

SKRIPSI

**DESAIN MOBIL LISTRIK MINI UNTUK PERKOTAAN
BERPENGGERAK MOTOR INDUKSI 3 FASE 1 HORSE POWER**



ISWANDI
105 82 1324 14

ANNUR BRYAN NUGROHO
105 82 1327 14

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2019

**DESAIN MOBIL LISTRIK MINI UNTUK PERKOTAAN
BERPENGGERAK MOTOR INDUKSI 3 FASE 1 HORSE POWER**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

ISWANDI
105 82 1324 14

ANNUR BRYAN NUGROHO
105 82 1327 14

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **DESAIN MOBIL LISTRIK MINI UNTUK PERKOTAAN
BERPENGGERAK MOTOR INDUKSI 3 FASE 1 HORSE POWER**

Nama : 1. Iswandi
2. Annur Bryan Nugroho

Stambuk : 1. 10582 1324 14
2. 10582 1327 14

Makassar, 22 Februari 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Umar Katu, S.T.,M.T

Pembimbing II

Andi Faharuddin, S.T.,M.T

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro



Adriani, S.T., M.T.

NBM: 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Iswandi** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1324 14 dan **Annur Bryan Nugroho** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1327 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 21 Februari 2019.

Panitia Ujian :

Makassar, 17 Jumadil Akhir 1440 H
22 Februari 2019 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

b. Sekretaris : Suryani, S.T., M.T

3. Anggota: 1. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

2. Ir. Abdul Hafid, M.T

3. Rahmania, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Umar Katu, S.T., M.T


Andi Fharuddin, S.T., M.T

Dekan




Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Desain Mobil Listrik Mini Untuk Perkotaan Berpenggerak Motor Induksi 3 Fase 1 Horse Power**”. Tidak lupa pula penulis tuturkan shalawat serta salam kepada junjungan kita baginda Muhammad SAW., yang telah memberi suri tauladan atas umatnya.

Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Skripsi ini dibuat berdasarkan pada data yang penulis peroleh selama melakukan penelitian, baik data yang diperoleh dari studi literatur, hasil percobaan maupun hasil bimbingan dari dosen pembimbing.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kedua orang tua, kakak serta keluarga yang telah memberikan bantuan baik berupa moril maupun materiel.
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Ibu Adriani, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Umar Katu, S.T., M.T selaku Pembimbing I dan Bapak Andi Faharuddin, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan serta ilmunya selama membimbing penulis.
5. Para Staf dan Dosen yang telah membantu penulis selama melakukan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara-saudara serta rekan-rekan Vektor 2014 dan terkhususnya kelas Teknik Listrik A yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan studi dan skripsi ini.

Akhir kata penulis sampaikan pula harapan semoga skripsi ini dapat memberi manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT. senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin.

Billahi Fi Sabilil Haq Fastabiqul Khairat

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 10 Oktober 2018

Penulis

DESAIN MOBIL LISTRIK MINI UNTUK PERKOTAAN BERPENGGERAK MOTOR INDUKSI 3 FASE 1 HORSE POWER

Iswandi¹, Annur Bryan Nugroho²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Makassar

E-Mail: 1082343655310iswank@gmail.com, bryanabn95@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak; Iswandi, Annur Bryan Nugroho; (2018); Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menimbulkan suatu ide, untuk menciptakan kendaraan alternatif sebagai pengganti kendaraan berbahan bakar minyak, yaitu dengan kendaraan terbarukan yang ramah dengan lingkungan. Energi listrik merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Energi listrik juga dapat diaplikasikan pada kendaraan sebagai sumber bahan bakar yaitu pada kendaraan. Penggunaan mobil listrik dirasa lebih efektif selain tidak menimbulkan polusi, konstruksinya lebih sederhana, suaranya halus, tahan lama, serta memiliki efisiensi energi yang tinggi dibanding dengan kendaraan berbahan bakar minyak. Penggunaan mobil listrik tentunya membutuhkan motor listrik. Motor listrik terbagi menjadi 2 berdasarkan sumber arusnya yaitu motor arus searah (DC) dan motor arus bolak-balik (AC). Pada tugas akhir ini mobil listrik menggunakan motor AC, kecepatan motor AC dapat di kontrol dengan mudah sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Hasil analisis pada sistem motor penggerak pada mobil listrik dengan kapasitas empat penumpang.

Kata kunci: Mobil listrik, Motor Induksi, Baterai, Inverter, torsi.

MINI ELECTRIC DESIGN FOR URBAN MOVING 3 PHASE 1 HORSE POWER INDUCTION MOTORS

Iswandi¹, Annur Bryan Nugroho²

^{1,2} Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of
Muhammadiyah Makassar

E-Mail: 1082343655310iswank@gmail.com, 2bryanabn95@gmail.com

ABSTRACT

Abstract; Iswandi, Annur Bryan Nugroho; (2018); The rapid development of science and technology raises an idea, to create alternative vehicles as a substitute for oil-fueled vehicles, namely with renewable vehicles that are environmentally friendly. Electric energy is an environmentally friendly renewable energy. Electrical energy can also be applied to vehicles as a fuel source, namely to vehicles. The use of electric cars is considered more effective than not causing pollution, the construction is simpler, the sound is smooth, durable, and has high energy efficiency compared to oil-fueled vehicles. The use of an electric car certainly requires an electric motor. The electric motor is divided into 2 based on current sources namely direct current (DC) and alternating current (AC) motors. In this final project an electric car uses an AC motor, the speed of the AC motor can be controlled easily according to the needs needed. The results of the analysis on the drive motor system on electric cars with a capacity of four passengers.

Keywords: Electric cars, Induction Motors, Batteries, Inverters, torque

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Balakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	6
A. Mobil Listrik	6
B. Rangka Mobil	8
C. Motor Induksi	13
D. Inverter	24
E. <i>Accu</i>	30
F. <i>Solar cell</i>	39
BAB III METODE PENELITIAN	41

A. Waktu dan Tempat Penelitian	41
B. Data (Parameter)	41
C. Alat dan Bahan	41
D. Skema Penelitian	42
E. Langkah Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Desain	44
B. Komponen Utama	47
C. Perhitungan Desain	48
D. Berat Mobil	54
E. Sistem Kendali	55
BAB V PENUTUP	58
A. Kesimpulan	58
B. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Rangka Jenis Tangga	10
2.2	Rangka Jenis Cruciform	11
4.3	Rangka Jenis Perimeter	12
2.4	Rangka Jenis Bagian	13
2.5	Kontruksi Rangka dan Bodi Menyatu	14
2.6	Konstruksi Motor Induksi	16
2.7	Grafik Torque-Kecepatan Motor Induksi Tiga-Fase	18
2.8	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga-Fase	20
2.9	Diagram Pengawatan Forward dan Reverse	22
2.10	Grafik Inverter.	26
2.11	Diagram Inverter <i>Drive</i> Ls IC5	28
2.12	Sel Accu	34
2.13	Pelat Sel Accu	35
2.14	Lapisan Serat Gelas	36
2.15	Skema <i>solar cell</i>	40
3.1	Diagram skema Penelitian	42
3.2	<i>Flowchart</i> penelitian	43
4.1	Sketsa mobil mini	44
4.2	Mobil mini tampak dari depan	45
4.3	Mobil mini tampak dari belakang	45
4.4	Mobil mini tampak dari samping	46
4.5	Mobil mini tampak dari atas	46
4.6	Foto sistem kendali	55
4.7	Rangkaian pengawatan sitem kendali	56

DAFTAR TABEL

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Standar tegangan accu mobil 12V	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul
1	Dimensi mobil
2	Rangka bagian depan tampak samping
3	Rangka bagian depan tampak atas
4	Rangka bagian depan tampak samping
5	Rangka bagian depan tampak depan
6	Rangka bagian tengah tampak samping
7	Rangka bagian tengah tampak samping dengan kotak baterai
8	Rangka bagian tengah tampak atas
9	Rangka bagian belakang tampak samping dan atas
10	Rangka bagian belakang tampak depan
11	Rangka bagian belakang tampak depan
12	Rangka bagian belakang
13	Rangka tambahan bagian atas tampak depan
14	Rangka tambahan bagian atas tampak samping
15	Rangka tambahan bagian atas tampak belakang
16	Spesifikasi motor listrik
17	Spesifikasi baterai
18	Spesifikasi inverter
19	Spesifikasi <i>charger</i>

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi	Defenisi dan keterangan
β	Koefisien tanjakan (<i>gradeability coefficient</i>)
P	Daya mekanik dalam watt
m	Massa kendaraan dalam kg
g	Percepatan gravitasi (9,81 m/s ²)
fr	Hambatan putaran ban (<i>rolling resistance coefficient</i>)
ρ	Kerapatan udara (air density) (1,202 kg/m ³)
Cd	Koefisien aerodinamis (<i>Aerodynamics Drag Coeffiient</i>)
A	Luasan area depan kendaraan
V	Kecepatan kendaraan dalam m/s
τ	Torsi dalam Nm
ω	Kecepatan sudut dalam radian per detik
AC	Arus bolak balik
DC	Arus searah
HP	<i>Tenaga kuda (Horse power)</i>
Ns	Kecepatan sinkron dalam RPM
Nb	Kecepatan dasar dalam RPM
f	Frekuensi sumber AC (Hz)
p	Jumlah kutup yang terbentuk pada motor
VVVF	<i>Volt variabel variabel frekuensi</i>
VSD	<i>Variabel speed drive</i>
VFD	Variable frequency drive
GGL	Gaya gerak listrik

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Krisis energi pada tahun 1970-an dan 1980-an menimbulkan kembalinya minat masyarakat akan mobil listrik. Pada awal 1990-an, *California Air Resources Board (CARB)* mulai menekan para pabrikan otomotif untuk mulai membuat mobil yang efisien dalam bahan bakar, rendah emisi, dengan tujuan akhirnya adalah membuat kendaraan emisi nol seperti kendaraan listrik. (id.wikipedia.org)

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik DC atau AC, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi. Mobil listrik populer pada pertengahan abad ke-19 dan awal abad ke-20, ketika listrik masih dipilih sebagai penggerak utama pada kendaraan. Hal ini disebabkan karena mobil listrik menawarkan kenyamanan dan pengoperasian yang mudah dan tidak dapat dicapai oleh kendaraan-kendaraan berbahan bakar bensin. Dengan berkembangnya dunia otomotif maka makin banyak bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk kendaraan bermotor baik beroda dua maupun beroda empat. Kenaikan harga minyak bumi yang terus meningkat memaksa kita untuk mencari energi alternatif untuk alat transportasi, seperti mobil listrik. Pada saat ini energi listrik masih merupakan energi alternatif untuk alat transportasi, pada sistem ini motor listrik akan menggantikan mesin diesel mesin konvensional sebagai

penggerak utama, mesin listrik yang dapat digunakan pada saat ini sangat banyak sekali mulai dari motor induksi sampai motor DC.

Upaya manusia untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak bumi dan pencemaran lingkungan adalah membuat kendaraan listrik (Husain, I., 2003) (Ying, S dkk, 2008). Komponen utama dari kendaraan listrik adalah sebuah motor listrik sebagai sistem penggerak, sumber energi listrik, sistem kontrol sebagai kontrol pusat, dan konverter daya sebagai perangkat yang mengubah sumber energi listrik dengan kebutuhan variabel kendaraan listrik dengan beralih perangkat. Sementara itu listrik kendaraan umumnya menggunakan baterai sebagai sumber energi utamanya (Larminie, J., Lowry, J., 2003) (Dhameja, S., 2002). Tetapi baterai pada kendaraan listrik memiliki kelemahan yang memiliki kapasitas dan umur layanan yang terbatas sehingga perlu pengaturan untuk mengisi baterai tidak bekerja keras. Kekuasaan model aliran sistem energi kendaraan listrik diperlukan untuk mendapatkan energi yang dibutuhkan oleh kendaraan listrik yang dapat menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan.

Berdasarkan pada hal tersebut di atas, maka saya mengangkat judul “Desain Mobil Listrik Mini untuk Perkotaan Berpenggerak Motor Induksi 3 Fase 1 *Horse Power*”. Untuk mendesain sistem pengendalian mobil listrik sebagai alat transportasi alternatif di perkotaan.

B. Rumusan Masalah

Atas dasar penjelasan di atas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan desain mobil listrik mini perkotaan berbasis motor induksi 3 fasa, 1 HP, sebagai berikut ?

1. Berapa total bobot maksimal mobil listrik mini (mobil, penumpang dan muatan barang) ?
2. Berapa kapasitas baterai yang dibutuhkan mobil listrik mini ?
3. Berapa torsi motor pada mobil listrik mini ?

G. Tujuan Penelitian

1. Dapat mengetahui bobot maksimal pada mobil listrik mini.
2. Untuk mengetahui kapasitas baterai yang cocok digunakan pada mobil listrik mini.
3. Dapat mengetahui torsi motor pada mobil listrik mini.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat menjadi acuan dalam pembuatan mobil listrik mini.
2. Menambah pengetahuan penulis tentang desain mobil listrik mini untuk perkotaan.

D. Batasan Masalah

Hasil yang dicapai akan optimal jika masalah dalam penulisan ini dibatasi, oleh sebab itu, penulis membatasi permasalahan pada parameter desain:

1. Jarak tempuh mobil listrik mini untuk perkotaan 38 km.
2. Kecepatan rata-rata 20 km/jam
3. Berat penumpang 60 kg dengan muatan barang 10 kg.
4. Kapasitas penumpang 2 orang.

E. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I, Bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan..

BAB II, Bab ini berisi teori-teori dasar motor listrik mini, kapasitas baterai dan hal-hal yang menyangkut tentang sistem desain mobil listrik.

BAB III, Bab ini membahas tentang objek penelitian, cara penelitian, waktu dan tempat dilakukannya penelitian dan lain-lain.

BAB IV, Bab ini membahas tentang hasil dan pembahasan terhadap penelitian yang telah dilakukan dimulai dari desain beserta data penelitian.

BAB V, Bab ini merupakan simpulan terhadap hasil dan pembahasan terhadap penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA, Daftar yang mencantumkan spesifikasi sebuah buku yang meliputi judul buku, nama pengarang buku, penerbit buku tersebut dan informasi lain yang terkait.

LAMPIRAN, Berisi tentang dokumentasi-dokumentasi dan buku petunjuk penggunaan alat terkait dengan judul skripsi.



