

PEMBUATAN MOBIL LISTRIK UNTUK KOMPETISI TINGKAT NASIONAL

**Antonius Krisbiyanto Pria Utama^{1*}, Bisma Cahya Wisnu Aji²,
Daffa Naufal Nugraha³, Vincent Kenzo Jovani⁴, Eko Purwanto⁵, Anggy Yuandari⁶**

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email : eko.purwanto@atmi.ac.id

Abstrak

Politeknik ATMI Surakarta merupakan institusi pendidikan yang selalu mengikuti perkembangan jaman, namun pada kenyataannya Politeknik ATMI Jurusan Teknik Mekatronika sudah lama tidak mengikuti perlombaan. Mahasiswa Politeknik ATMI Jurusan Teknik Mekatronika kemudian membuat mobil listrik untuk mengikuti Kontes Mobil Listrik Indonesia (KMLI) di Politeknik Negeri Bandung. Spesifikasi mobil listrik yang dibutuhkan antara lain menggunakan motor listrik dengan total daya maksimum 2000 Watt, baterai dengan kapasitas total 2,2 kWh, dimensi lebar mobil 120 cm – 140 cm, dan berat minimal mobil kosong 125 kg. Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat mobil listrik yang akan diikuti KMLI serta menghitung koefisien gesek sistem. Komponen utama yang digunakan pada mobil listrik adalah 4 motor BLDC masing-masing 500 Watt, 4 driver motor BLDC masing-masing 500 Watt, baterai lithium-ion 18650 sebanyak 156 buah masing-masing 2000 mAh dengan kapasitas total 1154,4 kWh, dimensi lebar mobil 128,5 cm, dan berat mobil kosong 95 kg. Sistem kerja mobil listrik yaitu baterai mendistribusikan tegangan ke 4 driver motor BLDC yang kemudian diteruskan untuk menggerakkan 4 motor BLDC secara bersamaan dengan sinyal analog dari pedal gas. Mobil listrik berhasil berfungsi dengan kecepatan maksimal 23 km/jam, akselerasi maksimal $0,246 \text{ m/s}^2$, dan jarak tempuh maksimal 1,8 km serta koefisien gesek sistem sebesar 0,034.

Kata kunci : mobil listrik, motor BLDC, driver motor BLDC, baterai lithium-ion

1. PENDAHULUAN

Politeknik ATMI Surakarta adalah institusi pendidikan yang selalu mengikuti perkembangan jaman, namun pada kenyataannya Politeknik ATMI Surakarta jurusan mekatronika melakukan pengelolaan kegiatan perlombaan-perlombaan nasional yang sudah lama tidak diikuti. Perlombaan nasional terakhir yang dimenangkan oleh jurusan Teknik Mekatronika adalah lomba PLC tingkat nasional yang diadakan di ITB pada tahun 2013.

Setiap tahun selalu diadakan Kontes Mobil Listrik Indonesia di Politeknik Negeri Bandung. Lomba yang diadakan oleh Politeknik Negeri Bandung ini akan diikuti oleh Politeknik ATMI Surakarta. Mobil listrik digunakan untuk mengikuti perlombaan yang diadakan oleh Politeknik Negeri Bandung dengan spesifikasi antara lain motor listrik dengan total daya maksimum 2000 Watt, baterai dengan kapasitas total 2,2 kWh, dimensi lebar mobil 120 cm – 140 cm, dan berat minimal mobil kosong 125 kg. Mobil listrik ini akan dibuat oleh Mahasiswa Politeknik ATMI Surakarta Program Studi Mekatronika agar dapat mengikuti lomba-lomba mobil listrik yang akan diadakan.

Mobil listrik dibuat untuk memenangkan perlombaan-perlombaan yang akan diikuti oleh Politeknik ATMI Surakarta, untuk itu mobil listrik yang dibuat harus memiliki keunggulan. Mobil listrik ini akan dibuat dengan keunggulan yaitu penggunaan 4 motor listrik BLDC yang akan ditempatkan di masing-masing roda. Mobil listrik akan melaju lebih seimbang karena penggunaan motor dimasing-masing roda akan membuat torsi pada setiap roda menjadi sama. Mobil listrik yang dibuat oleh mahasiswa ini diharapkan dapat membuat Politeknik ATMI Surakarta dapat melewati berbagai kategori yang diperlombakan dalam Kontes Mobil Listrik Indonesia seperti :

- Kategori Percepatan
- Kategori Pengereman
- Kategori Parkir

- Kategori Slalom
- Kategori Daya Tanjak

2. METODOLOGI

Proses penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian dan juga membutuhkan alat dan bahan yang menunjang proses dari penelitian tersebut.

