Buletin Profesi Insinyur 0(0) (2019) 000–000
http://dx.doi.org/10.20527

Rancang Bangun dan Pembuatan Mobil Listrik Bertenaga Solar Cell

Rachmat Subagyo[1], Abdul Ghofur[1,2],Gunawan Rudi Cahyono[1], Hajar Isworo[1], M. Reynaldi Perdana Saputra[1]

[1] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat

[2]Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Lambung Mangkurat

✉: rachmatsubagyo@ulm.ac.id

Tujuan proyek ini adalah untuk mengaplikasikan ilmu teknik mesin khususnya konversi energi dalam memanfaatkan energi matahari dengan menggunakan solar cell. Metode yang digunakan adalah eksperimental diawali dengan perancangan mobil listrik yang kemudian dilanjutkan proses pembuatannya. Proyek ini menghasilkan mobil listrik dengan data teknis sebagai berikut: kapasitas penumpang: 6 orang, kecepatan maksimum: 25 km/jam, jarak tempuh: 80 km, kemampuan memanjat ≤ 0,30, jarak pengereman ≤ 4m, Min. Turning Radius: 5 m, Min Clearance: 150 mm, waktu isi ulang 8-10 jam, Daya solar cell: 200 WP

Kata kunci: ilmu teknik mesin, konversi energi, perancangan mobil listrik, data teknis

Diajukan: 27 November 2019
Direvisi:
Diterima:
Dipublikasikan online:

Pendahuluan

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor DC menggunakan energi yang disimpan di dalam baterai. Penggunaan mobil listrik dirasa lebih efektif selain tidak menimbulkan polusi udara dan kontruksi mesin yang lebih sederhana dan sebagai sarana transportasi alternative [1].

Perkembangan penggunaan mobil listrik sudah mulai familiar dimasyarakat salah satunya adalah digunakan pada wisata didaerah mangrove surabaya [2]. Dimana mobil listrik Zeon sudah beroperasi untuk mengantar turis yang berwisata di daerah hutan bakau. Penggunaan mobil listrik ini merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang diharapkan mengurangi penggunaan energi fosil yang kian menipis [3].

Riset mobil listrik masih terus dilakukan karena masih ditemukannya adanya beberapa kelemahan. Kelemahan itu diantaranya adalah mengharuskan pemilik untuk mengisi baterai listrik di suatu tempat, karena belum tersedianya stasiun pembangkit listrik seperti halnya pom bensin bagi kendaraan konvensional.

Bukan hanya tentang ramah lingkungan atau tidaknya ternyata ukuran dan berat mobil juga sangat berpengaruh. Intinya, mobil berukuran lebih besar tentu membutuhkan tenaga baterai yang lebih banyak, dan semakin banyak tenaga yang mereka gunakan maka semakin banyak pula polusi yang ditimbulkan. Jika mobil listrik benar-benar ramah lingkungan seperti anggapan kebanyakan orang, maka mereka harus memastikan ukuran mobil tersebut lebih kecil.

Desain yang ringan, kokoh dan minimalis merupakan tujuan dari para peneliti. Untuk itu banyak peneliti menggunakkan bahan baja hollow yang memiliki struktur kuat dan ringan serta tahan terhadap panas.

Riset mobil listrik secara eksperimen memerlukan biaya yang cukup besar. Untuk mengatasi hal ini maka penelitian metode analisa numerik banyak berkembang [4], sebelum diaplikasikan pada desain yang sesungguhnya. Penelitian menggunakan metode numerik ini telah dilakukan dengan menggunakan ANSYS [5], FEM [6], CATIA V5R19 [7], ANSYS / LS-DYNA [8], model elemen hingga [9] dan Autodesk Inventor [10].

Riset ini dikembangkan untuk membuat sebuah kendaraan dengan menggunakan energy alternatif yang seefisien mungkin dengan emisi gas buang yang tidak mencemari lingkungan. Mobil ini direncanakan sebagai mobil operasional Rektorat Universitas Lambung mangkurat.

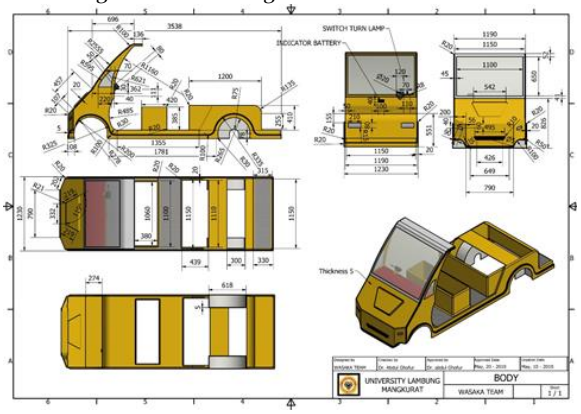
Metode

Riset ini melakukan analisa awal dengan metode simulasi pada pembebanan dan aerodinamis dengan menggunakan software Autodesk Inventor. Dengan analisa awal ini diharapkan hasil desain mobil listrik yang optimal dan handal, memenuhi syarat faktor keamanan yang tinggi.

Hasil Kerja

a. Dimensi dan Chasis Mobil Listrik

Dimensi dan chasis mobil listrik dirancang dengan ukuran yang aerodinamis, kokoh dan handal seperti ditunjukkan gambar 1. Dengan kapasitas 6 penumpang, sumber tenaga dengan solar cell. Rangka dibuat dari baja hollow, sedangkan bodi menggunakan Plat Galvanis yang dibentuk sedemikian rupa mengikuti bentuk mobil yang aerodinamis untuk mengurangi hambatan. Bahan kaca depan dengan mika tembus pandang sedangkan bodi dicat dengan warna kuning.