BAB II

DASAR TEORI

A. Mobil Listrik

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya (Wikipedia, 2018). Prinsip kerja mobil listrik adalah *input* pengendali diperoleh dari pedal akselerator dan rem. Pengendali ini menyediakan sinyal yang sesuai kekonverter daya elektronika yang mengatur aliran daya antara motor listrik dan baterai. Motor juga memainkan peran generator, yang mengkonversi energi pengereman menjadi elektron dan mengisi baterai. Unit manajemen energi, bekerja sama dengan pengendali mobil, mengendalikan pengereman regenerasi dan *recovery* energi. Motor listrik menghasilkan torsi yang besar dari keadaan mobil berhenti. Hal ini menghasilkan kinerja yang sangat bagus. Percepatan dan daya mobil listrik jauh melampaui mobil mesin pembakaran dalam. (Husin Mustafa Al-Atas, 2015)

Kinerja dari sebuah mobil listrik biasanya digambarkan menjadi 3 model kondisi yang dirumuskan sebagai berikut. (Vipul dkk, 2013)

1. Kecepatan maksimum menjelajah (*Maximum Cruising Speed*).

Kecepatan maksimum kendaraan didefinisikan sebagai kecepatan menjelajah konstan dimana kendaraan dapat menopang dengan beban penuh di

jalan datar. Saat kendaraan melaju pada kecepatan maksimum, daya mekanik yang dibutuhkan dirumuskan sebagai berikut:

$$P = (f_{rr} \cdot m \cdot g + \rho \cdot A \cdot C_d \cdot V^2) \cdot V \quad (1)$$

2. Tanjakan (*Gradeability*)

Daya mekanik yang dibutuhkan pada mobil listrik selama tanjakan diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$P = m \cdot g \cdot \beta \cdot V \quad (2)$$

Dengan: β adalah koefisien tanjakan (*gradeability coefficient*)

3. Akselerasi awal (*Initial Acceleration*)

Saat akselerasi awal, daya mekanik yang diminta oleh kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = (m \cdot g \cdot f_{rr} + \rho \cdot C_d \cdot A \cdot V^2 + m) \cdot V \quad (3)$$

Dengan:

P adalah daya mekanik dalam watt;

m adalah massa kendaraan dalam kg;

g adalah percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$);

f_{rr} adalah hambatan putaran ban (*rolling resistance coefficient*);

ρ adalah kerapatan udara (*air density*) ($1,202 \text{ kg/m}^3$);

C_d adalah koefisien aerodinamis (*Aerodynamics Drag Coefficient*);

A adalah luasan area depan kendaraan; dan

V adalah kecepatan kendaraan dalam m/s.

Pada kendaraan bermotor, hubungan hubungan torsi terhadap daya dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$P = \tau \times \omega \quad (4)$$

Dengan:

P adalah daya dalam watt;

τ adalah torsi dalam Nm;

ω adalah kecepatan sudut dalam radian per detik.

Sedangkan untuk motor listrik, rumusan untuk kecepatan sudut adalah :

$$\omega = 2 \pi n / 60 \quad (5)$$

Dengan:

n adalah kecepatan putaran motor (rpm).

B. Rangka Mobil

1. Rangka Chasis Kendaraan

Rangka merupakan salah satu bagian penting pada pada mobil (tulang punggung) harus mempunyai kontruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakan di atas

rangka. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraanya. Sedangkan untuk chasis adalah merupakan satu bagian dari kendaraan, atau dengan kata lain adalah bagian yang tinggal bila bodi mobil dilepaskan keseluruhannya, untuk bagian chasis itu sendiri terdiri dari rangka, mesin, pemindah tenaga, sistem kemudi, sistem suspensi, sistem rem dan kelengkapan lainnya.

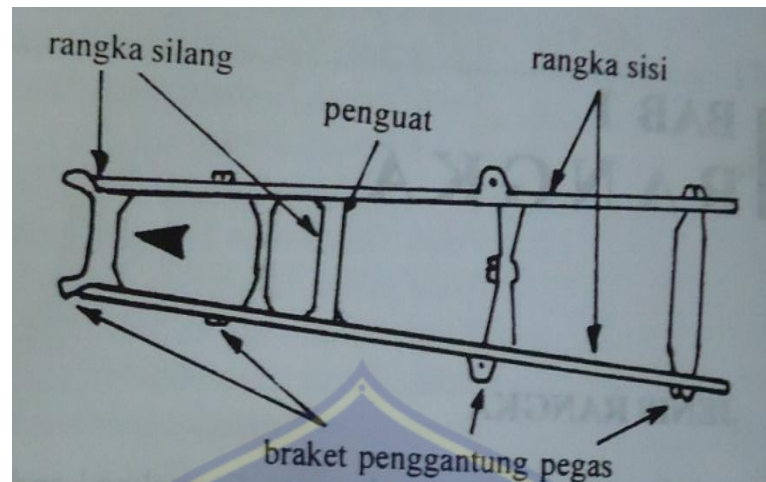
. Sebuah kendaraan bermotor terbentuk dari beberapa bagian utama, yaitu:

- *Frame chasis*
- *Body*
- Sistem penghasil tenaga (*power plane*)
- Sistem penerus tenaga (*driver train*)

2. Tipe Konstruksi Bentuk-Bentuk Rangka

a. Rangka Tangga

Rangka tangga pada umumnya digunakan untuk truk-truk dan kendaraan komersial yang pada umumnya termasuk alat-alat berat.



Gambar 2.1. Rangka Jenis Tangga

(Sadikin. 2013)

Komponen utama rangka tangga adalah sebagai berikut.

1) Rangka Silang

Rangka silang dikeliling, dibuat atau dilas berhadapan dengan rangka sisi untuk membentuk suatu rangka. Ukuran, bentuk, dan letak rangka silang dibuat sedemikian rupa untuk menyangga komponen utama kendaraan.

2) Penguat

Penguat digunakan untuk mengeraskan atau memperkuat hubungan antara rangka silang dan rangka sisi

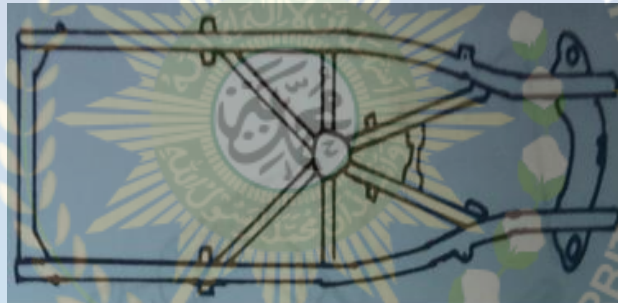
3) Braket Penggantung dan Penompang

Rangka komponen utama seperti mesin dan pegas suspensi.

b. Rangka *Cruciform*

Rangka jenis *cruciform* terdiri dari beberapa komponen seperti rangka jenis tangga, perbedaannya adalah sebagai berikut :

- 1) Rangka sisi berbentuk lengkungan, memberikan rangka yang lebar untuk penompang bodi atau beban tetapi juga memberikan keleluasan roda depan untuk memudahkan pengemudi.
- 2) Rangka silang utama ditengah rangka membentuk diagonal atau membentuk huruf X atau yang disebut *cruciform*.



Gambar 2.2. Rangka Jenis Cruciform

(Sadikin. 2013)

c. Rangka Perimeter

Rangka jenis perimeter merupakan konstruksi yang cukup ringan dibandingkan dengan rangka jenis rangka tangga atau rangka jenis cruciform. Hal ini membuat bodi kendaraan memberikan beberapa kekuatan yang diperlukan.

Ciri-ciri utama bentuk ini adalah :

- 1) Rangka sisi membentuk bulat pada bodi luar, pada bagian luar roda depan menyempit dengan bagian roda belakang.
- 2) Rangka silang tidak digunakan pada bagian tengah rangka, hal ini membuat ruang penumpang lebih besar.



Gambar 2.3. Rangka Jenis Perimeter

(Sadikin. 2013)

d. Rangka Sebagian

Pada beberapa kendaraan bodinya diperkuat sehingga rangka tidak diperlukan sepanjang kendaraan. Umumnya bentuk dari rangka sebagian diletakan di depan bodi untuk menompang mesin, transmisi, dan suspense depan. Hal ini dikenal dengan istilah “rangka akhir bagian depan”.

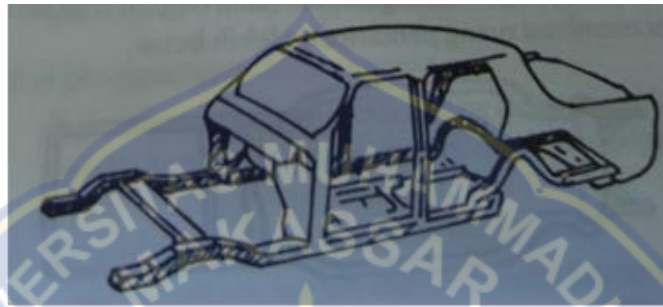


Gambar 2.4. Rangka Jenis Bagian

(Sadikin. 2013)

e. Rangka dan Bodi Yang Menyatu (Tipe Integral)

Konstruksi rangka dan bodi yang menyatu mempunyai kombinasi bodi dan rangka serta mempunyai rangka terpisah. Bodi kendaraan diperlukan untuk menopang semua komponen kendaraan dan bebannya.



Gambar 2.5. Kontruksi Rangka dan Bodi Menyatu

(Sadikin, 2013)

C. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dengan arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi tiga-fase dan motor induksi satu-fase. Motor

induksi tiga-fase dioperasikan pada sistem tenaga tiga-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri, sedangkan motor induksi satu-fase dioperasikan pada sistem tenaga satu-fase yang banyak digunakan terutama pada penggunaan untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi satu-fase mempunyai daya keluaran yang rendah.

Klasifikasi motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama :

a. Motor induksi satu-fase.

Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu-fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3Hp sampai 4Hp.

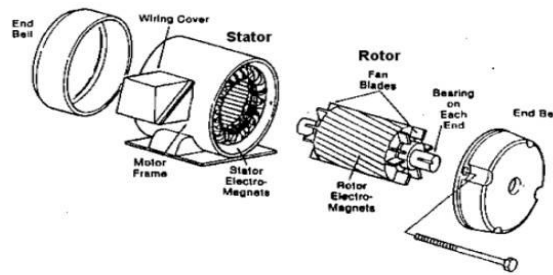
b. Motor induksi tiga-fase.

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga-fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70%

motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*. Tersedia dalam ukuran 1/3 Hp hingga ratusan Hp.

Seperti motor-motor jenis lainnya, motor induksi pada dasarnya mempunyai tiga bagian penting sebagai berikut:

- Stator yaitu bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
- Celah (*air gap*) yaitu celah udara antara stator dan rotor. Celah ini merupakan tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin.
- Rotor yaitu bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



Gambar 2.6 Konstruksi Motor Induksi

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

- Rotor sangkar (*squirrel cage*) adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam. Terbuat dari besi laminasi yang mempunyai slot dengan batang alumunium / tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya.
- Rotor kumparan (*wound rotor*) adalah kumparan yang dihubungkan bintang dibagian dalam dan ujung yang lain dihubungkan dengan *slipring* ke tahanan luar. Kumparan sendiri dapat dikembangkan menjadi pengaturan kecepatan putaran motor. Pada kerja normal slipring hubung singkat secara otomatis, sehingga rotor bekerja seperti rotor sangkar.

1. Kecepatan Motor Induksi

Motor induksi bekerja sebagai berikut. Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet

kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “slip/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. Slip hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ slip ring, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/ slip ring motor”.

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung persentase slip/geseran.

$$\%Slip = \frac{N_s - N_b}{N_b} 100\%$$

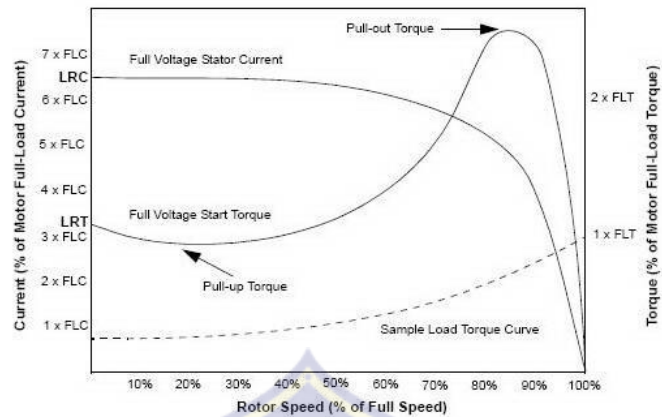
Dengan:

N_s = kecepatan sinkron dalam RPM

N_b = kecepatan dasar dalam RPM

2. Hubungan Antara Beban, Kecepatan Dan *Torque* Pada Motor Induksi.

Gambar dibawah menunjukkan grafik torque-kecepatan motor induksi AC tiga-fase dengan arus yang sudah ditetapkan.



Gambar 2.7 Grafik *Torque*-Kecepatan Motor Induksi Tiga-Fase

Grafik tersebut diperoleh apabila motor :

- Mulai menyala ternyata terdapat arus nyala awal yang tinggi dan *torque* yang rendah ("*pull-up torque*").
- Mencapai 80% kecepatan penuh, torque berada pada tingkat tertinggi ("*pull-out torque*") dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.