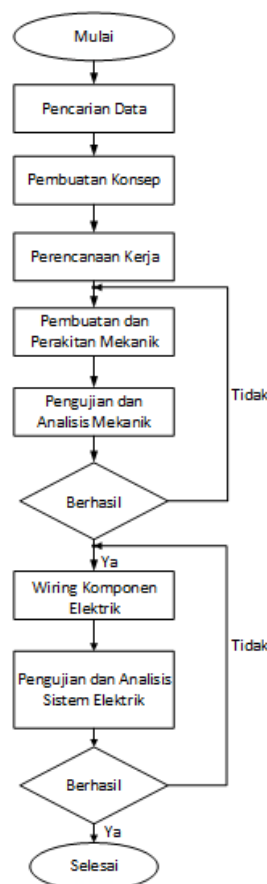
2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran dari metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kualitatif menggunakan data yang diambil melalui wawancara, observasi lapangan, atau dokumen yang sudah ada. Data tersebut digunakan dalam proses perancangan produk serta proses pembuatan.

Penelitian dengan metode kuantitatif adalah suatu penelitian dimana data yang diperoleh berupa angka-angka (*score*, nilai) yang biasanya digunakan untuk membuktikan suatu teori. Penelitian ini dilaksanakan pada proses pengujian pada produk dan mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Data tersebut akan digunakan untuk menunjang proses pengembangan dari produk.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dari penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pengerjaan yang ditunjukkan melalui *flowchart* pada gambar 1.

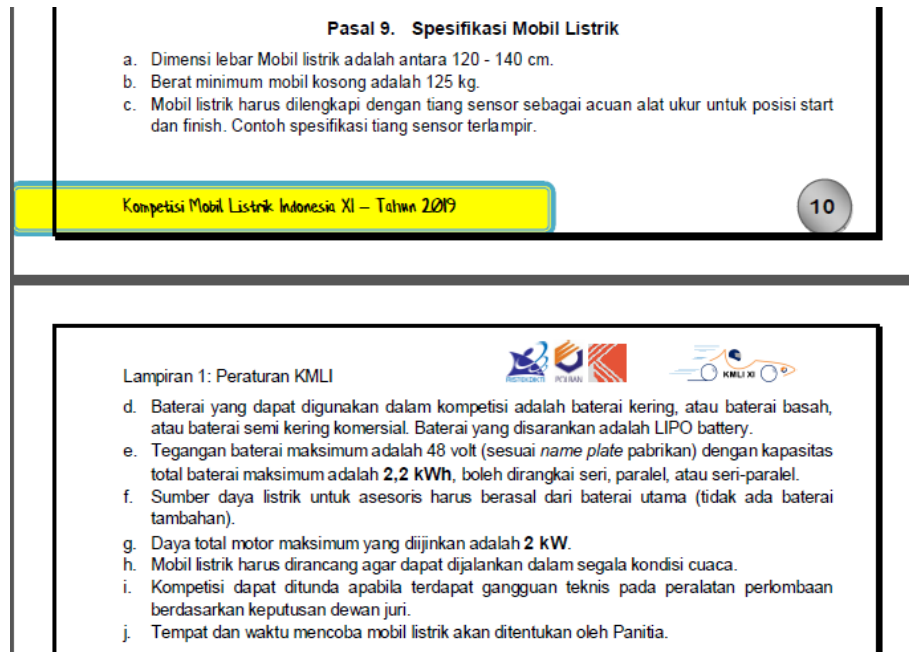


Gambar 1. Gambar *Flowchart* Pengerjaan

2.2.1. Pencarian Data

Tahap pencarian data dilakukan dengan mengumpulkan informasi yang mendukung proses pembuatan produk. Langkah pertama adalah melakukan identifikasi masalah. Hasil identifikasi masalah yang dapat dirumuskan adalah Politeknik ATMI Surakarta membutuhkan

sebuah mobil listrik yang akan digunakan untuk mengikuti Kontes Mobil Listrik Indonesia (KMLI). Perumusan masalah tersebut dilakukan untuk menentukan tujuan dari permasalahan yang dapat diselesaikan yaitu membuat mobil listrik yang sesuai dengan *requirement list* dari KMLI.



Gambar 2. Gambar Requirement List

Spesifikasi yang dibutuhkan untuk mengikuti Kompetisi Mobil Listrik Indonesia diantaranya adalah : Tegangan baterai maksimum 48 V, total maksimum baterai 2,2 kWh, daya total motor 2kW serta berat minimum mobil tanpa pengemudi adalah 125 kg.