Buletin Profesi Insinyur 0(0) (2019) 000–000
http://dx.doi.org/10.20527

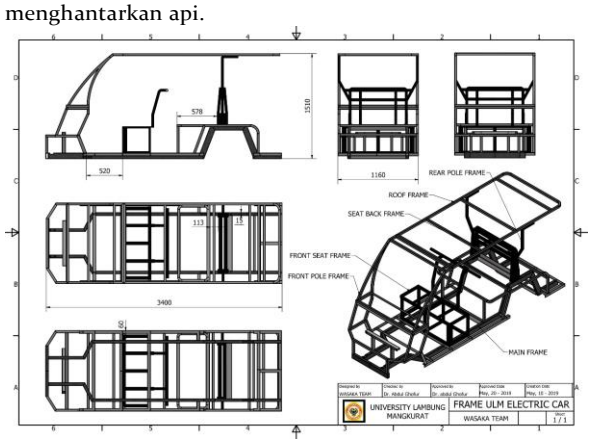
Gambar 1. Perancangan mobil listrik bertenaga solar cell

Dimensi mobil mengikuti referensi dari mobil listrik yang sudah ada sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Mobil Listrik

Dimensi Kendaraan	Ukuran
Tinggi kendaraan	156 cm
Lebar kendaraan	123 cm
Panjang kendaraan	359 cm
Jarak antar roda	123 cm
Jarak sumbu roda	165 cm
Tinggi ruang kemudi	826 cm
Lebar ruang kemudi	115 cm
Jarak terendah komponen kendaraan	30 cm
Berat total kendaraan tanpa kemudi	250 kg

Bahan *chasis* adalah baja hollow 4x7 dengan penopang besi galvanis dan besi L seperti ditunjukkan pada gambar 2. Tujuan penggunaan baja hollow karena memiliki kekuatan yang baik. Baja ini tahan terhadap cuaca panas maupun dingin serta tidak mudah memuai. Kelebihan lain adalah mempunyai tampilan yang menarik dan pemasangan yang tergolong sangat mudah karena tidak perlu mempunyai keahlian khusus, serta tidak menghantarkan api.



Gambar 2. Struktur chasis Mobil Listrik

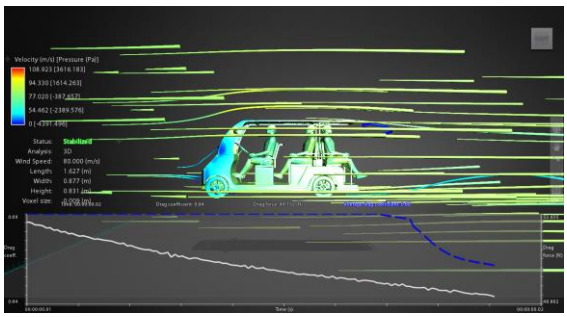
Sifat-sifat mekanis baja hollow ditampilkan pada tabel 2, hasil analisa dari nilai-nilai ini telah memenuhi syarat untuk desain chasis mobil listrik yang dirancang.

Tabel 2. Mechanical properties dari baja hollow bahan chasis

Mechanical properties	Nilai
Mass Density	7,850 gr/cm3
Yield strenght	207 MPa
Ultimete tensile strenght	345 MPa
Young modulus	210 GPa
Poisson ratio	0,3 ul

b. Analisa Koefisien drag pada bodi Mobil Listrik

Analisis aerodinamis pada mobil listrik ini, menggunakan software Autodesk Flow Design. Pengujian pertama membandingkan antara velocity dengan tekanan angkat, pada kondisi kecepatan mobil konstanta 80 m/s. Hasil analisa aerodinamika menunjukkan nilai koefisien gesek Cd: 0,64, gaya drag sebesar 49,152 N dan koefisien drag rata-rata sebesar 0,66 seperti ditunjukkan pada gambar 3.



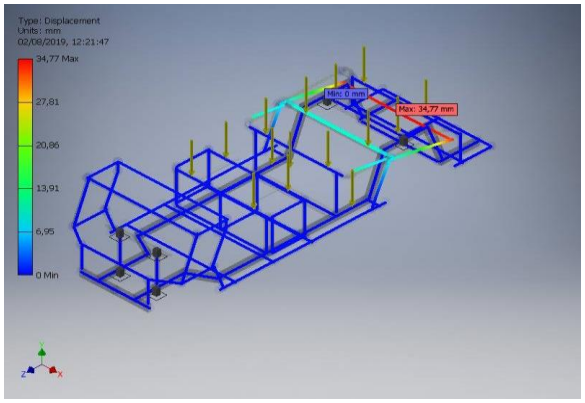
Gambar 3. Uji koefisien drag Mobil Listrik dengan autodesk inventor

c. Analisa pembebanan pada chasis Mobil Listrik

Analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan chasis dalam menopang beban pengemudi, penumpang, baterai, motor listrik serta beban secara keseluruhan yang ditanggung oleh chasis. Analisis yang dilakukan dengan autodesk inventor sebagai berikut:

1. Analisis beban penumpang dan pengemudi

Pada analisis ini menggunakan beban 6 penumpang dan pengemudi sebesar 350 Kg seperti ditunjukkan pada gambar 4. Pada gambar menunjukkan hasil analisis displacement dimana daerah yang berwarna biru menunjukkan displacement minimum sedangkan displacement maksimum ditunjukkan oleh daerah yang berwarna merah. Jika dilihat dari hasil analisis displacement maksimum terjadi disekitar pengemudi dimana jumlah beban cukup besar. Hasil pergeseran maksimum ditunjukkan dengan warna merah sebesar 34,77 mm dan tegangan minimum ditunjukkan dengan warna biru sebesar 0 mm. Hasil analisa ini menunjukkan terjadinya perbedaan displacement yang cukup signifikan di bagian depan kendaraan. Untuk mengatasi hal ini diperlukan bahan dan proses penyambungan dengan las SMAW yang kuat, untuk menghindari terjadinya patahan pada bagian chasis tersebut.



Gambar 4. Analisis beban penumpang dan driver menggunakan autodesk inventor

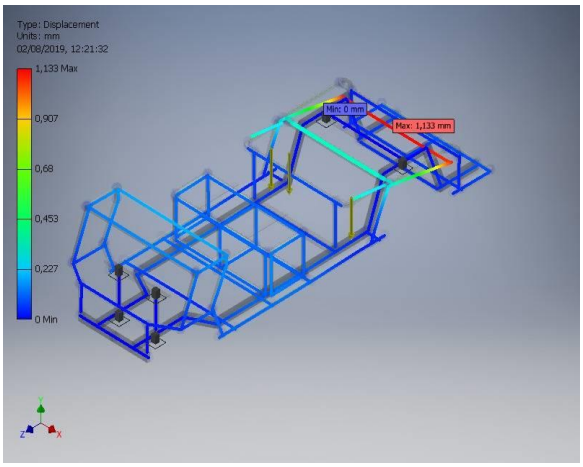
Berikut hasil analisis beban driver pada chasis :

Tabel 3. Hasil analisis beban penumpang dan driver dengan Autodesk inventor

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	34,777 mm
Forces	Fx	-2418,236 N	2542,662 N
	Fy	-1986,849 N	1461,682 N
	Fz	-2352,375 N	1182,188 N
Moments	Mx	-348430,339 N mm	306607,548 N mm
	My	-404579,759 N mm	412337,734 N mm
	Mz	-92960,126 N mm	88522,809 N mm
Normal Stresses	Smax	-1,896 MPa	225,631 MPa
	Smin	-252,533 MPa	1,236 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	94,791 MPa
	Smin(Mx)	-252,902 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	227,230 MPa
	Smin(My)	-227,230 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-5,283 MPa	4,603 MPa
Shear Stresses	Tx	-17,805 MPa	11,667 MPa
	Ty	-17,199 MPa	17,753 MPa
Torsional Stresses	T	-20,470 MPa	20,194 MPa

2. Analisis beban Baterai dan Motor listrik pada *chasis*

Pada rangka ini dilakukan analisis beban mesin sebesar 150 N. Terlihat pada gambar 5., menunjukkan daerah yang warna biru merupakan Displacement minimum sedangkan Displacement maksimum ditunjukan oleh daerah yang berwarna merah. Jika dilihat dari hasil analisis konsentrasi beban berada pada chasis disekitar rangka penyangga mesin menerima beban yang cukup besar. Hasil displacement maksimum ditunjukkan dengan warna merah sebesar 1,133 Nm dan tegangan minimum ditunjukkan dengan warna biru sebesar 0. Daerah yang berwarna merah menunjukkan stress yang cukup tinggi. Untuk mengantisipasi hal itu maka dalam proses pengelasan harus diperhatikan pada titik-titik sambungannya.



Gambar 5. Analisis beban baterai dan Motor listrik menggunakan autodesk inventor

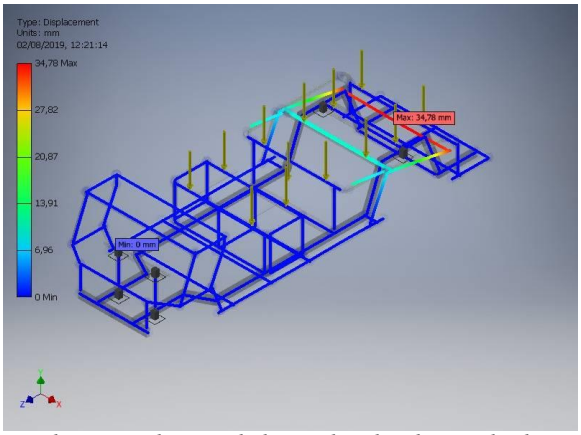
Berikut hasil analisis beban mesin pada chasis :

Tabel 4. Hasil analisis beban baterai dan motor listrik

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	1,133 mm
Forces	Fx	-662,185 N	662,153 N
	Fy	-409,909 N	288,652 N
	Fz	-497,725 N	322,983 N
Moments	Mx	-69543,838 N mm	31954,856 N mm
	My	-28899,056 N mm	28051,187 N mm
	Mz	-22816,346 N mm	22816,038 N mm
Normal Stresses	Smax	-0,403 MPa	8,789 MPa
	Smin	-9,813 MPa	0,473 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	5,324 MPa
	Smin(Mx)	-8,813 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	8,895 MPa
	Smin(My)	-8,895 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-0,489 MPa	0,753 MPa
Shear Stresses	Tx	-3,195 MPa	3,195 MPa
	Ty	-0,989 MPa	1,081 MPa
Torsional Stresses	T	-0,765 MPa	0,764 MPa

3. Analisis beban keseluruhan pada Chasis

Pada frame ini dilakukan analisis beban keseluruhan pada mobil listrik. Analisis stress yang terjadi akibat beban driver, passenger, baterai, motor listrik, dan sistem penggerak yang terdapat pada rangka. Seperti terlihat pada gambar 6, daerah yang warna biru merupakan displacement minimum sedangkan displacement maksimum ditunjukan oleh bidang berwarna merah. Hasil displacement maksimum ditunjukkan dengan warna merah sebesar 34,767 Nm dan displacement minimum ditunjukkan dengan warna biru sebesar 0. Perbedaan tegangan cukup besar hampir sama dengan beban penumpang dan pengemudi. Proses pembuatan chasis perlu memperhatikan daerah-daerah yang mempunya tegangan cukup tinggi.