3. Rangkaian Ekuivalen

Kecepatan putaran medan magnet motor induksi akan dipengaruhi oleh frekuensi sumber yang masuk ke motor dengan mengacu ke persamaan berikut:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

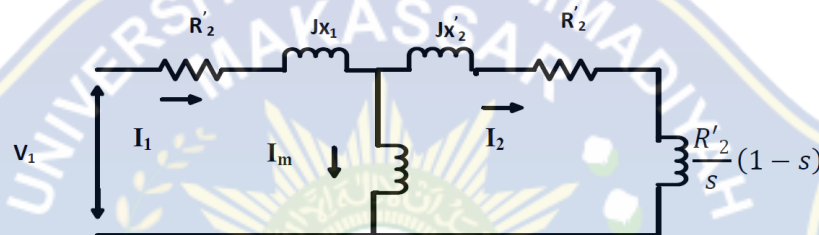
Dengan :

f = frekuensi sumber AC (Hz)

p = jumlah kutub yang terbentuk pada motor

N_s = kecepatan putaran medan magnet stator (putaran/menit, rpm)

Perubahan frekuensi sumber pada motor induksi tiga-fase akan mempengaruhi besarnya impedansi kumparan motor karena kumparan motor induksi mengandung reaktansi induktif (X_l) seperti yang diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar.2.8 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga-Fase

Dengan :

V_1 = Tegangan sumber per fase pada kumparan stator

R_1 = Resistansi kumparan stator

X_1 = Reaktansi Induktif kumparan stator

R'_2 = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator

X'_2 = Reaktansi Induktif rotor dilihat dari sisi stator

X_m = Reaktansi magnet pada Motor

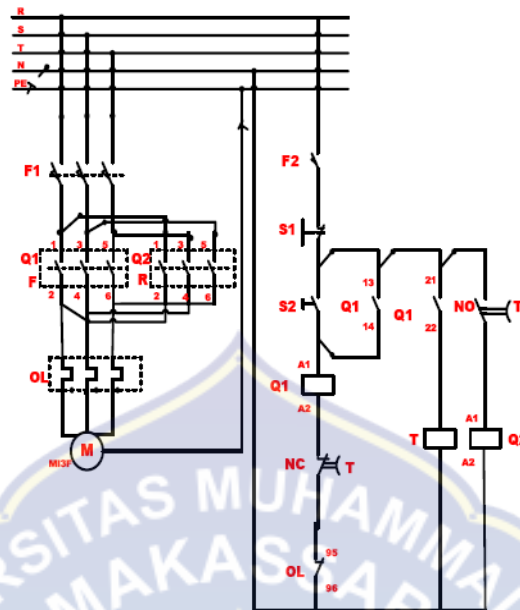
$\frac{R'_2}{s}$ = Resistansi yang mewakili beban motor

4. Sistem kendali Motor Induksi Tiga-Fase pembalikan putaran (*Forward-Reverse*)

Motor induksi tiga-fase banyak digunakan oleh dunia industri karena memiliki beberapa keuntungan. Keuntungan yang dapat diperoleh dalam pengendalian motor induksi tiga-fase yaitu, struktur motor induksi tiga-fase lebih ringan (20% hingga 40%) dibandingkan motor arus searah untuk daya yang sama, harga satuan relatif lebih murah, dan perawatan motor induksi tiga-fase lebih hemat.

a. Prinsip kerja Motor Induksi Tiga-Fase *Forward-Reverse*

Bisa dikatakan bahwa ini adalah cara kerja dari kendali motor *reverse-forward* menggunakan kontraktor magnetik dan *push button*. Prinsip kerjanya sendiri yaitu berdasarkan induksi elektromagnetik dan perubahan arah putar rotor disebabkan oleh berubahnya urutan dua buah fasa dari ketiga fasa. Contohnya: RST menjadi SRT.



Gambar.2.9 Diagram Pengawatan *Forward* dan *Reverse*

Motor induksi merupakan motor yang paling banyak digunakan untuk peralatan, kontrol industri, dan otomatisasi; oleh karena itu, mereka sering disebut pekerja keras industri gerak. Mereka kuat, dapat diandalkan, dan tahan lama. Bila daya disuplai ke motor induksi pada direkomendasikan spesifikasi, itu berjalan pada kecepatan *rated*. Namun, banyak aplikasi membutuhkan operasi kecepatan variabel. Misalnya, untuk mesin cuci dapat menggunakan kecepatan yang berbeda untuk setiap siklus mencuci. Secara historis, sistem gigi mekanik digunakan untuk mendapatkan kecepatan variabel. Baru-baru ini, daya elektronik dan sistem kontrol telah jatuh tempo kemudian komponen ini akan digunakan untuk kontrol motor di tempat gigi mekanik.

Elektronik ini tidak hanya mengontrol kecepatan motor, namun dapat meningkatkan karakteristik motor yang dinamis dan mantap. Selain itu, elektronik dapat mengurangi daya rata-rata sistem konsumsi dan kebisingan generasi motor. Kontrol motor induksi adalah kompleks karena nonlinear yang karakteristik. Meskipun ada metode yang berbeda untuk kontrol, *Volt Variabel Variabel Frekuensi* (VVVF) atau *V/f* adalah metode yang paling umum dari kontrol kecepatan di loop terbuka. Metode ini paling cocok untuk aplikasi tanpa persyaratan kontrol posisi atau kebutuhan untuk akurasi kontrol yang tinggi kecepatan. Contoh ini aplikasi termasuk pemanasan, AC, kipas dan blower.

b. Putaran Motor

Ketika AC pasokan dinilai diterapkan ke gulungan stator, itu menghasilkan fluks magnetik besarnya konstan, berputar pada kecepatan sinkron. Fluks melewati melalui celah udara, menyapu melewati permukaan rotor dan melalui konduktor rotor stasioner. sebuah elektro kekuatan (EMF) diinduksi dalam konduktor rotor karena perbedaan kecepatan relatif antara berputar yang fluks dan konduktor stasioner. Frekuensi EMF induksi adalah sama dengan frekuensi pasokan. Besarnya sebanding dengan relatif kecepatan antara fluks dan konduktor. Karena bar rotor korsleting di ujung, EMF Terimbas menghasilkan arus dalam konduktor rotor. Arah arus rotor menentang relatif kecepatan antara memutar fluks yang dihasilkan oleh stator

dan konduktor rotor stasioner (per hukum Lenz). Untuk mengurangi kecepatan relatif, rotor mulai berputar di arah yang sama seperti yang fluks dan mencoba untuk mengejar ketinggalan dengan fluks berputar. Tapi dalam prakteknya, rotor tidak pernah berhasil 'mengejar' dengan medan stator. Jadi, rotor berjalan lebih lambat dari kecepatan bidang stator. ini perbedaan kecepatan disebut kecepatan slip. Kecepatan Slip ini tergantung pada beban mekanik pada poros motor.

Frekuensi dan kecepatan motor, sehubungan dengan pasokan input, disebut frekuensi sinkron dan kecepatan sinkron. Kecepatan sinkron adalah berbanding lurus dengan rasio frekuensi pasokan dan jumlah kutub di motor.

Kecepatan sinkron sebuah motor induksi ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

$$\text{Kecepatan Sinkron (} N_s \text{)} = 120 \times F / P$$

Dengan: :

F = Frekuensi Motor

P = Jumlah Kutub Motor

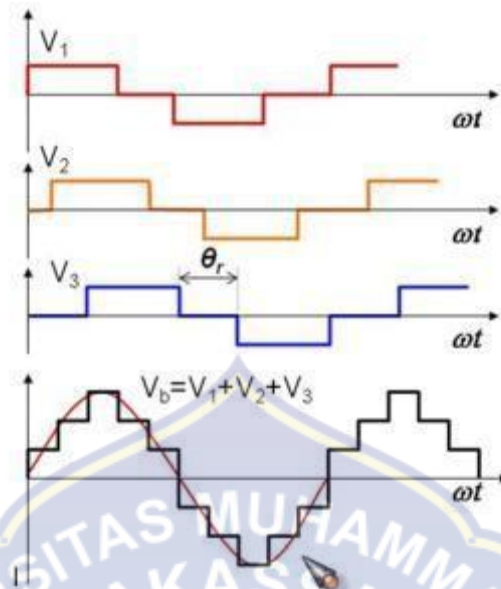
Kecepatan sinkron adalah kecepatan di mana stator berputar fluks. Rotor fluks berputar lebih lambat dari sinkron kecepatan dengan kecepatan slip. Kecepatan ini disebut dasar kecepatan. Kecepatan yang tercantum di plat nama adalah kecepatan dasar. Beberapa produsen juga menyediakan slip sebagai persentase dari kecepatan sinkron seperti yang ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

Kecepatan Dasar N = Kecepatan Sinkron – Kecepatan Slip

$$\% \text{ Slip} = \frac{(\text{Kecepatan Sinkron} - \text{Kecepatan Dasar})}{\text{Kecepatan Sinkron}} \times 100\%$$

D. Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Ada beberapa topologi inverter yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (*push-pull inverter*) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). Inverter satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa dan ada juga yang namanya inverter multilevel (*capacitor split, diode clamped* dan susunan kaskade). Ada beberapa cara teknik kendali yang digunakan agar inverter mampu menghasilkan sinyal sinusoidal, yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalaan inverter di tiap lengannya.



Gambar 2.10 Grafik Inverter

Cara yang paling umum digunakan adalah dengan modulasi lebar pulsa (PWM). Sinyal kontrol penyaklaran di dapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (sinusoidal) dengan sinyal carrier (digunakan sinyal segitiga). Dengan cara ini frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi sinusoidal.

Keuntungan operasi inverter PWM sebagai teknik konversi dibandingkan dengan jenis-jenis inverter lainnya dapat dilihat dari rendahnya distorsi harmonik pada tegangan keluaran inverter PWM. Proses pembangkit sinyal PWM menjadi salah satu faktor penentu untuk kerja sistem keseluruhan.

Tuntutan akan kecepatan operasi dan unjuk kerja pengendali yang handal mendorong untuk mengimplementasi sinyal PWM dalam bentuk

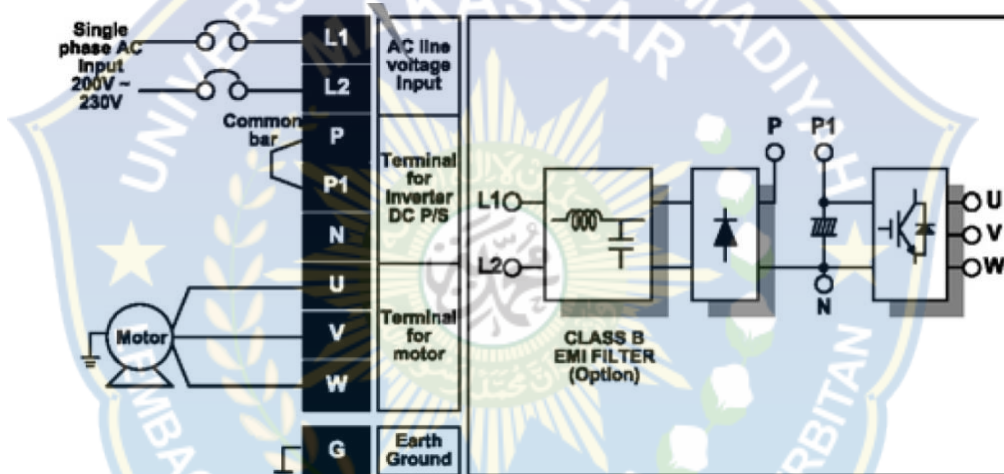
rangkaian logika perangkat keras (*hardware logic*). Orang dalam bentuk perangkat keras ini mempunyai kecepatan lebih tinggi dibanding operasi yang dilakukan secara perangkat lunak oleh mikrokontroler, karena operasi dengan perangkat lunak membutuhkan waktu untuk menerjemahkan perintah-perintah pemrograman. Selain itu lebar data yang diproses juga terbatas oleh kemampuan mikrokontroler.

Dalam pengaturan penempatan fase, bentuk gelombang tegangan keluaran inverter tidak sinusoida murni karena mengandung banyak komponen frekuensi yang tidak diinginkan. Teknik PWM sinkron ini mampu menghasilkan bentuk gelombang dengan komponen harmonik berfrekuensi jauh lebih tinggi dari frekuensi fundamental. Frekuensi tinggi tinggi ini memberikan keuntungan pada sistem. Karena kebocoran induktansi motor menyebarkan impedansi tinggi pada komponen yang tidak diinginkan, maka secara efektif menapis keluaran inverter. (Gendroyono : 1999)

Inverter tiga-fase dengan mode konduksi 120° memungkinkan setiap komponen pensakelaran akan konduksi selama 120° dengan pasangan konduksi yang berbeda, misalnya 60° pertama antara Q1Q6, dan 60° kedua antara Q1Q2, dan seterusnya. Inverter tiga-fase mode konduksi 180° inverter tiga-fase.

Dalam industri, Inverter merupakan alat atau komponen yang cukup banyak digunakan karena fungsinya untuk mengubah listrik DC menjadi AC. Meskipun secara umum kita menggunakan tegangan AC untuk tegangan

masukannya/input dari Inverter tersebut. Inverter digunakan untuk mengatur kecepatan motor-motor listrik/*servo* motor atau bisa disebut *converter drive*. Cuma kalau untuk *servo* lebih dikenal dengan istilah *servo drive*. Dengan menggunakan inverter, motor listrik menjadi *variable speed*. Kecepatannya bisa diubah-ubah atau disetting sesuai dengan kebutuhan. Inverter seringkali disebut sebagai *Variabel Speed Drive (VSD)* atau *Variable Frequency Drive (VFD)*.



Gambar 2.11 Diagram Inverter Drive Ls IC5

Phase converter menggunakan sumber satu-fase yang terdiri dari dua penghantar dan menghasilkan tiga-fase dengan pergeseran fase sebesar 120° . Masing-masing dari keluaran tegangan tiga-fase akan di geser 120° listrik. Jika *converter* diukur, tegangan keluaran yang dihasilkan akan dalam kondisi seimbang untuk semua jenis beban yang terhubung.

Pada dunia otomatisasi industri, inverter sangat banyak digunakan. Aplikasi ini biasanya terpasang untuk proses linear (parameter yang bisa diubah-ubah). Linear nya seperti grafik sinus, atau untuk sistem axis (*servo*) yang membutuhkan putaran/aplikasi yang presisi. Prinsip kerja inverter adalah mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Fungsi Inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi outputnya. Jika sebelumnya banyak menggunakan sistem mekanik, kemudian beralih ke motor slip maka saat ini banyak menggunakan semikonduktor. Tidak seperti *softstarter* yang mengolah level tegangan, inverter menggunakan frekuensi tegangan keluaran untuk mengatur *speed* motor pada kondisi ideal (tanpa slip).

Merubah kecepatan motor dengan Inverter akan membuat:

- Torsi lebih besar
- Presisi kecepatan dan torsi yang tinggi
- Kontrol beban menjadi dinamis untuk berbagai aplikasi motor
- Menghemat energi
- Menambah kemampuan monitoring
- Hubungan manusia dengan mesin (*interface*) lebih baik
- Sebagai pengaman dari motor, mesin (beban) bahkan proses dll.

Semakin besar daya motor maka makin besar torsi yang dihasilkan dan makin kuat motor menggerakkan beban, Torsi dapat ditambah dengan menggunakan *gear box* (cara mekanis) dan Inverter (cara elektronik).