2.2.2. Pembuatan Konsep

Pembuatan konsep merupakan tahapan yang dilakukan setelah pencarian data selesai dilakukan. Tahapan ini dilaksanakan dengan melakukan perencanaan konsep pada mobil listrik. Konsep tersebut meliputi sistem mekanik, sistem elektrik serta simulasi sistem secara keseluruhan.

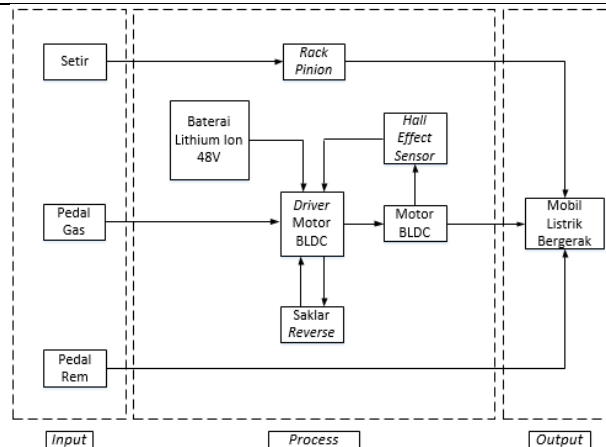
2.2.2.1. Desain Rangka Keseluruhan



Gambar 3. Desain Rangka Keseluruhan

Desain rangka ini merupakan gabungan dari seluruh *part* mekanik yang telah dibuat dengan *part stock* yang dibutuhkan yaitu kursi pengemudi, *shockbreaker*, setir, *rod end*, pedal gas, pedal rem, roda, *velg* dan juga beberapa komponen elektrik yaitu : motor dan *driver motor*. Sistem *steering* pada mobil listrik ini menggunakan sistem *steering linkage* yaitu terdiri dari *rod end* dan *arm* yang meneruskan tenaga gerak dari *rack pinion* ke roda depan.

2.2.2.2. Sistem Secara Keseluruhan



Gambar 4.Desain Rangka Keseluruhan

2.2.3. Perencanaan Kerja

Tahap perencanaan kerja merupakan tahapan yang harus dilakukan sebelum memulai pembuatan mobil listrik. Tahap ini meliputi persiapan dalam pembuatan sistem mekanik maupun sistem elektrik. Hal tersebut dilakukan dengan menentukan *part* dan komponen yang dibutuhkan sehingga sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir mobil listrik.

2.2.4. Pembuatan dan Perakitan

Pembuatan dan perakitan dilakukan setelah semua tahapan perencanaan dilakukan dengan baik. Tahap ini dilakukan dengan mengerjakan sistem mekanik mobil listrik. Sistem mekanik meliputi pengerjaan rangka mobil listrik, perakitan roda, pembuatan *base* mobil, dan pembuatan bodi dari mobil. Perakitan dilanjutkan dengan pengerjaan sistem elektrik yang meliputi *wiring* baterai dengan *pcb*, *driver* serta *motor BLDC*.

2.2.5. Pengujian dan Analisis

Pengujian dan analisis merupakan tahapan menganalisis data yang diperoleh dari sistem pembuatan mekanik dan elektrik mobil listrik dengan dilakukannya pengujian. Hasil data yang diperoleh akan dibandingkan dengan target data yang akan dicapai. Tahap pembuatan dan perakitan dapat dilakukan kembali saat hasil pengujian dan analisis belum sesuai dengan target.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari beberapa pengujian terhadap mobil listrik yang meliputi pengujian kecepatan maksimal, akselerasi, jarak tempuh dan sudut belok.

3.1. Pengujian Kecepatan Maksimal

Pengujian kecepatan maksimal mobil listrik dengan menggunakan aplikasi speedometer. Aplikasi ini digunakan untuk mengukur kecepatan maksimal mobil listrik saat sedang diuji. Pengujian kecepatan maksimal menggunakan 3 motor karena ada masalah pada motor 4 sehingga motor 4 dinonaktifkan dalam pengujian dan menggunakan baterai dengan kapasitas 1154,4 Wh. Data pengujian kecepatan maksimal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel Kecepatan Maksimal

No	Tegangan Baterai	Kecepatan Maksimal
1	49,0 V	23 km/jam
2	48,9 V	17,4 km/jam
3	48,8V	15,7 km/jam
4	48,6 V	16,8 km/jam
5	48,5 V	17,4 km/jam
6	48,3 V	14,1 km/jam

Kecepatan maksimal yang dapat dihasilkan mobil listrik adalah 23 km/jam. Kecepatan maksimal mobil listrik saat ini belum mencapai kecepatan mobil listrik pemenang KMLI 2019 yang memiliki kecepatan mobil 80 km/jam.

3.2. Pengujian Akselerasi

Pengujian akselerasi mobil listrik menggunakan aplikasi seperti pada pengujian kecepatan yaitu aplikasi. Pengujian akselerasi menggunakan 3 motor karena ada masalah pada motor 4 sehingga motor 4 dinonaktifkan dalam pengujian dan menggunakan baterai dengan kapasitas 1154,4 Wh. Data pengujian akselerasi mobil listrik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Tabel Pengujian Akselerasi

No	Kecepatan Maksimal	Waktu	Akselerasi
1	23 km/jam	26 s	0,246 m/s ²
2	17,4 km/jam	26 s	0,186 m/s ²
3	15,7 km/jam	30 s	0,145 m/s ²
4	16,8 km/jam	28 s	0,167 m/s ²
5	17,4 km/jam	29 s	0,167 m/s ²
6	14,1 km/jam	33 s	0,119 m/s ²

Tabel pengujian akselerasi menunjukkan akselerasi mobil listrik pada setiap pengujian. Akselerasi maksimal pada mobil listrik adalah 0,246 m/s². Akselerasi maksimal mobil listrik saat ini masih kurang jika dibandingkan dengan pemenang KMLI 2019 yang memiliki akselerasi maksimal 4,2 m/s².

3.3. Pengujian Jarak Tempuh

Pengujian jarak tempuh dilakukan dengan cara mengukur jarak yang dapat ditempuh mobil listrik. Pengujian jarak tempuh menggunakan kapasitas baterai 1154,4 Wh, berat mobil 95 Kg, dan beban dari pengemudi sebesar 65 Kg. Hasil dari pengujian yang dilakukan mendapatkan hasil mobil listrik dapat bertahan dengan jarak tempuh 1,8 Km.

3.4. Pengukuran Sudut Belok

Sudut belok mobil merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kemampuan manuver mobil dalam kategori perlombaan slalom dan parkir. Pengukuran sudut belok dilakukan saat posisi 0° dan saat kondisi belok maksimal. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Pengukuran Sudut Belok Saat 0°



Gambar 6. Pengukuran Sudut Belok Saat Maksimal

Sudut belok maksimal mobil listrik adalah 6° pada bagian kanan maupun kiri mobil. Kondisi tersebut menyebabkan mobil listrik belum dapat berbelok secara maksimal. Pengembangan yang dapat dilakukan adalah memperbesar sudut belok menjadi 36° yang mengambil referensi dari sudut belok tim mobil listrik Garuda. Cara memperbesar sudut beloknya adalah dengan penempatan *upright component* yang mendekati poros dari roda.

3.5. Perhitungan Koefisien Gesek Mobil

Perhitungan koefisien gesek sistem dilakukan untuk mengetahui koefisien gesek antara roda dengan lintasan. Koefisien gaya gesek sistem dihitung menggunakan data-data yang sudah diambil pada pengujian sebelumnya yaitu kecepatan, percepatan, tegangan baterai, arus baterai, dan berat total mobil. Hasil perhitungan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

3.5.1. Rumus Torsi Beban

$$T_L = f \times r$$

Rumus 1. Rumus Torsi Beban

Keterangan : T_L : torsi beban (Nm)

f : gaya hambat (N)

r : jari jari beban (m)

3.5.2. Rumus Torsi Akselerasi

$$T_a = J \times a$$

Rumus 2. Rumus Torsi Akselerasi

Keterangan : T_a : torsi akselerasi (Nm)

J : momen inersia beban (kgm^2)

a : akselerasi mobil (m/s^2)

3.5.3. Rumus Daya Baterai

$$P = V \times I$$

Rumus 3. Rumus Daya

Keterangan : P : Daya (Watt)

V : Tegangan (V)

I : Arus (A)

3.5.4. Rumus Konversi Kecepatan ke RPM

$$N = \frac{25}{3\pi \times r} \times v$$

Rumus 4. Rumus Konversi Kecepatan ke RPM

Keterangan : v : Kecepatan (km/jam)

r : Jari-jari Roda (m)

N : Rotasi Per Menit (rpm)

3.5.5. Rumus Torsi Total Motor

$$T_{Total} = \frac{P \times 60}{2\pi \times N}$$

Rumus 5. Total Torsi Motor

Keterangan : P : Daya (Watt)

V : Tegangan (V)

I : Arus (A)

3.5.6. Data perhitungan dari Mobil Listrik :

a) Gravitasi Bumi	: 9,8 m/s ²
b) Massa total Mobil	: 160 kg
c) Massa rangka total	: 136 kg
d) Massa Pengemudi	: 65 kg
e) Massa roda	: 4 x 6 kg
f) Diameter roda	: 0,47 m
g) Jari-jari Roda	: 0,235 m
h) Kecepatan Mobil	: 23 km/jam
i) Percepatan Mobil	: 0,246 m/s ²
j) Efisiensi Motor	: 0,85
k) Tegangan Baterai	: 49 V
l) Arus Terpakai Baterai	: 8,06 A

3.5.7. Perhitungan

- a) Daya Baterai
- $$P = V \times I$$
- $$= 49 \times 8,06$$
- $$= 394,94 \text{ Watt}$$
- b) Konversi Kecepatan Ke RPM
- $$N = \frac{25}{3\pi \times r} \times v$$
- $$= \frac{25}{3\pi \times 0,235} \times 23$$
- $$= 259,61 \text{ Rpm}$$
- c) Total Torsi Motor
- $$T_{Total} = \frac{P \times 60}{2\pi \times N}$$
- $$= \frac{394,94 \times 60}{2\pi \times 259,61}$$
- $$= 14,53 \text{ Nm}$$
- d) Torsi Akselerasi
- $$T_a = J \times a$$
- $$= (J_{roda} + J_{Mobil}) \times a$$
- $$= (4 \times \frac{1}{8} \times m_{roda} \times r^2 + m_{rangka} \times r^2) \times 0,246$$
- $$= (4 \times \frac{1}{8} \times 6 \times 0,235^2 + 136 \times 0,235^2) \times 0,246$$
- $$= 1,89 \text{ Nm}$$
- e) Torsi Beban
- $$T_{Total} = T_L + T_a$$

$$14,53 = T_L + 1,89$$

$$T_L = 12,64 \text{ Nm}$$

f) Koefisien Gesek Sistem

$$T_L = f \times r$$

$$12,64 = (m \times g \times \mu) \times r$$

$$12,64 = (160 \times 9,8 \times \mu) \times 0,235$$

$$\mu = 0,034$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dapat diambil setelah melakukan pengujian dan menganalisis data yang diperoleh dari pengujian. Setelah melakukan pengujian dan menganalisis data yang diperoleh maka terdapat perbandingan spesifikasi lomba mobil listrik dengan spesifikasi produk yang telah dibuat saat ini yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Tabel Perbandingan Spesifikasi Lomba dan Spesifikasi Produk

Jenis Spesifikasi	Spesifikasi Lomba	Spesifikasi Produk
Daya Motor	2000 Watt	2000 Watt
Kapasitas Baterai	2200 Wh	1154,4 Wh
Dimensi	120 - 140 cm	129,9 cm
Berat	125 kg	95 kg

Terdapat beberapa spesifikasi dari produk yang belum mencapai spesifikasi persyaratan dari perlombaan yaitu pada bagian kapasitas baterai dan berat dari mobil listrik. Spesifikasi baterai pada perlombaan dapat tercapai dengan penambahan kapasitas dari baterai. Sedangkan pada berat mobil hal tersebut disebabkan karena pada produk mobil belum terpasang *body* serta beberapa komponen yang belum terpasang.

Hasil pengujian juga terdapat hasil yang masih belum mencapai target. Target yang kami ambil adalah hasil kecepatan, akselerasi, serta sudut belok dari pemenang KMLI 2019. Perbandingan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Tabel Perbandingan Spesifikasi Produk dengan Pemenang KMLI 2019

Jenis Spesifikasi	Spesifikasi Produk	Spesifikasi Pemenang KMLI 2019
Kecepatan Maksimal	23 Km/Jam	80 Km/Jam
Akselerasi	0,246 m/s ²	4,2 m/s ²
Sudut Belok	6°	36°

DAFTAR PUSTAKA

- Politeknik Negeri Bandung, 2019, Panduan KMLI 2019, <http://kml.polban.ac.id/component/phocadownload/category/1-panduan-lomba.html>, diakses 27 Juli 2020.
- Semiawan, C. R., 2010, *Metode penelitian kualitatif*, Grasindo.
- Hermawan, I., 2019, *Metodologi Penelitian Pendidikan (Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed Method)*, Hidayatul Quran.