dan dihaluskan menggunakan amplas. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. (a) Pembuatan rangka molding, (b) pemotongan *styrofoam*, dan (c) hasil *master molding*

b. Pembuatan cetakan

Proses pembuatan cetakan langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengolesi seluruh permukaan *master* menggunakan *mirror glass* yang bertujuan agar lebih mudah dalam pelepasan cetakan.

Selanjutnya *master* yang sudah dilapisi *mirror glass* proses laminasi hingga mencapai 3 lapisan/*layer*. Proses laminasi sendiri diawali dengan pemberian campuran resin dan katalis yang sudah diaduk rata, kemudian diberi *glass fiber*, begitu seterusnya sampai 3 lapis. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses pembuatan cetakan

Apabila seluruh tahap pembuatan cetakan sudah dilakukan selanjutnya menunggu kering dan melepas cetakan dari *master*. Setelah cetakan lepas dari *master* maka dilakukan proses penghalusan dan perataan dengan cara dikasih dempul kemudian diampas diseluruh permukaan. Proses penghalusan cetakan dilakukan di bagian dalam karena yang akan menjadi cetakan pada bagian dalam.

c. Pembuatan bodi

Setelah proses pembuatan cetakan selesai sampai kondisi halus dan rata maka dilanjutkan langkah pembuatan bodi. Langkah pertama yaitu melapisi seluruh permukaan cetakan menggunakan *mirror glass* sampai halus dan rata hal ini berfungsi agar lapisan bodi tidak lengket dengan cetakan.

Selanjutnya pemberian campuran resin dan katalis serta *glass fiber* anyam pada lapisan ke-1 dan ke-3. Campuran yang digunakan *resin epoxy* dan *hardener epoxy* dengan perbandingan 1 : 1. Pada lapisan kedua menggunakan bahan *lantor coremat* yang sifatnya ringan, lebih kuat, dan bentuknya menyerupai kain yang halus dan lembut sehingga campuran resin & katalis bisa terserap oleh bahan tersebut. Proses ini menggunakan metode *hand lay-up* yang pada umumnya menggunakan alat kuas atau *roll* yang bertujuan agar dapat menyesuaikan *contour* dari cetakan dan resin dapat merata hingga bagian dalam sehingga diharapkan tidak ada udara didalamnya. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses laminasi bodi

d. *Finishing*

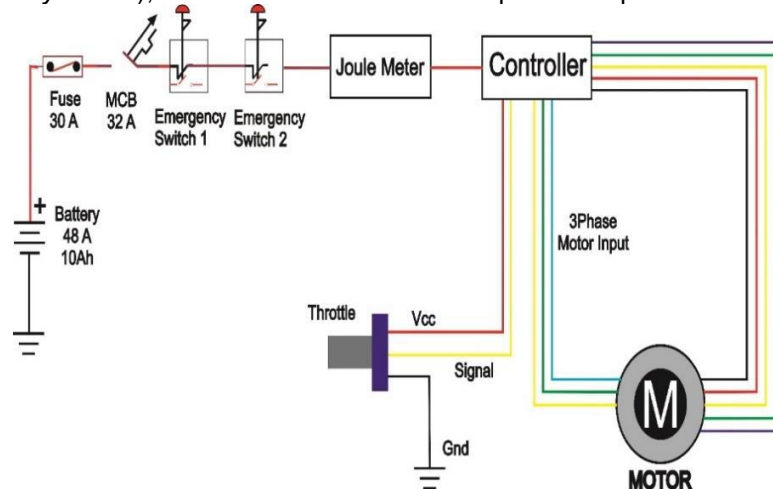
Produk yang sudah kering akan dilakukan proses pelepasan dari cetakan. Langkah selanjutnya yaitu langkah *finishing* ini dilakukan tindakan penghalusan, perapian dan pemotongan. Pada proses *finishing* menggunakan *stiker*, hal ini bertujuan karena *stiker* yang memiliki sifat ringan. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Proses *finishing* pemasangan stiker

4.5. Rancangan Komponen Elektrik

Sistem kelistrikan pada mobil merujuk pada aspek keandalan mobil dan keselamatan dari *driver*. Sistem kelistrikan terdiri dari bagian utama dan aksesoris. Bagian utama terdiri dari baterai, *controller*, *handle gas* dan motor penggerak, sedangkan untuk bagian aksesoris terdiri dari, BMS (*Battery Manajement System*), sensor kecepatan, *regulator* tegangan, *fuse*, tombol darurat (*emergency switch*), dan klakson. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. *Wiring* diagram kelistrikan