- Dinamika gerakan rendah (tidak memungkinkan gerakan beban yg kompleks)
- Motor sering overload (motor rusak atau *thermal overload relay trip*)
- Hentakan mekanis (Mesin/beban rusak, perlu perawatan intensif)
- Lonjakan arus (Motor rusak atau *Breaker Trip*)
- Presisi dalam proses hilang
- Proteksi tidak terjamin

Proses di industri sering kali memerlukan tenaga penggerak dari motor listrik yang perlu diatur kecepatan putarnya untuk menghasilkan torsi dan tenaga/daya yang diinginkan. Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh motor listrik untuk memutar beban. Kelebihan Torsi (*over torque*) terjadi jika torsi beban lebih besar dari Torsi nominal, pada 80% aplikasi terjadi pada saat kecepatan rendah atau saat start awal. Maka dapat disimpulkan, peranan inverter dalam proses suatu industri cukup penting. Karena dalam proses di industri seringkali memerlukan tenaga penggerak dari motor listrik yang perlu diatur kecepatan putarnya untuk menghasilkan torsi dan tenaga/daya yang diinginkan.

E. *Accu*

Accumulator atau sering disebut *Accu*, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan *Accu* untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). *Accu* mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Di pasaran saat ini sangat beragam jumlah dan jenis *Accu* yang dapat ditemui. *Accu* untuk mobil biasanya mempunyai tegangan sebesar 12 Volt, sedangkan untuk motor ada tiga jenis tegangan 12 Volt, 9 volt dan ada juga yang bertegangan 6 Volt. Selain itu juga dapat ditemukan pula *Accu* yang khusus untuk menyalakan *Tape* atau radio dengan tegangan juga yang dapat diatur dengan rentang 3, 6, 9, dan 12 Volt. Tentu saja *Accu* jenis ini dapat dimuati kembali (*Recharge*) apabila muatannya telah berkurang atau habis. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (*Katoda*) ke elektroda positif (*Anoda*) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (*Dry Cells*).

Allesandro Volta, seorang ilmuwan fisika mengetahui, gaya gerak listrik (GGL) dapat dibangkitkan dua logam yang berbeda dan dipisahkan larutan elektrolit. Volta mendapatkan pasangan logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dapat membangkitkan ggl yang lebih besar dibandingkan pasangan logam lainnya (kelak disebut elemen *Volta*). Hal ini menjadi prinsip dasar bagi pembuatan dan penggunaan elemen sekunder. Elemen sekunder harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik melaluinya (secara umum dikenal dengan istilah disetrum).

Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan *Accu*. Dalam sebuah *Accu* berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversibel* yaitu di dalam *Accu* saat dipakai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (*Discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*Charging*).

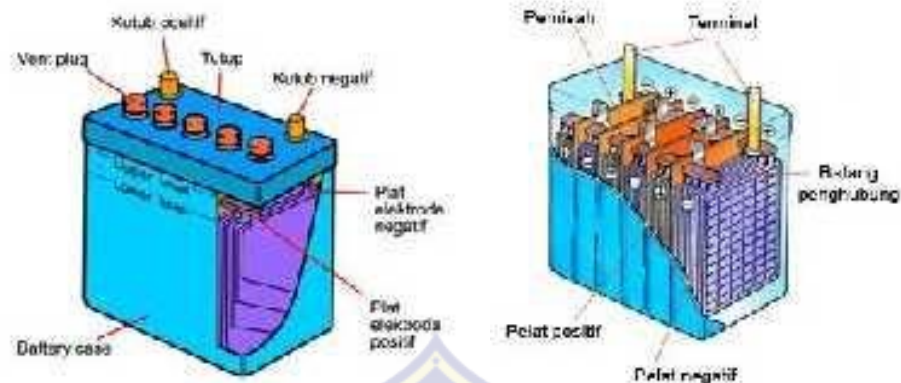
Jenis *Accu* yang umum digunakan adalah *Accumulator* timbal. Secara fisik *Accu* ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer (H_2SO_4). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana *Accu* yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb), dan ketika pertama kali dimuati

maka akan terbentuk lapisan timbal dioksida (PbO_2) pada pelat positif. Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat).

1. Macam dan Cara Kerja *Accu*

Accu yang ada di pasaran ada 2 jenis yaitu *Accu* basah dan *Accu* kering. *Accu* basah media penyimpanan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. *Accu* jenis ini masih perlu diberi air *Accu* yang dikenal dengan sebutan *Accu Zuur*. Sedangkan *Accu* kering merupakan jenis *Accu* yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon selular. *Accu* ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah.

Dalam *Accu* terdapat elemen dan sel untuk penyimpanan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksid timbal coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timbal (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau *Separator* menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, muncullah arus listrik.



Gambar 2.12 Sel Accu

(Sumber: id.m.wikipedia.org/akumulator, diakses terakhir tanggal 17 Oktober 2018)

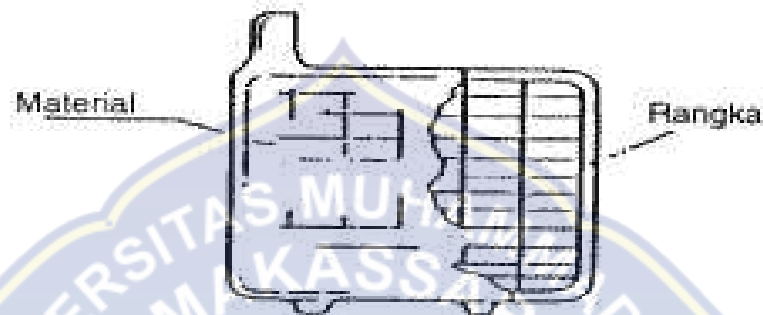
Accu memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar dari kutub negatif (-), untuk menghindari kelalaian bila *Accu* hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada *Accu* terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air *Accu* untuk masing-masing sel. Bila permukaan air *Accu* di bawah level minimum akan merusak fungsi sel *Accu*. Jika air *Accu* melebihi level maksimum, mengakibatkan air *Accu* menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.

2. Konstruksi Accu

a. Plat positif dan negatif

Plat positif dan plat negatif merupakan komponen utama suatu *Accu*. Kualitas plat sangat menentukan kualitas suatu *Accu*, plat-plat tersebut

terdiri dari rangka yang terbuat dari paduan timbal antimon yang di isi dengan suatu bahan aktif. Bahan aktif pada plat positif adalah timbal peroksida yang berwarna coklat, sedang pada plat negatif adalah spons - timbal yang berwarna abu abu.

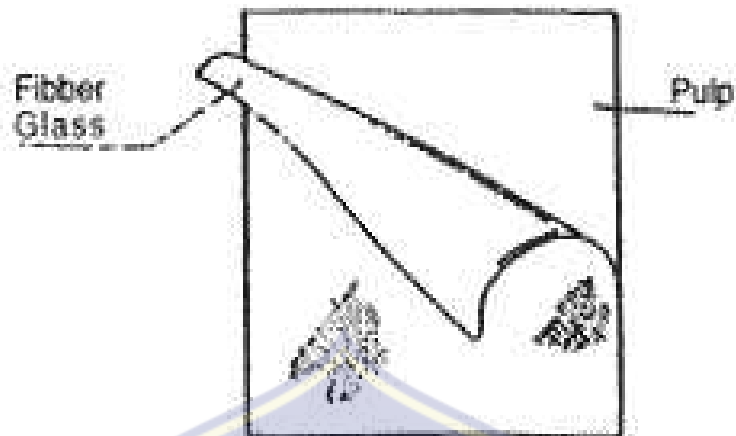


Gambar 2.13 Plat Sel Accu

(Sumber: Daryanto, bab 5 Pengetahuan Baterai Mobil, Bumi Aksara 2006)

b. Separator dan lapisan serat gelas

Antara plat positif dan plat negatif disisipkan lembaran separator yang terbuat dari serat *Cellulosa* yang diperkuat dengan resin. Lembaran lapisan serat gelas dipakai untuk melindungi bahan aktif dari plat positif, karena timbal peroksida mempunyai daya kohesi yang lebih rendah dan mudah rontok jika dibandingkan dengan bahan aktif dari plat negatif. Jadi fungsi lapisan serat gelas disini adalah untuk memperpanjang umur plat positif agar dapat mengimbangi plat negatif, selain itu lapisan serat gelas juga berfungsi melindungi separator.



Gambar 2.14 Lapisan Serat Gelas

(Sumber: Daryanto, bab 5 Pengetahuan Baterai Mobil, Bumi Aksara 2006)

c. Elektrolit

Cairan elektrolit yang dipakai untuk mengisi *Accu* adalah larutan encer asam sulfat yang tidak berwarna dan tidak berbau. Elektrolit ini cukup kuat untuk merusak pakaian. Untuk cairan pengisi *Accu* dipakai elektrolit dengan berat jenis 1.260 pada 20°C.

d. Penghubung antara sel dan terminal

Accu 12 volt mempunyai 6 sel, sedang *Accu* 6 volt mempunyai 3 sel. Sel merupakan unit dasar suatu *Accu* dengan tegangan sebesar 2 volt. Penghubung sel (*Conector*) menghubungkan sel sel secara seri. Penghubung sel ini terbuat dari paduan timbal antimon. Ada dua cara penghubung sel - sel tersebut. Yang pertama melalui atas dinding penyekat dan yang kedua melalui

(menembus) dinding penyekat. Terminal terdapat pada kedua sel ujung (pinggir), satu bertanda positif (+) dan yang lain negatif (-). Melalui kedua terminal ini listrik dialirkan penghubung antara sel dan terminal.

e. Sumbat

Sumbat dipasang pada lubang untuk mengisi elektrolit pada tutup *Accu*, biasanya terbuat dari plastik. Sumbat pada *Accu* motor tidak mempunyai lubang udara. Gas yang terbentuk dalam *Accu* disalurkan melalui slang plastik/karet. Uap asam akan tertahan pada ruang kecil pada tutup *Accu*, kemudian asamnya dikembalikan kedalam sel.

f. Perekat bak dan tutup

Ada dua cara untuk menutup *Accu*, yang pertama menggunakan bahan perekat lem, dan yang kedua dengan bantuan panas (*Heat Sealing*). Pertama untuk bak *Polystyrene* sedang yang kedua untuk bak *Polipropylene*.

3. Standar tegangan dan tingkat isi daya pada *accu* mobil 12V

Berikut adalah data pembacaan standar tegangan dan tingkat isi daya pada *accu* mobil 12V. Pembacaan dilakukan dalam kondisi mesin mati dan langsung diukur pada terminal aki :

Tabel 2.1 Standar tegangan *accu* mobil 12V

<i>State of Charge</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Voltage</i>
		12V
100%	1.265	12.7
75%	1.225	12.4
50%	1.190	12.2
25%	1.155	12.0
<i>Discharged</i>	1.120	11.9

(Sumber : <http://www.batterystuff.com> diakses terakhir tanggal 18 Oktober 2018)

Keterangan :

- Penghitungan yang akurat untuk kondisi *accu* penuh didapat setelah *accu* lebih dari 12 jam diistirahatkan selesai di-charge.
- Apabila *accu* baru selesai di charge akan terbaca 12,9 - 13,6V karena ada tegangan permukaan pada sel - sel aki (*surface charging*).
- Untuk melihat tegangan riilnya, nyalakan dulu lampu besar selama 5menit utk menghilangkan *surface charging*, baru dapat diukur tegangannya.
- Apabila Voltmeter dipasang agak jauh dari terminal *accu*. Maka, tegangan yang terbaca akan sedikit lebih rendah. karena adanya resistansi kabel.
- Apabila tegangan menunjukkan kurang dari sama dengan 10,5V, itu berarti ada korsleting di dalam sel - sel internal aki (*shorted cell*), artinya aki rusak dan tidak bisa di-charge atau dipakai lagi.

- *Accu* yang lebih besar tetap akan menunjukkan ukuran tegangan yang sama dengan aki kecil alias (tidak berpengaruh), namun *accu* yang amperenya dua kali lebih besar tentu menyimpan listrik juga dua kali lebih besar walaupun saat kondisinya sama - sama 50% *full* misalnya.

4. Kapasitas baterai

Kapasitas baterai menggambarkan sejumlah energi maksimum yang dapat dikeluarkan dari sebuah baterai dengan kondisi khusus tertentu. Tetapi kemampuan penyimpanan baterai dapat berbeda dari kapasitas nominalnya, diantaranya karena kapasitas baterai bergantung pada umur dan keadaan baterai, parameter charging dan discharging, dan temperatur. Satuan dari kapasitas baterai ini sering dinyatakan dalam Ampere hours, ditentukan sebagai waktu dalam jam yang dibutuhkan baterai untuk secara kontinu mengalirkan arus atau nilai discharge pada tegangan nominal baterai (Andycka S. & Brahmana, K., 2014) .

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kapasitas baterai adalah (Ying, S., dkk, 2008):

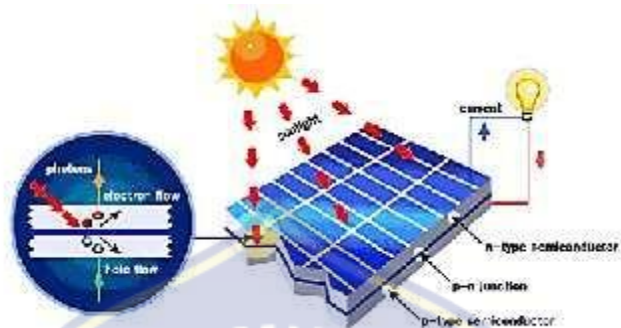
- a. Metode densitas cairan listrik, tetapi metode ini tidak cocok untuk *Valve Regulated Lead Acid Battery* (VRLA). Metode ini menggunakan pengukuran berat jenis cairan pada baterai untuk mengetahui sisa kapasitas suatu baterai.

- b. Metode *Open circuit voltage* (OCV). Metode ini cocok untuk baterai baru, tetapi ketika baterai digunakan setelah waktu yang lama, dan kapasitas baterai turun, perubahan tegangan rangkaian terbuka tidak dapat mencerminkan keadaan sebenarnya dari kapasitas.
- c. Metode discharge, kurva baterai diperoleh dengan eksperimen discharge dengan keakuratan dapat menggambarkan kinerja baterai. Namun, tes discharge tidak dapat sering dilakukan karena akan mempengaruhi kehidupan pelayanan baterai.
- d. Metode resistensi internal, kurva resistansi – kapasitas baterai harus diukur dalam metode ini. Proses pengukuran rumit, sehingga keumuman dari metode ini adalah lemah.

F. *Solar Cell*

Solar Cell atau panel surya adalah komponen elektronika dengan mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* (PV) adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak *Solar Cell* yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Photovoltaic*. *Solar Cell* mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu *Global*

Warming. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis.



Gambar 2.15. Skema *solar cell*

(Sumber : <http://solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya>)

Solar Cell pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan *Solar Cell* secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya. Prinsip dasar pembuatan *Solar Cell* adalah memanfaatkan efek *Photovoltaic* yakni suatu efek yang dapat merubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : Juni 2018 hingga Desember 2018.

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
Jalan Sultan Alauddin No. 259 Makassar

B. Data (Parameter)

Data/parameter yang akan dibutuhkan dalam analisis ini adalah:

1. Kapasitas baterai 70 Ah
2. Jarak tempuh 35 km
3. Kecepatan rata-rata 20 km/jam
4. Berat total 371,7 kg

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Laptop Asus X201E dengan spesifikasi:

Prosesor : Intel Celeron CPU 847.

Prosesor Grafis : Intel HD Graphics.

Memori RAM : 4 GB DDR3.

Memori Harddisk : 500 GB.

Sistem Operasi : Windows 8 Pro 64-bit.

b. Aplikasi Microsoft Excel 2010

D. Skema Penelitian

Secara garis besar skema penelitian yang akan dilakukan penelitian ini pada Gambar 3.1 berikut.

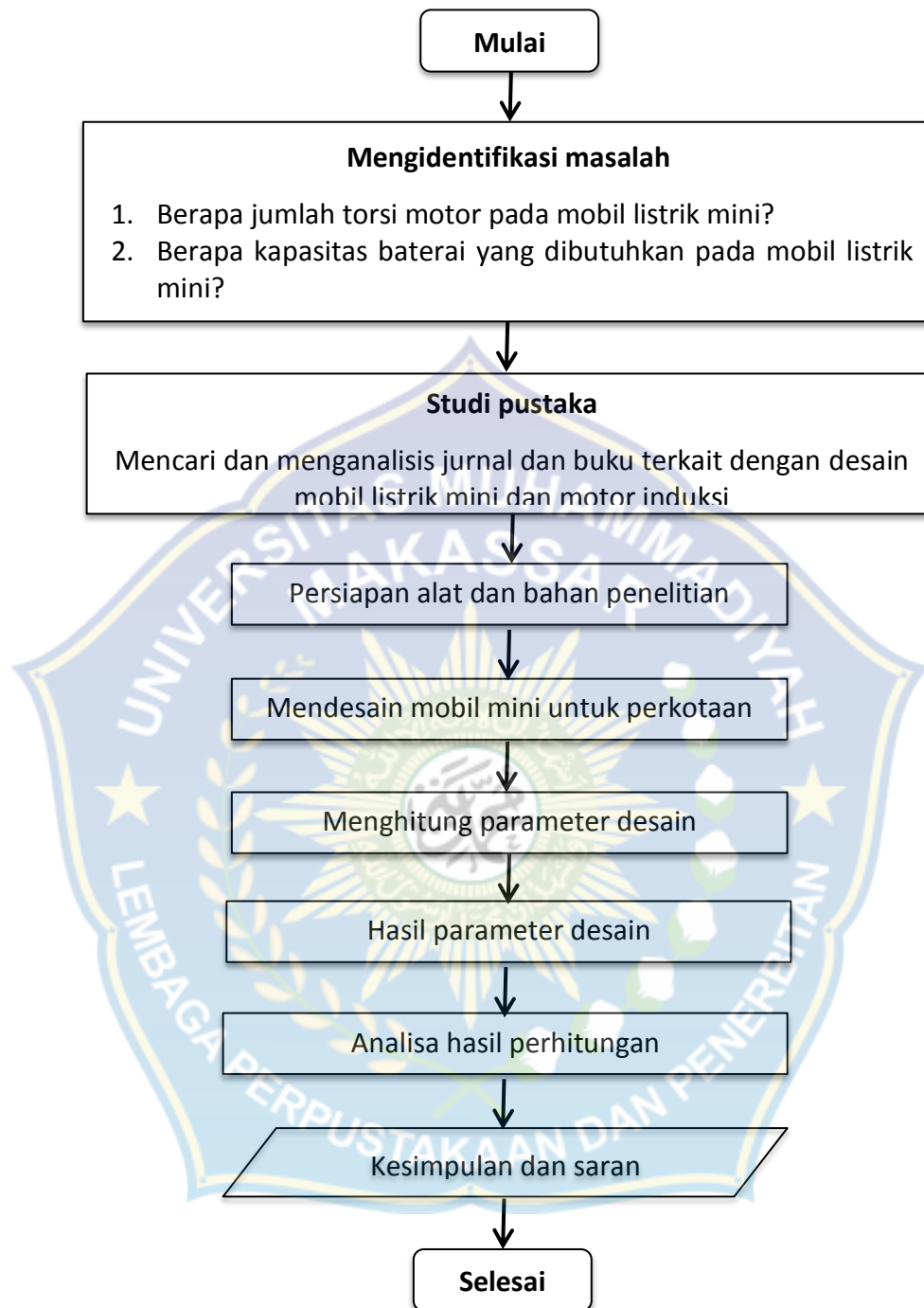


Gambar 3.1 Diagram skema penelitian

E. Langkah Penelitian

Pada penelitian ini mengidentifikasi masalah torsi motor dan kapasitas baterai. Mencari dan menganalisis jurnal dan buku terkait dengan desain mobil listrik mini dan motor induksi, mempersiapkan alat dan bahan penelitian, mendesain mobil mini untuk perkotaan, menghitung parameter desain, setelah mendapatka hasil parameter desain, maka menganalisa hasil perhitungan dan terakhir memberikan kesimpulan dan saran.

Secara garis besar tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3.2 berikut.

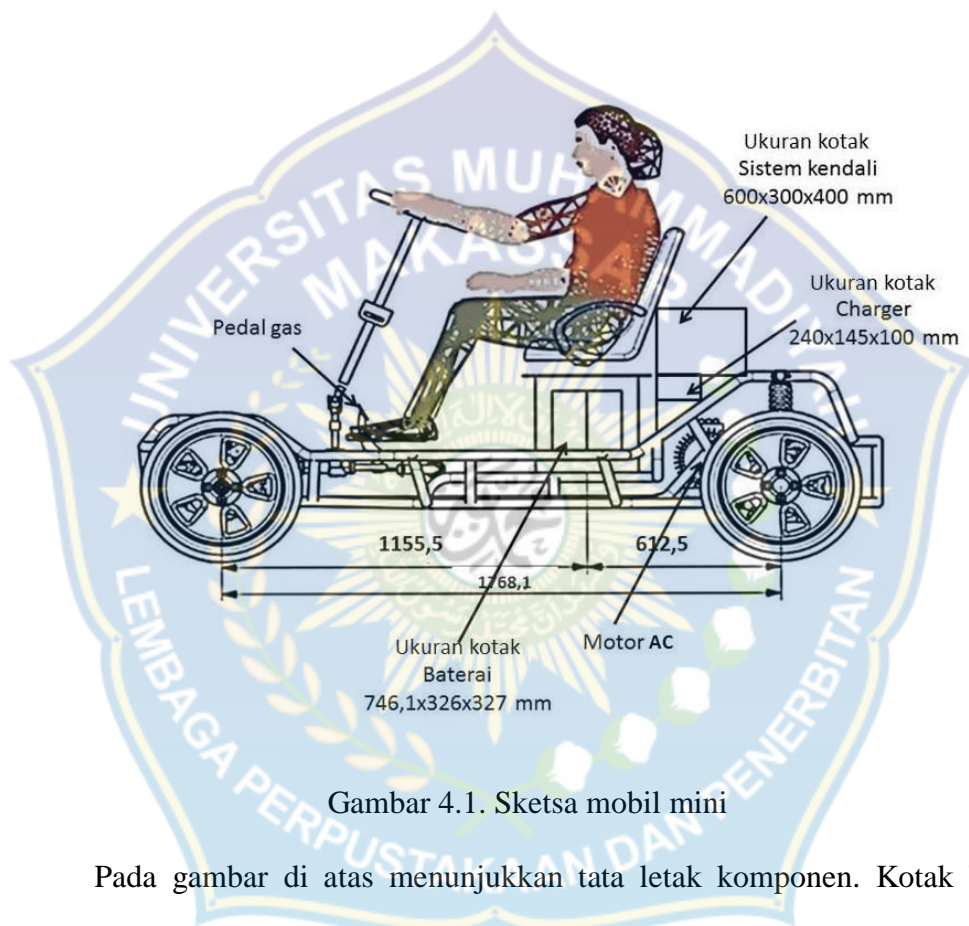


Gambar 3.2. Flowchart penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain

1. Tata letak komponen



Gambar 4.1. Sketsa mobil mini

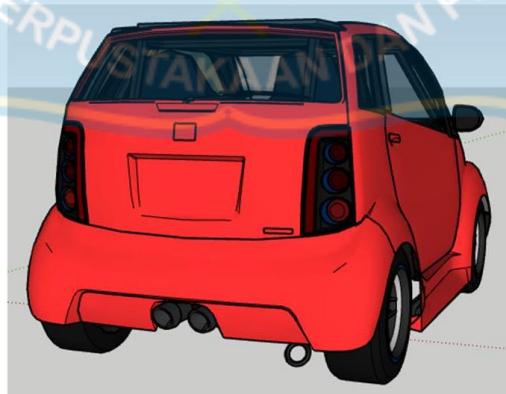
Pada gambar di atas menunjukkan tata letak komponen. Kotak baterai berada di bawah kursi. Kotak sistem kendali dan *charger* berada di belakang kursi.

2. Ilustrasi mobil listrik



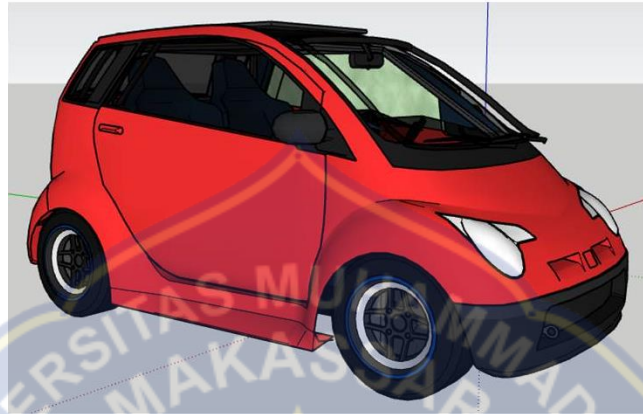
Gambar 4.2. Mobil mini tampak dari depan

Bodi mobil listrik mini tampak dari depan ini merupakan rancangan dari Sadikin 2013. Dengan sedikit modifikasi pada bagian *body* dan bahan pembuatan terbuat dari serat karbon dengan metode infusion atau vacuum sehingga *body* mobil menjadi lebih ringan.



Gambar 4.3. Mobil mini tampak dari belakang

Pada bagasi mobil terlihat ruang yang cukup luas untuk tempat barang-barang.



Gambar 4.4. Mobil mini tampak dari samping

Bagian alas *body* mobil yang tertutup sangat aman digunakan pada jalan yang becek sehingga kotoran tidak mengenai pengendara.



Gambar 4.5. Tampak dari atas

Pada bagian atas terdapat *solar cell* yang berfungsi untuk menyuplai energi ke baterai ketika terkena sinar matahari. *Solar cell* sangat ramah lingkungan jadi sangat cocok digunakan sebagai energi alternatif di era modern ini.

B. Komponen Utama

1. Motor Listrik

Motor induksi tiga-fase mempunyai kecepatan putaran 1420 rpm bertenaga 1 HP. Motor tersebut memiliki tegangan 240 V dan arus 2,14 A.

2. Baterai

Penelitian ini menggunakan 2 buah baterai yang dirangkai paralel dengan masing-masing kapasitas baterai 70 Ah dan tegangan 12 V. Kapasitas keseluruhan baterai adalah tegangan 12 V dan kapasitas 140 Ah.

3. Inverter

Inverter pada penelitian kami menggunakan tegangan *output* 220 V. Memiliki frekuensi 50 Hz dan daya output sebesar 5000 w sampai 10000 w.

4. *Charger*

Charger atau pengisian ulang mempunyai tegangan 12 V dan arus sebesar 100 A. *Charger* ini mempunyai berat 4 kg.

5. *Solar cell*

Solar cell yang digunakan berkapasitas 100W, dengan daya 18,3 V dan arus 5,46A.

6. *Charger controller*

Charger controller memiliki tegangan 12V dan arus 20A.

C. Perhitungan Desain

1. Rumus menghitung kecepatan sinkron, jika yang diketahui frekuensi dan jumlah kutub pada motor AC. (Trikueni-desain-sistem.blogspot.com)

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

Dengan

n_s = Kecepatan sinkron motor

f = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub motor

Jadi

$$n_s = \frac{120 \cdot 50 \text{ Hz}}{4}$$

$$n_s = 1500 \text{ rpm}$$

2. Menghitung slip pada motor. (Trikueni-desain-sistem.blogspot.com)

$$\% \text{ slip} = \frac{n_s \cdot n}{n_s}$$

Dengan

n = Kecepatan motor (rpm)

Jadi

$$\% slip = \frac{1500 - 1420}{1500} \times 100$$

$$\% slip = \frac{80}{1500} \times 100$$

$$slip = 5,3 \%$$

3. Menghitung torsi motor. (Trikueni-desain-sistem.blogspot.com)

$$T = \frac{5252 \cdot HP}{n}$$

Dengan

T = Torsi motor (Nm)

n = Kecepatan putar motor (rpm)

HP= Daya kuda motor (HP = 746 watt)

Jadi

$$T = \frac{5252 \cdot 1}{1420}$$

$$T = 3,69 \text{ lb ft} = 4,8 \text{ Nm}$$

Catatan

$$1 \text{ lb ft} = 0,1383 \text{ kgm} = 1,305 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ kgm} = 7,233 \text{ lb ft} = 9,807 \text{ Nm}$$

4. Menghitung jumlah baterai. (Trikueni-desain-sistem.blogspot.com)

- a. Menghitung waktu tempuh

$$Waktu = \frac{Jarak}{Kecepatan}$$

Dengan

$$Jarak = 35 \text{ km}$$

$$Kecepatan = 35 \text{ km/jam}$$

Jadi

$$Waktu = \frac{35}{35}$$

$$Waktu = 1 \text{ Jam}$$

b. Menghitung kapasitas motor

$$\text{Kapasitas motor 3 fase} = \text{tegangan} \times \text{arus} \times 3$$

Dengan

$$\text{Tegangan} = 240 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 2,14 \text{ A}$$

Jadi

$$\text{Kapasitas motor} = 240 \times 2,14 \times 3$$

$$\text{Kapasitas motor} = 1540,8 \text{ W}$$

$$\text{Sehingga } 1540,8 \times 1 \text{ jam} = 1540,8 = 1,5 \text{ kWh}$$

c. Menghitung kapasitas baterai

$$\text{Kapasitas baterai} = \text{tegangan} \times \text{daya}$$

Dengan

$$\text{Tegangan} = 12 \text{ V}$$

$$\text{Daya} = 70 \text{ Ah}$$

Jadi

$$\text{Kapasitas baterai} = 12 \times 70$$

$$\text{Kapasitas baterai} = 840 = 0,84 \text{ kW}$$

d. Jumlah baterai

Jumlah baterai yang dipakai dalam penelitian ini sebanyak 2 buah baterai.

e. *Supplay Solar cell*

Kapasitas baterai akan dibantu dengan energi dari *solar cell*, sehingga jika *solar cell* terkena sinar matahari akan mengisi daya baterai.

$$\text{Waktu} = \text{jumlah baterai} / \text{kapasitas motor}$$

$$\text{Waktu} = 2 / 1,5$$

$$\text{Waktu} = 1,33 \text{ jam}$$

$$\text{Jarak tempuh} = \text{watu} \times \text{kecepatan}$$

$$\text{Jarak tempuh} = 1,33 \text{ jam} \times 35 \text{ km/jam}$$

$$\text{Jarak tempuh} = 46,67 \text{ km}$$

$$\text{Daya PLTS} = \text{daya} \times \text{waktu}$$

$$\text{Daya PLTS} = 0,2 \text{ kW} \times 1,33 \text{ jam}$$

$$\text{Daya PLTS} = 0,27 \text{ kWh}$$

5. Kecepatan Maksimum. (Leitman. 2009)

Berat Mempengaruhi Kecepatan. Meskipun kecepatan juga melibatkan faktor-faktor lain, itu pasti terkait dengan berat *body* (Leitman. 2009).

$$hp = FV / 550$$

Di mana hp adalah tenaga kuda motor, F adalah gaya dalam pound, dan V adalah kecepatan dalam m / detik.

Untuk mengetahui kecepatan maksimal mobil, maka dapat dicari dengan menggunakan persamaan

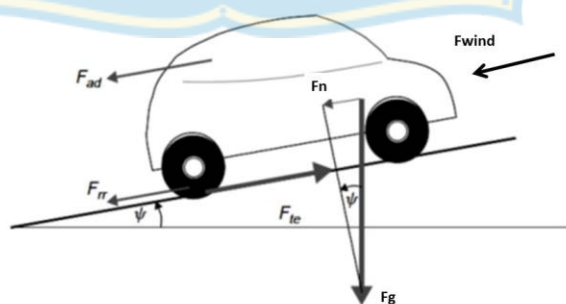
$$V = 3976,012 \times HP / F$$

$$V = 3976,012 \times 1 / 371,7 \text{ kg}$$

$$V = 10,7 \text{ m/s}$$

Jadi dari hasil perhitungan di atas, mobil dapat melaju 38,5 km/jam dengan bobot kendaraan sebesar 371,7 kg.

6. Torsi beban



Gambar 4.5. Gaya gaya yang bekerja

(Jovendra. 2012)

Diketahui:

Kemiringan 10°

$$\begin{aligned} F_{rr} &= U_{rr} \times \text{Berat} \times \cos 10^\circ \text{ (rad)} \\ &= 0,012 \times 371,7 \times \cos 0,1745 \\ &= 4,3926 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_g &= \text{Berat} \times \sin 10^\circ \\ &= 371,7 / 9,8 \times 0,173 \\ &= 6,5862 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{wind}} &= 0,5 \times U_r \times g \times A_P \times V^2 \\ &= 0,5 \times 1,25 \times 0,025 \times 0,19 \times 30,8642 \\ &= 0,092 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ac} &= m \times a \times 1,06 \\ &= (371,7/9,8) \times 0,2778 \times 1,06 \\ &= 11,1679 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{tot}} &= 4,3926 \text{ N} + 6,5862 \text{ N} + 0,092 \text{ N} + 11,1679 \text{ N} \\ &= 22,2386 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi beban} &= F_{\text{tot}} \times r \\ &= 22,2386 \text{ N} \times 0,1778 \text{ m} \\ &= 3,954 \text{ Nm} \end{aligned}$$

7. *Solar cell* (Jovendra Heru. 2012)

$$\text{Dengan } t = 5 \text{ jam}$$

$$P_{\max} = 2 \times 100 = 200 \text{ W}$$

$$E = P_{\max} \times t$$

$$= 200 \times 5$$

$$= 1000 \text{ w} = 1 \text{ kWh}$$

D. Berat Mobil

Bobot kendaraan adalah sebagai berikut

Rangka = 50 kg (asumsi)

Bodi mobil = 15 kg (asumsi)

Penumpang = 2×65 kg/orang (asumsi)

Barang = 2×10 kg/orang (asumsi)

Baterai = $2 \times 18,3$ kg/baterai

Motor = 22 kg

Inverter = 13,5 kg

Ban = 4×8 kg

Kursi = 3 kg (asumsi)

Charger = 4 kg

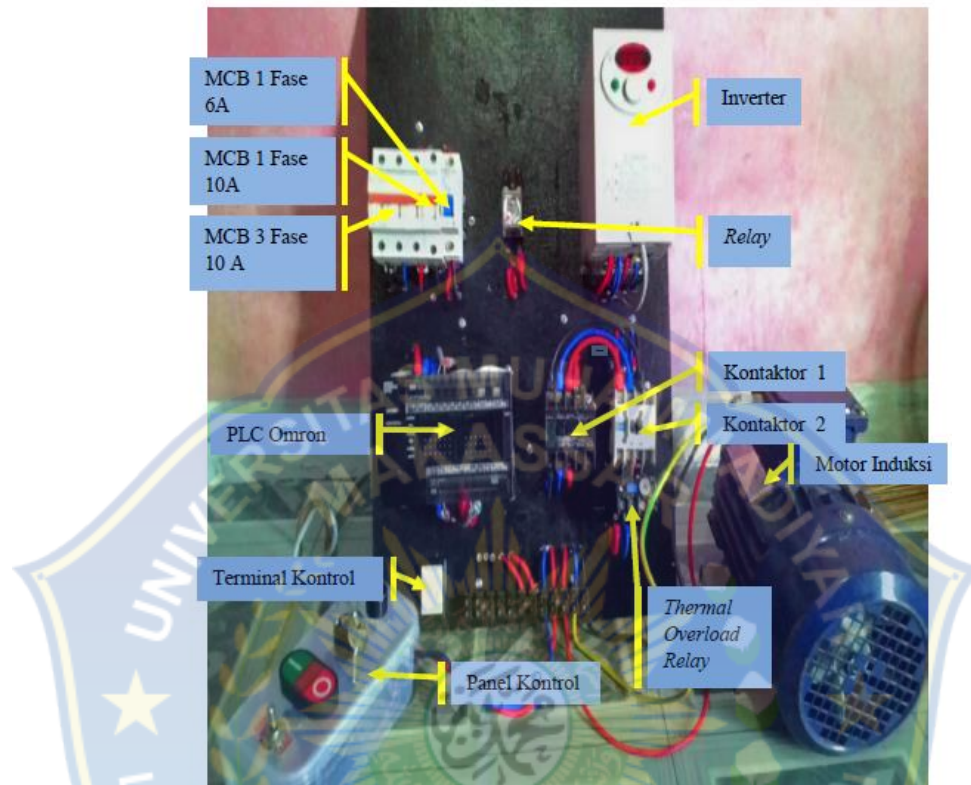
Solar cell = 2×7 kg

Rangka tambahan atas = 28,1 kg

Fiberglass = 0,5 kg

Berat total = 371,7 kg

E. Sistem Kendali



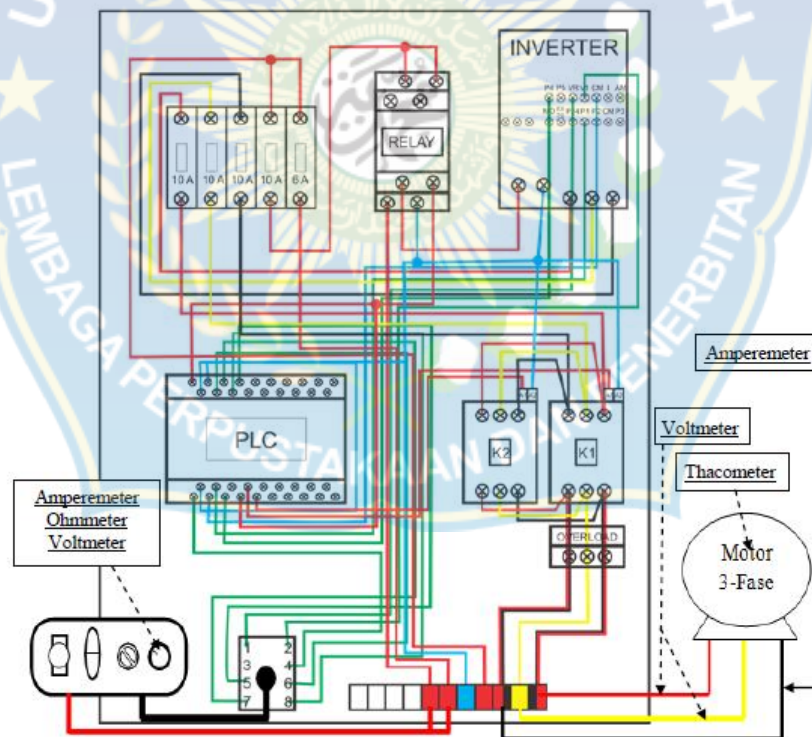
Gambar 4.6. Foto sistem kendali

(Satriadi. 2015)

Seperti yang terlihat pada gambar di atas merupakan hasil penelitian sebelumnya. Yaitu alat saling terhubung dan menjalankan fungsinya sebagai sistem yang saling mendukung. Pada panel kendali terdapat komponen-komponen yaitu forward dan reverse, tombol run/start dan stop/reset, pengunci, serta ada pula kendali kecepatan (potensio) yaitu komponen yang dapat mengubah kecepatan atau memvariasikan kecepatan dari kecepatan minimum sampai kecepatan maksimum. (Satriadi. 2015)

PLC memiliki peranan penting di dalam sistem ini sebagai penghubung sinyal masukan dan sinyal keluaran, dimana sinyal masukan dari panel kendali diterima dan diolah sehingga menghasilkan sinyal keluaran sesuai dengan sistem rangkaian pada Software CX-Programming yang telah dirangkai sesuai dengan kebutuhan untuk mengendalikan Inverter Drive dan Kontaktor.

Inverter menerima perintah dari PLC dan Kontrol untuk menghasilkan daya yang berubah-ubah nilai frekuensinya untuk disalurkan ke motor tiga-fase, berubahubahnya frekuensi inilah yang menyebabkan perubahan kecepatan putaran pada motor tiga-fase. (Satriadi. 2015)



Gambar 4.7. Rangkaian pengawatan sitem kendali

(Satriadi. 2015)

Gambar di atas menunjukkan jalur rangkaian pengawatan pada aplikasi kendali kecepatan motor induksi tiga fase berbasis PLC Omron CP1E. Dalam rangkaian tersebut terdapat alat berupa satu buah motor induksi tiga-fase, satu buah inverter, satu buah IR *relay box*, satu buah PLC, dua buah kontaktor, satu buah *thermal overload relay*, dan tiga buah MCB yaitu MCB satu fase 6A, MCB satu fase 10A, MCB tiga fase 10A.

PLC yang digunakan pada rangkaian aplikasi kendali motor tersebut yaitu PLC Omron CP1E dimana PLC tersebut berisi instruksi berupa program. Dalam rangkaian tersebut terdapat Inverter LS iC5 yang selain dapat mengubah tegangan AC ke DC atau sebaliknya juga dapat mengontrol kecepatan melalui potensiometer yang terdapat pada inverter tersebut. Kontaktor bermerek Mitsubishi model S-N10 dan INS model S-K12 dimana kontaktor ini digunakan untuk melakukan fungsi *forward* dan *reverse*. MCB satu fase 6A bermerek CHNT, MCB satu fase 10A bermerek Schneider, dan MCB tiga fase 10A bermerek Schneider dimana MCB tersebut sebagai pemutus arus dan sebagai pengaman hubung singkat. Terdapat IR *Relay Box* bermerek Omron LY2N yang berfungsi untuk mengontrol atau mengendalikan output rangkaian. Dalam rangkaian tersebut juga terdapat *Thermal Overload Relay* bermerek Mitsubishi model TH-N12 sebagai pengaman motor listrik dari beban lebih. Adapun motor yang digunakan yaitu motor induksi tiga-fase dengan daya input 220V dengan frekuensi 50Hz.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Desain sistem mobil listrik memiliki bobot maksimal 371,7 kg
2. Dengan kecepatan rata-rata 20 km/jam membutuhkan energi sebesar 2 baterai bertegangan 12 v dan dibantu oleh energi dari *solar cell*.
3. Mobil listrik 2 penumpang ini mempunyai torsi motor sebesar 4,8 Nm

B. SARAN

Berdasarkan pada hasil, pembahasan dan kesimpulan, supaya sistem penggerak yang digunakan pada mobil listrik dapat bekerja dengan baik maka disarankan sebagai berikut:

1. Dalam perancangan rangka *chasis* mobil listrik ini sangat nyaman dan sudah memenuhi standar industri.
2. Periksa secara berkala arus yang bekerja pada motor penggerak karena jika arus yang mengalir pada kumparan mengalami penurunan maka kerja motor listrik kurang maksimal.
3. Beban yang digunakan jangan berlebihan mulai dari rangka, bodi dan lain-lain supaya kinerja motor tidak terlalu berat sehingga kecepatannya bisa maksimal. Selalu periksa keadaan baterai sebelum mobil listrik digunakan karena baterai merupakan sumber arus yang digunakan untuk menggerakkan motor penggerak pada mobil listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, Vipul & Rajan, Ritu. 2013. Modeling of Electric Vehicle: State of Art. MIT International Journal of Electrical and Instrumentation Engineering. Vol. 3(1): 24–28.
- Al-Atas, Husin Mustafa. 2015. Pengembangan Model Baterai Timbal Asam Berbasis RBFNN (Radial Basic Function Neural Network). Universitas Jember.
- Batterystuff . 2018. <http://www.batterystuff.com> diakses terakhir tanggal 18 Oktober 2018
- Daryanto, 2006, Pengetahuan Baterai Mobil, Bumi Aksara
- Dhameja, S., 2002, Electric Vehicle Battery Systems, Newnes, Uni-ted Stated.
- Drs. Kismet Fadillah, Drs Wurdono. 1999. *Instalasi Motor-motor Listrik*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Husain, I., 2003, Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals, Pertama, CRC Press, United Stated.
- Jovendra Heru. 2012. Rancang Bangun Kendaran Listrik Dengan Memanfaatkan Potensi Sel Surya. Skripsi. Universitas Indonesia
- Larminie, J., Lowry, J., 2003, Electric Vehicle Technology Explained, John Wiley & Son.
- Leitman, Seth. Brant Bob. 2009. Build your Own Electric Vehicle.
- Rahmansyah, Abd., Satriadi. 2015. Realisasi Sistem Kendali Motor Induksi Tiga Fase Berbasis PLC Omron. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar

Sadikin.Ali. 2013. Perancangan rangka chasis mobil listrik untuh 4 penumpang menggunakan software 3D siemens NX8. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.

S., Anda Andycka & Brahmana, K., 2014.Pembuatan Sumber Tenaga Listrik Cadangan Menggunakan Solar Cell, Baterai dan Inverter Untuk Keperluan Rumah Tangga. Universitas Sumatra Utara.

Solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya, diakses terakhir tanggal 17 Oktober 2018.

Trikueni-desain-sistem.blogspot.com, diakses pada 24 Desember 2018.

Wikipedia. 2018. Akumulator. <http://id.m.wikipedia.org/akumulator>, diakses terakhir tanggal 17 Oktober 2018.

Wikipedia. 2018. *Mobil Listrik*. https://id.wikipedia.org/wiki/Mobil_listrik. diakses 29 Oktober 2018.

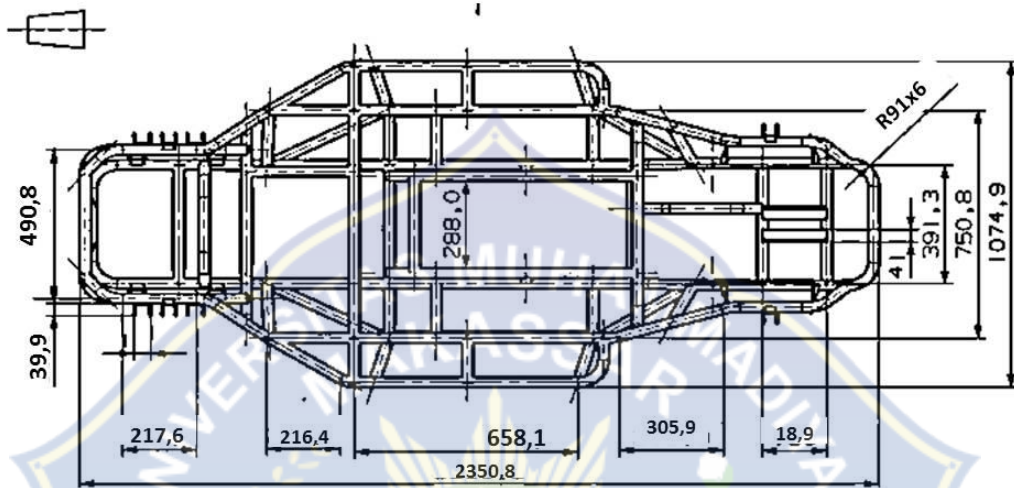
Yang, Xiyun., Jiang, Feifei., & Wu, Xiaoning., 2013. Prediction of Lead Acid Storage Battery's Remaining Capacity Based on LM-BP Neural Network. Chinese Control and Decision Conference (CCDC). Vol 25:1908 – 1912

Ying, S., Ding, S., Yang, J., Hung, R., Electrochemistry Theorem Ba-sed State-of-Charge Estimation of the Lead Acid Batteries for Electric Vehicles, WSEAS Tran-sactions on Systems, Issue 10, Volume 7, October 2008, pp.10-92-1103.

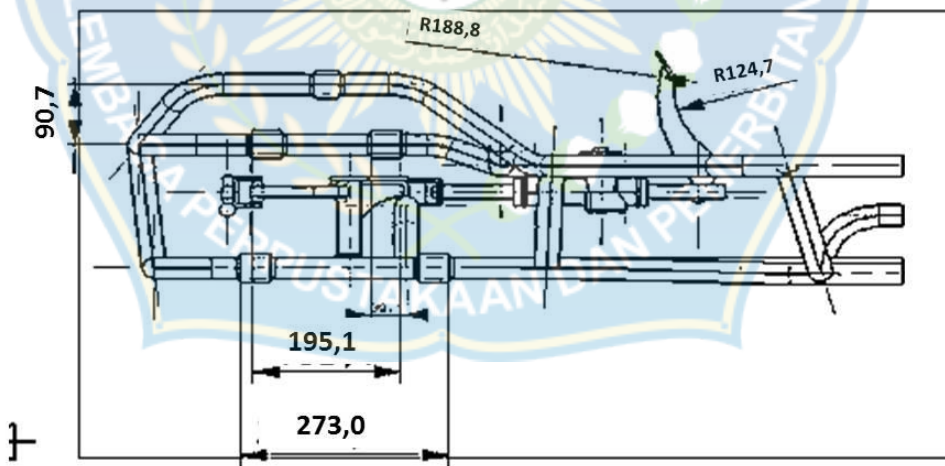


LAMPIRAN

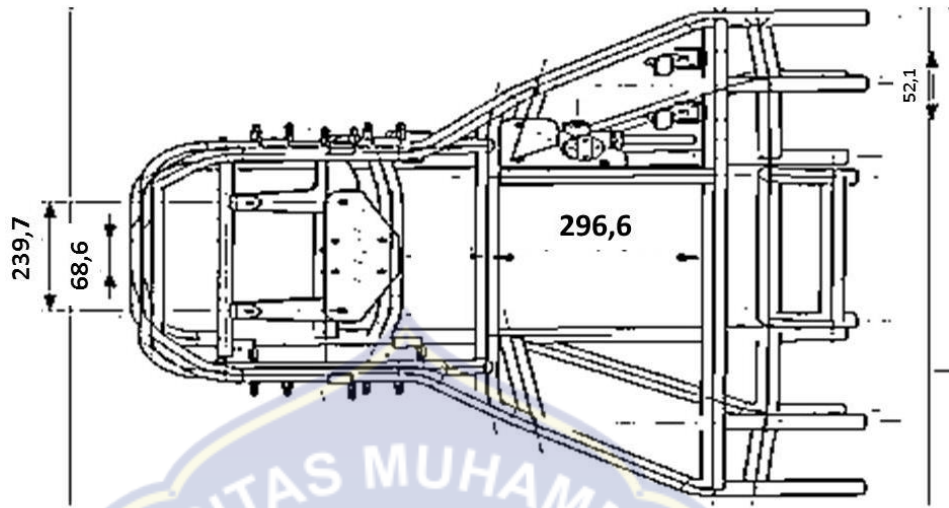
LAMPIRAN



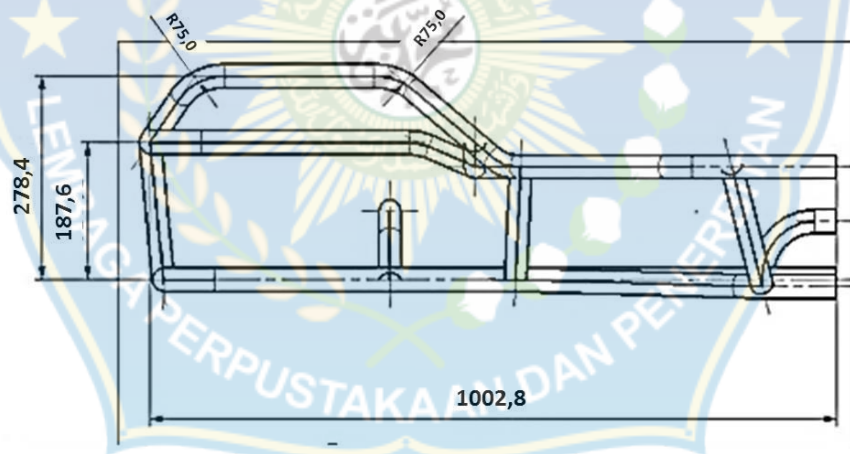
Gambar 1. Dimensi mobil



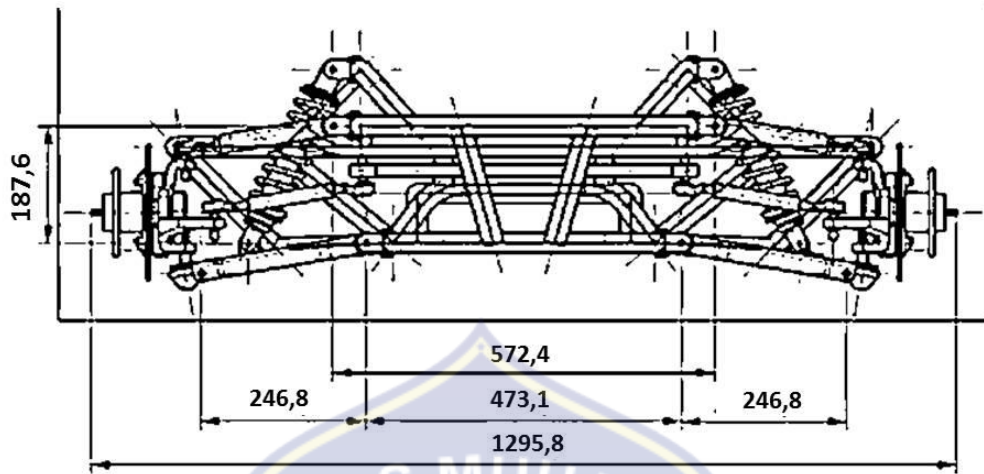
Gambar 2. Rangka bagian depan tampak samping



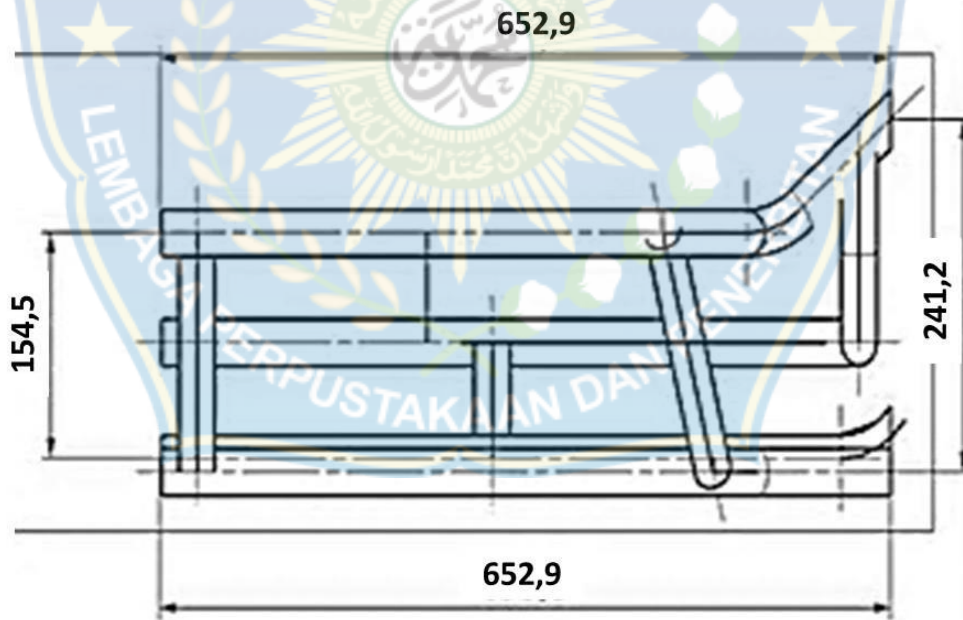
Gambar 3. Rangka bagian depan tampak atas



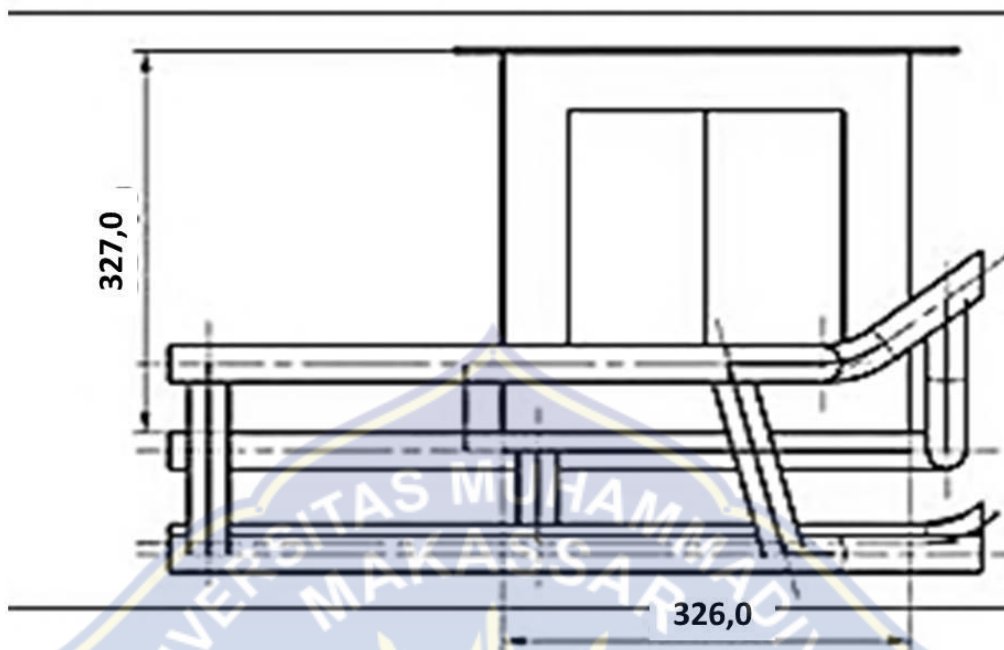
Gambar 4. Rangka bagian depan tampak samping



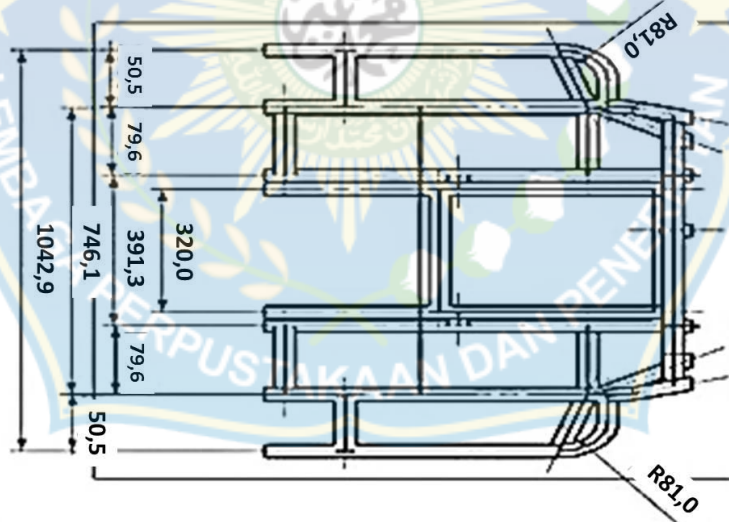
Gambar 5. Rangka bagian depan tampak depan



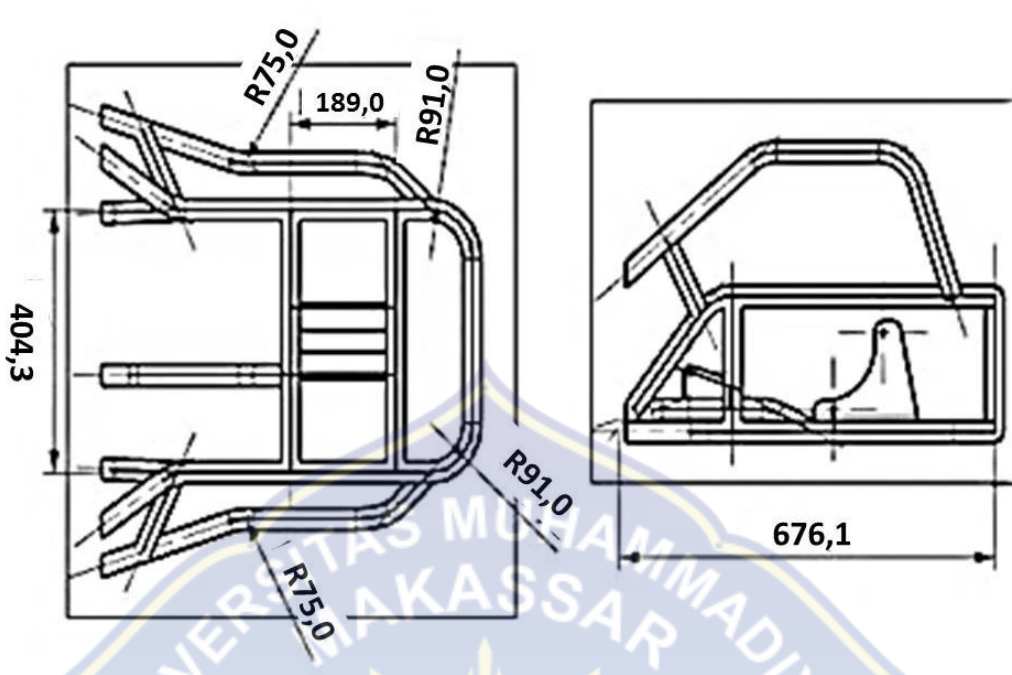
Gambar 6. Rangka bagian tengah tampak samping



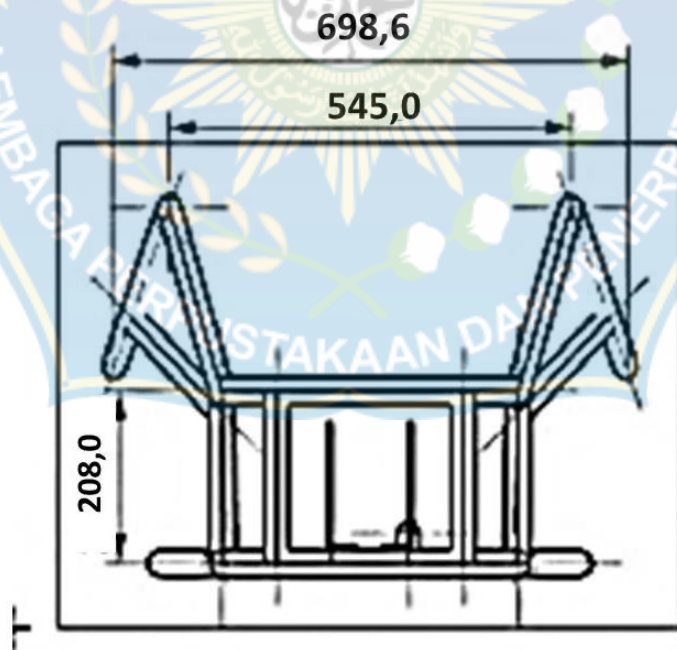
Gambar 7. Rangka bagian tengah tampak samping dengan kotak baterai



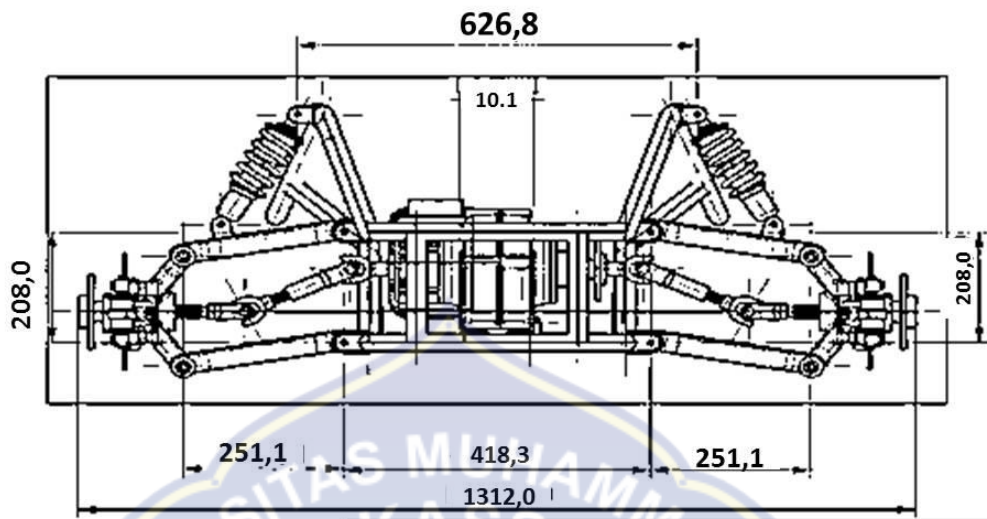
Gambar 8. Rangka bagian tengah tampak atas



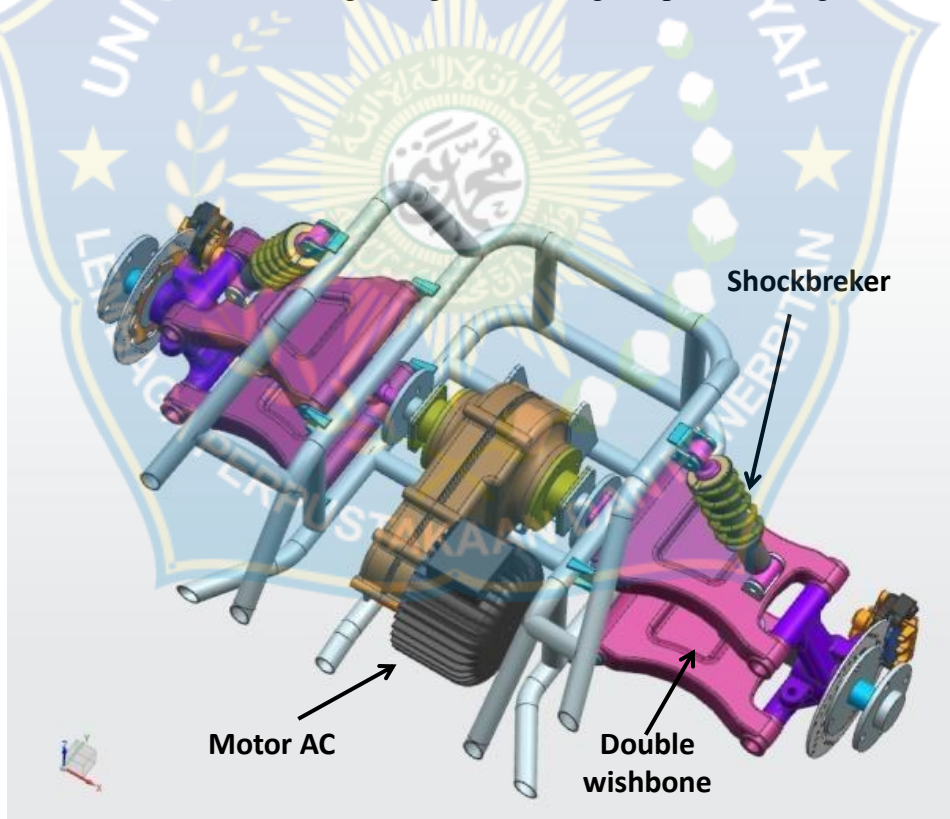
Gambar 9. Rangka bagian belakang tampak samping dan atas



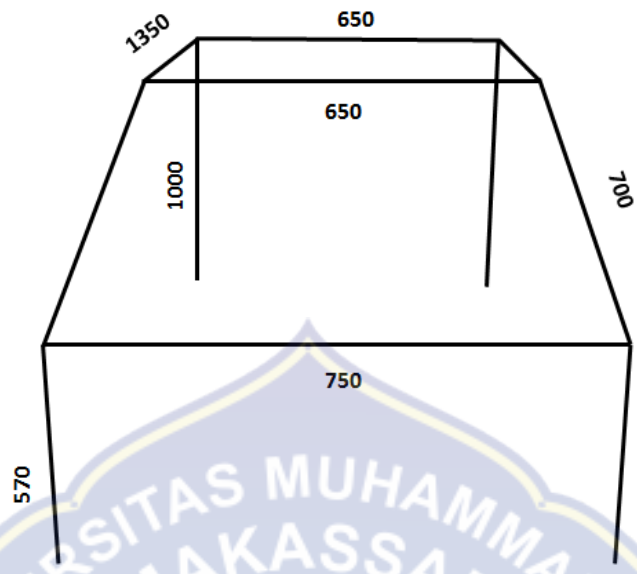
Gambar 10. Rangka bagian belakang tampak depan



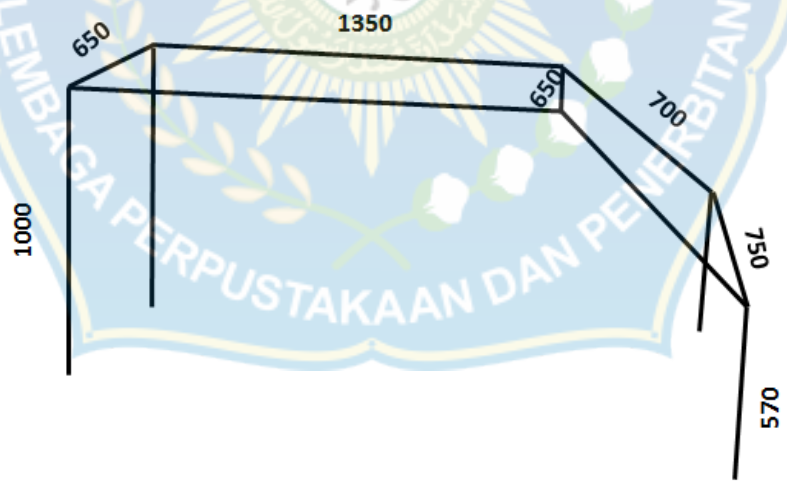
Gambar 11. Rangka bagian belakang tampak belakang



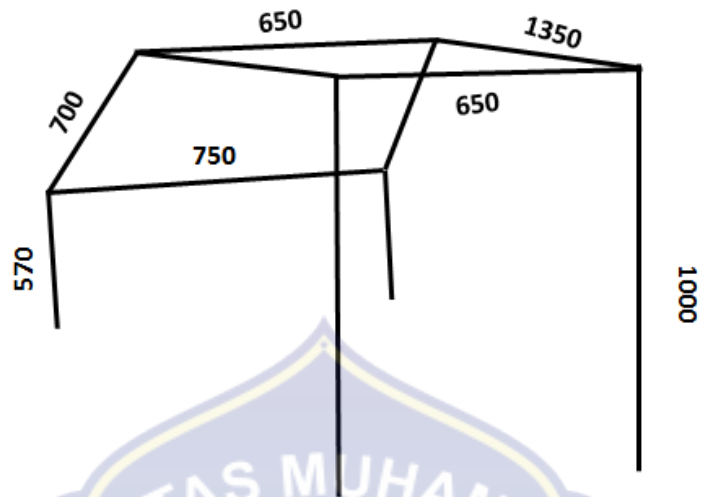
Gambar 12. Rangka bagian belakang



Gambar 13. Rangka tambahan bagian atas tampak depan



Gambar 14. Rangka tambahan bagian atas tampak samping



Gambar 15. Rangka tambahan bagian atas tampak belakang

Tabel 16. Spesifikasi motor listrik

No.	Parameter	Nilai
1	Berat	22 kg
2	Merek	Teco
3	Daya	0,75 KW
4	Tegangan	240 V
5	Arus	2.14 A
6	Frekuensi	50 Hz
7	Kutub	4
8	Kecepatan putaran	1420 rpm
9	Suhu	40°C

Tabel 17. Spesifikasi baterai

No.	Parameter	Nilai
1	Jenis	MF Baterai
2	Tegangan	12 V
3	Kapasitas	70 Ah
4	Berat	18,3 kg
5	Ukuran	260x173x225 mm

Tabel 18. Spesifikasi inverter

No	Parameter	Nilai
1	Berat	13,5 kg
2	Tegangan <i>output</i>	220V
3	Frekuensi <i>output</i>	50Hz
4	Daya <i>output</i>	5000w-10000w
5	Ukuran	52x21,7x15,3 cm

Tabel 19. Spesifikasi *charger*

No	Parameter	Nilai
1	Berat	4 kg
2	Tegangan	12V
3	Arus	100A
5	Ukuran	24x14,5x10 cm

Tabel 20. Spesifikasi *solar charger*

No	Parameter	Nilai
1	Tegangan	12V
2	Arus	10A

Tabel 21. Spesifikasi *solar cell*

No	Parameter	Nilai
1	Berat	7,12 kg
2	Tegangan	18,3V
3	Arus	5,46A
4	Ukuran	100,5x67x3 cm
5	Daya	100W