Gambar 6. Analisa pembebanan keseluruhan pada chasis Mobil Listrik

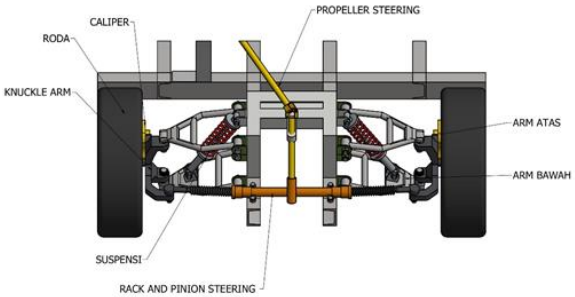
Berikut hasil analisis beban keseluruhan pada chasis:

Tabel 5. Analisis pembebanan keseluruhan pada chasis

Analisis pembebanan		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	34,767 mm
Forces	Fx	-2650,175 N	2774,585 N
	Fy	-2157,472 N	1462,474 N
	Fz	-2559,403 N	1279,833 N
Moments	Mx	-377855,157 N mm	306547,581 N mm
	My	-404579,780 N mm	412337,713 N mm
	Mz	-93078,318 N mm	88640,914 N mm
Normal Stresses	Smax	-1,880 MPa	225,633 MPa
	Smin	-252,470 MPa	1,207 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	94,773 MPa
	Smin(Mx)	-252,853 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	227,230 MPa
	Smin(My)	-227,230 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-5,296 MPa	4,614 MPa
Shear Stresses	Tx	-17,814 MPa	12,786 MPa
	Ty	-17,209 MPa	17,763 MPa
Torsional Stresses	T	-20,506 MPa	20,231 MPa

d. Rancangan Steering System

Rancangan Steering sistem ditampilkan pada gambar 7. Ketika steering wheel diputar oleh pengemudi, maka steering shaft akan berputar sehingga pinion pun juga ikut berputar. Putaran pada pinion ini membuat rack bergerak ke samping (baik ke kanan atau ke kiri) yang selanjutnya gerakan menyamping ini diteruskan menuju tie rod kemudian ke knuckle arm pada roda-roda depan sehingga salah satu sisi roda akan terdorong, dan sisi lainnya akan tertarik hal ini menyebabkan roda berbelok atau berputar ke arah yang sama.



Gambar 7. Rancangan sistem steering

e. Perhitungan Daya penggerak Mobil Listrik

Pada perancangan ini menggunakkan tegangan Aki: 48 Volt, arus yang dihasilkan motor listrik: 73,82 Ampere dan putaran dari motor adalah 157 rpm. Sehingga daya yang mampu dibangkitkan oleh mobil listrik ini adalah:

$$P = Ia.Ea$$
$$= 48v \,.\, 73{,}82A$$
$$= 3.548{,}16 \text{ watt } (3{,}54816 \text{ Kw})$$

Kecepatan sudut dari motor adalah:

$$\omega = \frac{2\pi . N}{60}$$
$$= \frac{2.3{,}14.1500}{60}$$
$$= 157 \text{ rpm}$$

Sehingga torsi motor adalah:

$$T = \frac{p}{\omega}$$
$$= \frac{3.548{,}16}{157}$$
$$= 22{,}59\ Nm$$

Torsi yang diperlukan untuk menggerakan mobil listrik: berat mobil total: 530 kg, diameter ban: 0,50 m, sehingga kecepatan linearnya adalah:

Kecepatan linier $= r \,.\, \omega$
$= 0{,}3 \,.\, 157$
$= 78{,}5$ m/s

Torsi minimal yang digunakkan untuk menggerakan mobil:

$$T = \frac{530}{78{,}5} = 6{,}75 \text{ Nm} < \text{Torsi motor listrik } (22{,}59 \text{ Nm})$$

Buletin Profesi Insinyur 0(0) (2019) 000–000
http://dx.doi.org/10.20527

Perhitungan daya mobil listrik:

$$P = \frac{\tau . N . 2 . \pi}{60}$$

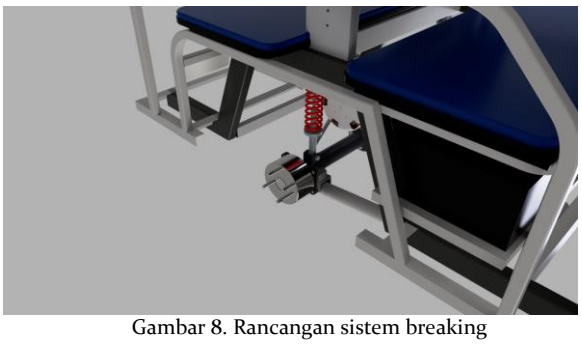
$$= \frac{6{,}75 . 1500 . 2 . 3{,}14}{60}$$

$$= 1.059{,}75 \text{ watt} < 3{,}5 \text{ kw (daya motor listrik)}$$

f. Rancangan *Breaking*

Konstruksi rem tromol memiliki dua buah kampas rem yang terletak dibagian dalam seperti ditunjukkan gambar 8. Dibagian luar kampas rem terdapat komponen berbentuk mangkuk yang kita kenal sebagai tromol rem. Arah gerakan rem tromol itu saling menjauhi, artinya saat rem ditekan maka dua buah kampas rem akan bergerak ke arah luar (saling menjauhi). Gerakan tersebut akan membuat kampas rem menekan permukaan dalam tromol rem. Sehingga terjadilah gesekan yang akan menghentikan putaran tromol dan roda.

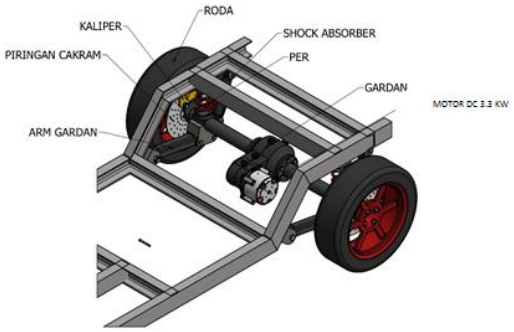
Alasan penggunaan rem tromol pada mobil listrik ini, yaitu: Lebih awet karena memiliki kampas rem yang lebar. Permukaan kampas rem lebar membuat daya pengereman cukup kuat serta lembut, sehingga cocok dipakai pada mobil berbobot besar lebih bersih (aman dari kotoran luar) karena sistem rem ini bersifat tertutup.



Gambar 8. Rancangan sistem breaking

g. Rancangan Motor Penggerak

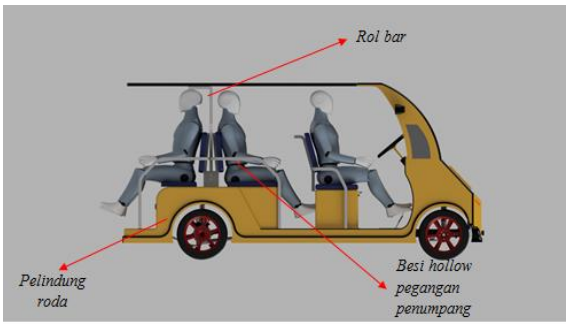
Penggerak roda belakang gambar 9, menggunakan Motor DC 3.300 Watt yang memiliki torsi yang besar dan perawatannya yang sangat mudah. Penggunaan gardan dengan rasio perbandingan 1:15 yang memiliki kecepatan maksimal 20km/jam. Dengan torsi diawal yang melimpah dengan meminimalkan suplai daya dari baterai yang dikonversi menjadi energi mekanik ke gardan agar konsumsi daya menjadi sedikit/hemat. Karena konsep awal dari mobil listrik ini adalah mengejar efisiensi dari konsumsi daya, sehingga tidak terlalu mengutamakan kecepatan, melainkan efisiensinya.



Gambar 9. Rancangan motor penggerak

h. Rancangan *Safety*

Pada rancangan *safety* digunakan *besi hollow* untuk keamanan pengendara, sehingga penumpang tidak akan terjatuh keluar dari mobil. Konstruksi dari safety di pasang pada kursi penumpang sebelah kanan dan kiri dan kursi driver seperti ditunjukkan pada gambar 10. Kecepatan dari mobil ini juga tidak terlalu cepat, karena faktor keamanan, kenyamanan dan keindahan menjadi alasan utama dari pembuatan mobil tersebut.



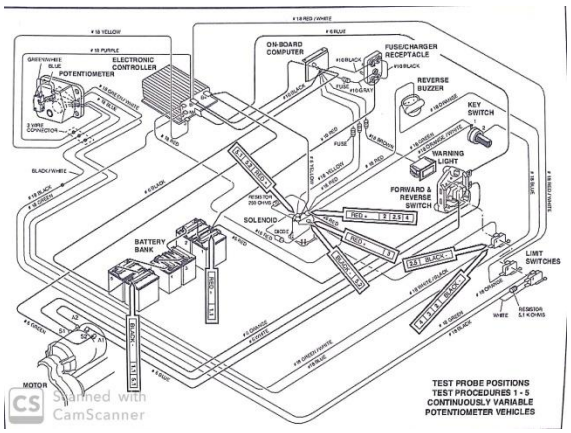
Gambar 10. Rancangan keamanan mobil

i. Diagram Kelistrikan

Bagian-bagian penting dari diagram kelistrikan ditunjukan pada gambar 11. Fungsi dari masing-masing komponen adalah: Potentiometer berfungsi sebagai untuk mengendalikan peranti elektronik seperti pengendali suara pada penguat, Controller Electric untuk mengatur torsi yang dihasilkan oleh mobil kendaraan listrik, Electric Motor untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

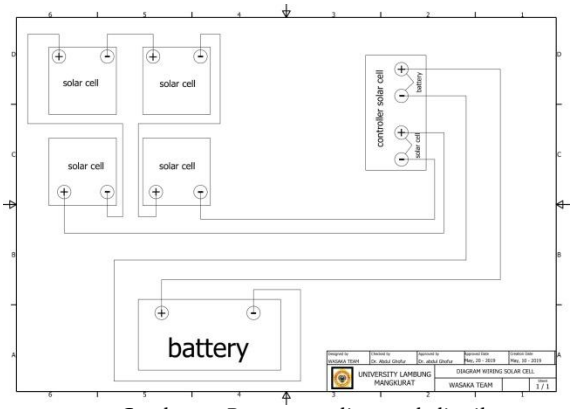
Bagian komponen yang lain adalah Charger Port untuk memudahkan menyambungkan arus kelistrikan, Solenoid sebagai komponen yang mengalirkan listrik dengan menggunakan arus yang besar tetapi dengan kendali listrik yang memiliki arus relatif kecil, Battery berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh solar cell, Key Switch berfungsi untuk menghidupkan mobil, Battery Indicator perangkat yang memberikan informasi tentang baterai, Forward Reverse Switch berfungsi untuk membalikan arah putaran, Solar cell berfungsi untuk Mengkonversi energi panas dari radiasi matahari menjadi energi listrik dan Controller Solar Cell Untuk mengatur arus yang masuk serta mengkontrol berapa daya yang diserap dan dikonsumsi oleh mobil tersebut.

Buletin Profesi Insinyur 0(0) (2019) 000–000
http://dx.doi.org/10.20527



Gambar 11. Diagram kelistrikan penggerak

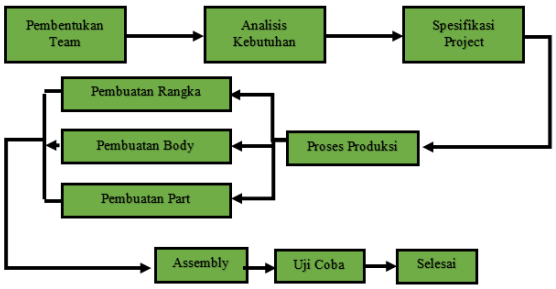
Gambar 12, menunjukkan diagram wiring solar cell, dimana hasil energi matahari diubah menjadi energi listrik kemudian disimpan pada batere yang penggunaanya di atur oleh Controller Solar Cell. Solar cell ini dipasang di atap mobil berfungsi untuk menangkap energi matahari sekaligus sebagai pelindung.



Gambar 12. Rancangan diagram kelistrikan

j. Produksi Mobil Listrik

Tahapan dari produksi mobil listrik gambar 13 dimulai dengan, pembentukan team pelaksana proses produksi, analisis kebutuhan, spesifikasi project, proses produksi meliputi: pembuatan rangka, perakitan bodi dan pembuatan part. Setelah selesai proses produksi dilanjutkan dengan perakitan (assembly) dan dilakukan proses uji coba.



Gambar 13. Diagram alir tahapan produksi Mobil listrik

1. Proses pembuatan rangka utama:

Pembuatan rangka utama dimulai dengan menyiapkan bahan rangka baja Hollow ukuran 4 x 6, dengan ketebalan 3 mm dan besi siku ukuran 4 x 4, kemudian dilakukan penyambungan dengan menggunakan las SMAW. Proses pengelasan pada rangka utama di tunjukkan pada gambar 14a, proses pengelasan pada kursi kemudi depan 14b, pengelasan pada kursi penumpang 14.c, dan pemberian cat dasar (epoxy) terhadap rangka untuk menjaga korosi 14.d.



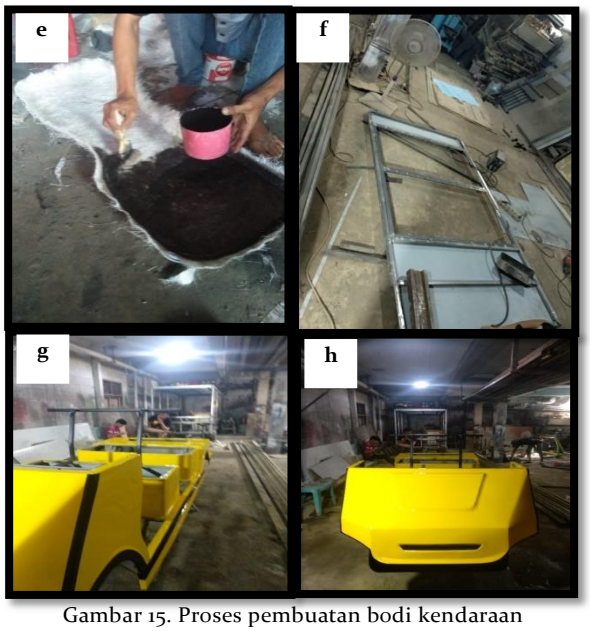
Gambar 14. Proses pembuatan rangka utama

2. Proses pembuatan bodi:

Proses ini meliputi, pemasangan bodi pada rangka 15.a, pendempulan dan pengecatan dasar 15.b, pengamplasan/penggosokan 15.c, dan penghalusan bodi kendaraan 15.d, mencetak sandaran kursi dengan fiber glass 15.e.

Dilanjutkan dengan 15.e, pencetakan sandaran kursi dengan fiber glass, 15.f, pembuatan rangka atap (tempat dudukan solar cell), 15.g dan 15.h, memvernis pada seluruh permukaan bodi. Proses ini dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan hasil yang memuaskan.

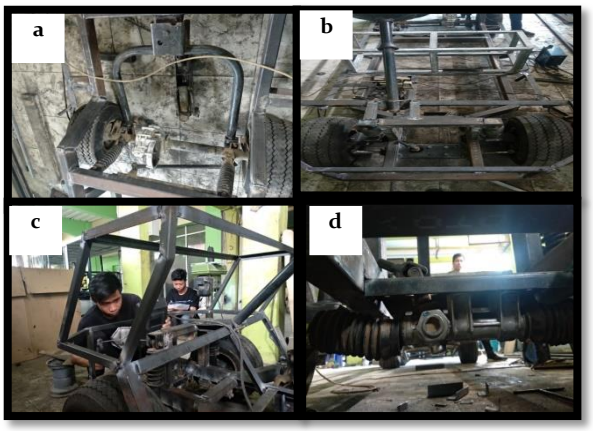




Gambar 15. Proses pembuatan bodi kendaraan

3. Proses pemasangan part:

Proses pemasangan part dimulai dengan pemasangan sistem penggerak belakang (gardan) 16.a/16.b, memasang sistem Steering 16.c, memasang Shock Absorber 16.d.

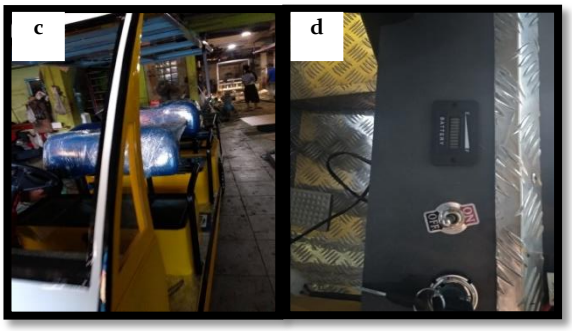


Gambar 16. Proses pemasangan part pada rangka

k. Proses Assembly

Proses ini meliputi: wiring solar cell 17.a, pemasangan 17.b/ 17.c kursi, pemasangan sensor indikator baterai 17.d.





Gambar 17. Proses assembly pada kendaraan

Pada tabel 6, ditampilkan data teknis dari Solar cell yang digunakan pada motor listrik sebagai sumber tenaganya.

Tabel 6. Data teknik Solar cell

No.	Data	Kapasitas
1.	Max. Power (Pmax)	200W
2.	Max. Power Voltage (Vmp)	17.5V
3.	Max. Power Current (Imp)	5.71A
4.	Open Circuit Voltage (Voc)	21V
5.	Short Circuit Current (Isc)	6.4A
6.	Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	45±2°C
7.	Max. System Voltage	1000V
8.	Max. Series Fuse	16A
9.	Weight	7.55Kg
10.	Dimension	1085 x 675 x 25 mm

l. Uji coba

Keberhasilan dalam pembuatan mobil listrik didukukung oleh pemilihan komponen-komponen terbaik yang mendukung. Komponen-komponen mobil yang digunakan ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi komponen-komponen Mobil Listrik

No.	**Komponen mesin**	**Data teknis**
1.	Motor	Motor DC 48 V DC 3.3 KW / 250 A, bertenaga, performa traksi yang superior, kebisingan rendah, kapasitas overload, umur pemakaian yang panjang.
2.	Kontroller	Automatic Controller dengan Potensiometer
3.	Baterai	Baterai Trojan perawatan bebas 8V / 165Ah * 6 pcs
4.	Atap	Lapisan Fiber dengan rangka dari Hollow
5.	Body	Plat Galvanis yang dibentuk sedemikian rupa
6.	Kaca Depan	Kaca Mika
7.	Tempat Duduk	Kulit Sintetis dengan busa yang empuk dan base chair dari fiber

8.	Kaca Spion	3 buah, spion eksterior manual, pemahaman menyeluruh tentang kondisi jalan
9.	Pengecatan	Pengecatan dengan warna premium yang ditembakan oleh kompressor
10.	Ban	18x8.50 Ring 8
11.	Frame	Rangka Hollow
12.	Charger	Pulsa efisiensi tinggi otomatis, Output: 48V / 18 A, Input AC 220V / 50HZ
13.	Kapasitas Penumpang	6 Penumpang
14.	Kecepatan Maksimum	25 km/jam
15.	Jarak Tempuh	80 km
16.	Kemampuan Memanjat (loaded)	≤0,30
17.	Jarak Pengereman	≤4m
18.	Min. Turning Radius	5m
19.	Min Clearance	150mm
20.	Waktu Isi Ulang	8 ~ 10 hour
21.	Solar Cell	200 WP

Gambar 18, adalah hasil mobil listrik yang sudah selesai diproduksi. Warna bodi kuning yang sudah dilengkapi dengan dudukan sebanyak 6 penumpang dilengkapi dengan kursi pengemudi. Bagian atas dilengkapi dengan atap solar cell.



Gambar 18. Hasil pembuatan mobil listrik bertenaga Solar cell

Keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh mobil listrik hasil rancangan ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Keunggulan Teknis Mobil listrik

No.	Komponen	keunggulan
1.	Pengontrol	Kontrol elektronik pendukung khusus dan sistem pengubah kecepatan tanpa stepless, pengendali memiliki suhu yang lebih rendah, arus kontrol yang lebih besar, motor yang lebih stabil, lebih bertenaga, dan memainkan efisiensi motor yang paling tinggi.
2.	Baterai	Kapasitas besar baterai daya dalam siklus, keamanan yang baik, umur panjang, masa kerja yang tinggi.
3.	Atap	Langit-langit baja khusus baja golf, tahan air dengan tambahan Panel Surya untuk penggunaan energi yang Re-useable yang berlangsung secara continu.
4.	Tubuh	Kaca serat berefek tinggi, bodinya super kuat, tahan korosi, umur panjang bahan plastik diperkuat serat gelas otomotif, cantik dan tahan lama, ringan dan kelebihan unik lainnya.
5.	Kaca Depan	See-through Laminated glass, kaca depan golf spesial.
6.	Motor	Performa traksi yang superior, kebisingan rendah, kapasitas overload, umur pemakaian yang panjang dengan perawatan yang mudah.
7.	Kursi	Dua baris ke arah depan, kain kulit imitasi + PU rebound tinggi, dengan pegangan tangan, dan tahan air serta tampilan yang modern.
8.	Pengecatan	Seluruh mobil menggunakan cat profesional komputer kelas mobil, cat, peralatan penyemprotan.
9.	Ban	Roda Paduan Khusus Golf, Vacuum Tire.
10.	Frame	Rangka Hollow 3x3 dengan cat tahan karat dengan perpaduan besi U. Menggunakan sistem rangka tangga yang lebih kuat, rigid, dan ringan.
11.	Pengemudian	Rak reduksi dan pinion tunggal, Mengadopsi mesin kemudi mobil untuk menyesuaikan jarak secara otomatis. Pencocokan mekanisme trapesium yang sempurna, rotasi tanpa sudut yang mati, arah lebih ringan.
12.	Suspensi Depan	As roda depan dan suspensi adalah suspensi independen dari kejutan hidrolik Silinder.
13.	Suspensi Belakang	As roda belakang merupakan poros belakang tipe integral, awet dan handal. Suspensi daun pegas belakang, shock absorber hidrolik silinder bisa menghasilkan bobot

		lebih
14.	Sistem Pencahayaan	2 lampu depan, 2 sinyal belokan depan, 2 sinyal belok belakang dan 2 lampu rem belakang
15.	Dashboard	Dilengkapi dengan kunci pintu listrik mewah, meteran listrik
16.	Sistem Rem	Pengoperasian yang sangat sederhana dengan tingkat keamanan yang tinggi. Penggunaan sistem hidrolik yang sama dengan mobil konvensional
17.	Solar Cell	Menggunakan energi dari matahari semakin membuat mobil listrik ini ramah lingkungan dan Re-Newable Energy

Uji coba mobil ini dilakukan langsung oleh Rektor Universitas Lambung Mangkurat dengan rute mengelilingi gedung Auditorium ULM Banjarbaru.



Gambar 19. Uji coba mobil listrik pertama oleh Rektor Universitas Lambung Mangkurat (Prof. Sutarto Hadi)

m. Kesimpulan

Untuk menciptakan mobil yang hemat energi dilakukannya berbagai macam riset dan penelitian dengan data yang akurat. Pemilihan material dalam pembuatan unit mobil listrik merupakan hal yang penting, penggunaan material besi hollow untuk chasis mempunyai banyak kelebihan diantaranya harganya yang murah, untuk kualitasnya lebih bagus dari besi biasanya, bobot lebih ringan dan mudah diaplikasikan.

Penggunaan plat galvanis sebagai body dari mobil listrik juga memiliki berbagai kelebihan, diantaranya mudah untuk dibentuk sesuai dengan desain, prosesnya yang cepat, dan lebih ringan. Dengan bentuknya yang aerodinamis, unit mobil listrik mampu membuat gesekan body dengan angin menjadi lebih kecil, dengan koefisien drag 49,152 N.

Untuk membuat unit mobil listrik memiliki gesekan yang minim adalah dengan mengganti bearing yang ada dengan menggunakan bearing yang minim akan gesekan. Penggunaan sistem penggerak menggunakan gardan dengan perbandingan rasio 1:15 yang diterapkan pada as roda belakang bertujuan untuk mengurangi beban mesin untuk bekerja.

Dengan cara kerja ketika mesin mengalami akselerasi as roda belakang akan berputar bersamaan dengan rodanya, tetapi ketika mesin mengalami disakselerasi as roda akan berhenti berputar, hanya roda saja yang berputar. Sehingga, konsumsi daya akan menjadi lebih hemat dan efisien dikarenakan kerja mesin yang tidak berat. Dengan harapan terciptanya mobil listrik yang ramah lingkungan untuk mewujudkan Universitas Lambung Mangkurat yang berbasis Eco-Green.

n. Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

- Bapak Prof. Dr. H. Sutarto Hadi, M.Si., M.Sc (Rektor Universitas Lambung Mangkurat) yang telah memberi fasilitas dan dukungan dana dalam proyek Mobil Listrik ini, serta memberikan beasiswa untuk Program Profesi Insinyur (PPI).
- Bapak Dr. Bani Nurmuchamad, ST., MT. (Dekan Fakultas Teknik Universitas lambung Mangkurat) yang telah memberikan tugas untuk membimbing mahasiswa teknik mesin dalam proyek Mobil listrik ini.

k. Referensi

Marlia Adriana, Anggun Angkasa B.P, Masrianor, 2017, Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang, Jurnal Elemen Volume 4 Nomor 2, Desember 2017.

Reza Arif Syaifulah, Hardhani Eko Kurniawan, Bagus Priyohandoko, 2012, Mobil Listri 'ZEON' (Zero Pollution) Sebagai Sarana Wisata di Ekowisata Manggrove Wonorejo, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

Lilis Setiono, 2016, PERANCANGAN MEKANIKA DAN REALISASI KONTROL MOBIL LISTRIK, ISSN : 2355-9365 e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.3 December 2016 | Page 4669.

Bambang Setyono, Setyo Gunawan, 2015, PERANCANGAN DAN ANALISIS CHASSIS MOBIL LISTRIK "SEMUT ABANG" MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PRO 2013, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015 ISBN 978-602-98569-1-0 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Marzuki, M. A. B., Abu Bakar, M. A., Mohammed Azmi, M. F. (2015). Designing space frame race car chassis structure using natural frequencies data from ansys mode shape analysis. International Journal of Information Systems and Engineering, 3 (1), 54–63. doi: https://doi.org/10.24924/ijise/2015.11/v3.iss1/54.63.

Nugroho, U., Anis, S., Kusumawardani, R., Khoiron, A. M., Maulana, S. S., Irvandi, M., Mashdiq, Z. P. (2018). Frame Analysis of UNNES Electric Bus Chassis Construction

Using Finite Element Method. Engineering International Conference (EIC2017) AIP Conf. Proc., 1941, 020017-1–020017-4. doi: https://doi.org/10.1063/1.5028075.

Taufik, A. Z., Rashid, N., lan, M., Faruq, M., Zahir, M. (2014). Electric car chassis design and analysis by using CATIA V5 R19. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 11 (4), 56–69. doi: https://doi.org/10.9790/1684-11435669.

Wang, H., Tan, K. H., Yang, B., Peng, J. (2017). 15.04: Parametric study on steel beams with fin-plate joints under falling floor impact. Ce/papers, 1 (2-3), 3910–3919. doi: https://doi.org/10.1002/cepa.447.

Belingardi, G., Obradovic, J. (2010). Design of the Impact Attenuator for a Formula Student Racing Car: Numerical Simulation of the Impact Crash Test. Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, 4 (1), 52–65.

Rudi Siswanto, Rachmat Subagyo, Hajar Isworo, Femiana Gapsari, Modeling Analysis of the Effect of the Main Rollhoop Length on the Strength of Formula Student Chassis, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 4/7 (100) 2019, DOI: 10.15587/1729-4061.2019.162833.