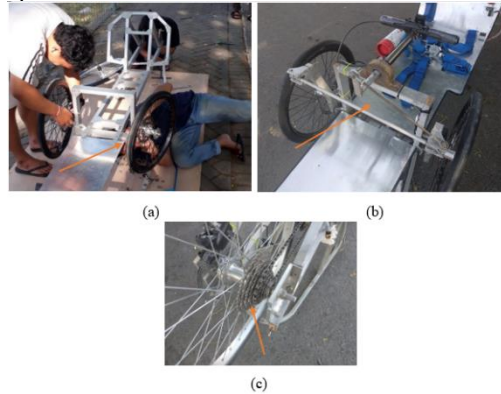
Baterai merupakan komponen utama penyuplai energi yang digunakan untuk menggerakkan motor dengan kapasitas 10 Ah dan tegangan 48 Volt.

Motor listrik merupakan alat yang berfungsi merubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerak. Motor yang digunakan yaitu jenis BLDC (*Brushless Direct Curent*) motor hub dengan daya 1000 Watt dan memiliki kecepatan hingga 520 rpm.

4.6. Perakitan

Perakitan merupakan proses terakhir yang bertujuan untuk menggabungkan seluruh komponen kendaraan yang sudah dipersiapkan. Pertama perakitan rangka yang sudah dilas dengan seluruh roda sekaligus pemasangan sistem kemudi (*steering system*).

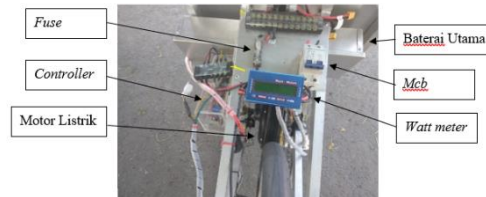
Setelah pemasangan sistem kemudi maka dilanjutkan pemasangan sistem penggerak yang berupa motor listrik, *sprocket* depan dan *sprocket* belakang sekaligus rantai penghubung. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Perakitan (a) roda, (b) *steering*, dan (c) *transmisi*

Selanjutnya pemasangan komponen pengereman dilanjutkan pengisian *fluida* dan *brake bleeding* (membuang angin).

Setelah selesai pemasangan komponen mekanik maka dilanjutkan pemasangan komponen elektrik yang berupa baterai, *controller*, *fuse*, *emergency swicth*, dan lain-lain. Pertama pemasangan *controller* dengan motor listrik dan *watt meter* dilanjutkan pemasangan *mcb*, *fuse*, dan *emergency switch*. Kemudian pemasangan baterai utama ke *controller*. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Perakitan komponen elektrik

Tahap terakhir setelah semua komponen terpasang yaitu dilanjutkan pemasangan bodi mobil. Pemasangan bodi bagian bawah terlebih dahulu kemudian bodi atas. Pemasangan bodi menggunakan mur dan baut dengan rangka. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 14.



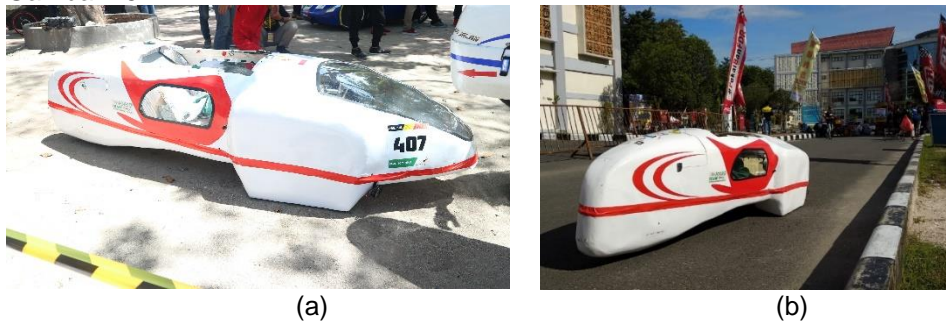
Gambar 14. Pemasangan bodi

4.7. Pengujian dan Latihan

Pengujian merupakan proses yang bertujuan untuk memastikan semua fungsi apakah bekerja dengan baik dan mencari kesalahan yang mungkin dapat terjadi. Setelah dilakukan beberapa pengujian diketahui komponen yang harus diperbaiki yaitu sistem pengereman yang kurang sempurna karena masih ada gesekan di *disc break*, rantai yang sering lepas diakibatkan rangka yang terdeformasi, dan as roda yang terdeformasi karena lintasan pengujian tidak rata (ada lubang) mengakibatkan kontraksi yang terjadi pada kendaraan sehingga tumpuan bisa mengalami deformasi.

4.8. Hasil

Mobil Lingsar Proto 3 memiliki dimensi kendaraan panjang 267 cm, lebar 84 cm, tinggi 72 cm, sedangkan bobot kendaraan keseluruhan 42 Kg. Mobil ini memiliki kecepatan rata-rata 35 km/jam. Hasil perolehan terbaik mobil Lingsar Proto 3 178,05 km/kwh. Proses pembuatan membutuhkan waktu 4,5 bulan dengan biaya Rp. 50.322.500. Mobil Lingsar Proto 3 ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. (a) Tampak depan dan (b) tampak belakang mobil Lingsar Proto 3

5. Kesimpulan

Proses produksi kendaraan Lingsar Proto 3 terbagi menjadi lima bagian yaitu pembuatan rangka, sistem kemudi, sistem penggerak/*transmisi*, bodi dan pemilihan komponen elektrik. Adapun kesimpulan yang didapat dari proses produksi kendaraan Lingsar Proto 3 yaitu:

1. Tipe rangka yang digunakan yaitu *ladder frame* dengan jenis material alumunium *hollow*. Proses penyambungan rangka ini menggunakan pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*).
2. Sistem kemudi/*steering system* dibuat menggunakan bahan alumunium *hollow* pada dudukan *shaft* yang disambung menggunakan las dan diberi *filler* kayu agar lebih kuat dan setang kemudi menggunakan bahan *stainless steel* ini dipilih karena sifatnya yang kuat dan kaku sehingga mampu untuk menggerakkan *steering* dengan aman dan nyaman.
3. Sistem penggerak/*transmisi* menggunakan *single sprocket* dengan jumlah gigi *sprocket* depan dan belakang 24 T : 28 T. Komponen *transmisi* ini menggunakan komponen sepeda karena ringan, gesekan lebih kecil dan kuat.
4. Proses pembuatan bodi menggunakan metode *hand lay up* karena cara pengerjaan yang mudah dan biaya yang murah. Material *filler* pada bodi ini menggunakan *fiberglass* pada lapisan 1 & 3 sedangkan untuk lapisan ke-2 material *lantor coremat*.
5. Komponen elektrik yang digunakan pada kendaraan yaitu BLDC hub motor 1000 Watt dengan *speed* 520 rpm, baterai kapasitas 10.000 mAh dengan tegangan 48 Volt.

6. Saran

Pada penelitian ini penulis menyadari bahwa masih terdapat banyaknya kekurangan. Oleh karena itu, penulis memberi saran untuk penelitian selanjutnya agar memperhatikan beberapa hal berikut.

1. Perlu adanya pendalaman teori dan pengalaman untuk melakukan proses pembuatan bodi dengan metode yang baru.

2. Perlu ditingkatkan pengalaman tentang manufaktur untuk membuat komponen mekanik agar lebih presisi dan hasilnya rapi.
3. Perlu adanya perancangan konsep yang lebih matang sehingga saat proses produksi tidak mengalami keraguan untuk membuat komponen tersebut.

7. Daftar Pustaka

- Andewi, L. (2016). *Pengaruh Variasi pada Hasil Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Aluminium 6061*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Anonim. (2002). Composite Material Handbook. In *Volume 3: Polymer Matrix Composite, material usage, design and analysis*. USA.
- Azissyukhron, M., & Hidayat, S. (2018). Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag pada Material Sandwich Composite. *Industrial Research Workshop and National Seminar*.
- Djamiko, R. D. (2008). *Teori Pengelasan Logam*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Dwinanto, A. Y., & Muhammad, F. B. (2015). Analisis Karakteristik Bodi dan Chassis pada Prototipe Kendaraan Listrik. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.2*.
- KMHE. (2017). *Regulasi Teknis Kontes Mobil Hemat Energi 2017*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- KMHE. (2018). *Regulasi Teknis Kontes Mobil Hemat Energi 2018*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Sutami, B. P. (2010). *Pembuatan Bodi Mobil dan Modifikasi Chasis Mobil Listrik*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Widarto, Wijanarka, B., Sutopo, & Paryanto. (2008). *Teknik Pemesinan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Yudiartono, Anindhita, Sugiyono, A., Wahid, L. M., & Adiarso. (2018). *Outlook Energi Indonesia 2018*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE).