

TUGAS AKHIR
ANALISA PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PADA
KELUARAN CAR RADIATOR MOTOR SEBAGAI
PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK
ALTERNATIF

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

DISUSUN OLEH :
MUHAMMAD IOBAL
1707220051



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

Nama : Muhammad Iqbal
NPM : 1707220051
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : ANALISA PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS
PADA KELUARAN CAR RADIATOR MOTOR
SEBAGAI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK
ALTERNATIF

Telah berhasil di pertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 20 Februari 2022

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen pembimbing



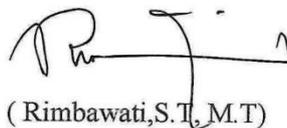
(Partaonan Harahap, S.T, M.T)

Dosen Pembanding I / Penguji



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

Dosen Pembanding II / Penguji



(Rimbawati, S.T, M.T)

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Iqbal
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 12 September 1998
NPM : 1707220051
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“ANALISA PENGUJIAN TEGANGAN ARUS PADA KELUARAN CAR RADIATOR MOTOR SEBAGAI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK ALTERNATIF”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik,

Medan, 05 Januari 2022

Saya Yang Menyatakan



Muhammad Iqbal

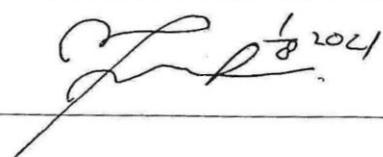
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PADA KELUARAN CAR RADIATOR MOTOR SEBAGAI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK ALTERNATIF

Nama : Muhammad Iqbal

NPM : 170722005

Dosen Pembimbing : Partaonan Harahap, ST,MT

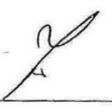
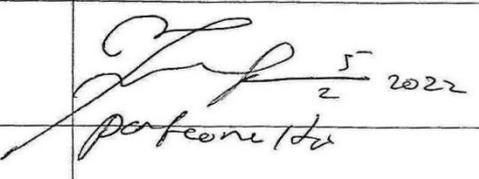
No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Jumat, 21/5/2021	Perbaito bab I dan Bab II	
2	Jumat ⁴ 25/5/2021	Perbaito Tinjau pustaka	
3.	Kam. 24/5/2021	layut Bab 3. pustaka moduly	
4	8/6/2021	perbaito depar pustaka	
5.	18/7 - 2021	perbaito cover dan logo	
6.	20/7 - 2021	Buat power poin untuk presentasi	
7.	1/8 2021	Acc infily dan revisi proposal	
			

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PADA KELUARAN
CAR RADIATOR MOTOR SEBAGAI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK
ALTERNATIF**

Nama : Muhammad Iqbal
NPM : 1707220051

Dosen Pembimbing : Partaonan Harahap, ST. MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	17/1 - 2022	Perbaiki Hasil skema	
2.	20/1 - 2022	ceba lihat kembali probleme dan cara pengerjaan	
4	21/1 - 2022	Pelajaran perbaikan	
5.	28/1 - 2021	Cara perbaikan	
6.	2/2/2022.	Rapiteng Tolong gabung masalah	
7.	Acc antara	sidang 5/2/2022.	
		 5/2/2022 Partaonan Harahap	

ABSTRAK

Pada saat ini krisisnya bahan bakar fosil untuk kebutuhan sehari-hari di Indonesia tetapi masih banyak digunakan untuk memproduksi listrik, dimana bahan bakar tersebut jika terus-menerus digunakan akan habis dan tidak dapat diperbarui lagi. Berdasarkan permasalahan ini peneliti ingin melakukan Analisa Pengujian Tegangan dan Arus Pada Keluaran Car Radiator Motor sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif yang ramah lingkungan dengan sumber pembangkit dari Baterai sebagai energi listrik alternatif, yang akan menggunakan Car Radiator Motor. Sehingga peneliti ingin membuat Perbandingan Hasil Pengujian Pada Tegangan dan Arus Pada Keluaran Car Radiator Motor sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan, arus dan putaran Radiator Motor agar dapat mengetahui efisiensi dan baik dipergunakan untuk perumahan yang jauh akan suplai PLN dan untuk menghemat pengeluaran biaya PLN. Hasil dari keluaran Car Radiator Motor hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 43.25 Vdc, arus rata-rata 4.04 ampere dengan putaran rata-rata 3582 RPM dipercobaan pertama sedangkan untuk percobaan kedua bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 43.5Vdc, arus rata-rata 4.04 ampere dengan putaran 3574 RPM.

Kata kunci : Car Radiator Motor dan Energi Listrik Alternatif

ABSTRACT

In times of crisis, fossil fuels are used for daily needs in Indonesia but are still used to produce electricity, where a lot of these fuels if used continuously will run out and cannot be used anymore. Based on this problem, the researcher wants to analyze the connection and current testing at the Car Radiator Motor Output as an Environmentally Friendly Alternative Electrical Energy Generator with a generator source from batteries as alternative electrical energy, which will use a Car Radiator Motor. So that researchers want to make a comparison of test results on connections and currents at the car radiator motor output as an alternative electric energy generator. This study aims to determine the voltage, current and rotation of the Radiator Motor in order to determine the efficiency and good use for homes that are far from the PLN supply and to save PLN costs. The results of the Motor Car Radiator can only issue an average voltage of 43.25 Vdc, an average current of 4.04 amperes with an average rotation of 3582 RPM in the first experiment while the second experiment can issue an average voltage of 43.5 Vdc, the average current average 4.04 amperes with 3574 RPM rotation.

Keywords: *Car Motor Radiators and Alternative Electrical Energy*

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun pun yang jatuh tanpa izin-Nya. Alhamdulillah atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Analisa Pengujian Tegangan dan Arus pada Keluaran Car Radiator sebagai pembangkit Energi Listrik Alternatif”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan beribu terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis : Bapak Selamat dan Ibu Sri Hidayati, yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T.,selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh Bapak/ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis.

10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Orang tua peneliti: Edi Sundawa dan Setiawati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi peneliti.
12. Sahabat – sahabat peneliti: Laras Sendi Anisa, Ilham Muhammad, M.Ihsan Arifin, Afif Hafizi, Reza Prasetia dan lainnya yang tidak mungkin saya sebut namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, hal itu penulis sadari karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi orang lain pada umumnya.

Medan, 05 Januari 2022

Penulis

Muhammad Iqbal

1707220051

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang lingkup.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Relevan.....	5
2.2 Teori Singkat	9
2.2.1 Motor Penggerak Listrik	9
2.2.2 Jenis-jenis Motor Listrik	10
2.2.2.1 Motor Listrik DC (Arus Searah).....	10
2.2.2.2 Motor Listrik AC (Arus Bolak-Balik)	18
2.2.3 Inverter.....	24
2.2.3.1 Prinsip Kerja Inverter	25
2.2.3.2 Struktur Inverter	27
2.2.3.3 Pengendalian Tegangan Inverter	28
2.2.4 Baterai	30
2.2.5 Tegangan Listrik.....	34
2.2.5.1 Alat Ukur Tegangan	34

2.2.6 Arus Listrik.....	35
BAB 3 METODE PENELITIAN	37
3.1 Waktu dan Tempat.....	37
3.2 Peralatan dan Bahan	37
3.2.1 Peralatan Penelitian	37
3.2.2 Bahan Penelitian.....	37
3.3 Prosedur Penelitian	39
3.4 Gambar Keseluruhan Rangkaian	39
3.5 Bagan Rangkaian.....	40
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Deskripsi Umum.....	44
4.2 Hasil Pengujian.....	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1. Motor Listrik	5
Gambar.2.2.Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik	5
Gambar.2.3.Motor Listrik DC	6
Gambar.2.4.Simbol Motor DC.....	8
Gambar.2.5.Magnet yang membawa Arus mengelilingi Konduktor	10
Gambar.2.6. Magnet yang membawa Arus mengelilingi Konduktor	10
Gambar.2.7.Medan Magnet mengelilingi Konduktor dan Diantara Kutub	10
Gambar.2.8.Reaksi Garis Fluks	10
Gambar.2.9.Karakteritik Motor DC Shunt.....	12
Gambar.2.10.Karakteristik Motor DC Seri	13
Gambar.2.11.Karakteristik Motor DC Kompon	14
Gambar.2.12.Stator.	14
Gambar.2.13.Kumparan Medan Magnet.....	15
Gambar.2.14.Rotor.....	16
Gambar.2.15.Bantalan/Bearing.....	16
Gambar.2.16.Motor Induksi.....	18
Gambar.2.17.Motor Induksi 1 Fase	18
Gambar.2.18.Motor Induksi 3 Fase	19
Gambar.2.19.Gelombang DC dan AC	20
Gambar.2.20.Prinsip kerja Inverter.....	20
Gambar.2.21.Cara kerja Saklar pada Inverter.....	21
Gambar.2.22 Bipolar Switching Scheme	21
Gambar.2.23 Unipolar Switching Scheme.....	21
Gambar.2.24.Baterai	21
Gambar.2.25.Konstruksi Baterai.....	23
Gambar.2.26.Proses Pengisian dan Pengosongan Baterai	24
Gambar.3.1.Gambar Rangkaian Keseluruhan.....	27
Gambar.3.2.Bagan Alir Penelitian	30
Gambar.4.1.Grafik Hasil Pengukuran Percobaan 1	33
Gambar.4.2.Grafik Hasil Pengukuran Percobaan 2	34

DAFTAR TABEL

Tabel. 3.1. Jadwal Penelitian	28
Tabel. 4.1. Hasil Pengukuran Pada Percobaan 1.....	31
Tabel. 4.2. Hasil Pengukuran Pada Percobaan 2.....	33

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rancang bangun alat inverter ini ditujukan agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kebutuhan rumah tangga. Penggunaan inverter ini sangat mendukung dengan perkembangan perangkat elektronik rumah tangga khususnya untuk hiburan. Serta keperluan rumah tangga seperti memasak, membuat kopi panas dan lain-lain. Hampir setiap rumah tangga mempunyai radio, televisi, tape recorder, VCD bahkan sampai dilengkapi dengan fasilitas karaoke. Kebiasaan menikmati hiburan selama tinggal dirumah menyebabkan kebutuhan untuk menikmatinya akan muncul selama melakukan perjalanan keluar rumah. Disamping sebagai sarana hiburan selama perjalanan dapat berupa makanan yang tetap hangat, kopi yang panas dan lain-lain layaknya fasilitas jika tinggal dirumah.

Dalam lingkup ilmu konversi energi listrik, dikenal sebuah konverter DC-AC yang biasa disebut inverter. Inverter merupakan perangkat statis yang tidak memakai komponen bergerak dalam proses konversi tegangan listrik. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi dari sebuah inverter, dibutuhkan tegangan keluaran yang sinusoidal dan total distorsi harmonik minimal. Efisiensi yang tinggi dari sebuah inverter akan mempengaruhi tegangan output inverter.

Tegangan output inverter yang ideal yaitu tegangan yang mempunyai gelombang sinusoidal murni (pure sine wave). Terdapat berbagai macam metode pengaturan inverter yang dilakukan dalam rangka perbaikan unjuk kerja sistem inverter. Dari penelusuran literatur, metoda metoda pengaturan PWM adalah salah satu metoda yang telah terbukti baik. Pengaturan PWM diimplementasikan dalam bentuk pembangkit sinyal pulsa. Macam-macam analisis teknik pembangkitan pulsa PWM dengan algoritma yang berbeda-beda telah dilakukan. Salah satu metode yang baru dan sedang diteliti oleh beberapa peneliti adalah teknik eliminasi harmonisa. Teknik eliminasi harmonisa atau dapat disebut juga sebagai Harmonic Elimination of PWM merupakan teknik dalam meminimalisir kadar harmonisa pada tegangan keluaran inverter. Pada dasarnya teknik ini merupakan perpaduan

antara efisiensi dan kualitas inverter untuk mencapai pola penyaklaran dengan total distorsi harmonisa yang sangat rendah.

Salah satu penggerak mula yang banyak dipakai adalah mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Energi itu sendiri dapat diperoleh dengan proses pembakaran, proses fisi bahan bakar nuklir atau proses-proses yang lain. Ditinjau dari cara memperoleh energi termal ini, mesin kalor dibagi menjadi dua golongan yaitu mesin pembakaran luar dan mesin pembakaran dalam.

Sumber energi listrik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu dapat diperbarui dan tidak dapat diperbarui. Pembangkit listrik yang dapat diperbarui seperti; pembangkit listrik yang digerakkan oleh tenaga surya, energi gelombang laut dan energi angin, saat ini masih dikembangkan secara terbatas di Indonesia. Sedangkan pembangkit listrik yang tidak dapat diperbarui seperti; Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), dan lain sebagainya. Dikhawatirkan energi ini semakin lama semakin berkurang. Telah dilakukan banyak sekali kemungkinan-kemungkinan lain pemanfaatan sumber daya alam dan segala sesuatu yang dimungkinkan dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik.

Arus direct current yang dirubah rata rata adalah baterai/ accu karena tegangan accu adalah DC/Direct current. sedangkan output yang keluar yang dihasilkan dari output inverter adalah Alternating current/ seperti halnya arus PLN sehingga anda bisa menggunakan untuk memback-up peralatan listrik. Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh tegangan listrik sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban dapat berupa lampu penerangan atau peralatan elektronik lainnya yang membutuhkan listrik.

Dari uraian tersebut di atas maka mendorong penulis untuk mencoba memanfaatkan car radiator sebagai ganti dari generator pada pembangkit listrik tenaga angin. Melalui penelitian ini akan diungkap cara memanfaatkan dan unjuk kerja dari car radiator yang ada pada pembangkit listrik tenaga. Dengan alasan tersebut di atas maka peneliti mengambil judul dalam penelitian ini yaitu **"Analisis**

Pengujian Tegangan Dan Arus Pada Keluaran Car Radiator Motor Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif’.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan membahas rumusan masalah yang dapat diangkat pada tugas akhir adalah :

1. Bagaimana karakteristik car radiator motor sebagai pembangkit energi listrik alternatif.
2. Bagaimana menghitung arus dan tegangan alat pada car radiator motor sebagai pembangkit energi listrik alternatif.
3. Bagaimana menghitung efisiensi keluaran car radiator motor sebagai pembangkit energi listrik alternatif.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah :

1. Prosedur analisis energi alternatif menggunakan car radiator motor menghasilkan catu daya 12V DC dan 220V AC dapat berjalan dengan menggunakan inverter yang berfungsi mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC.
2. Dengan adanya analisa ini , apabila output poer yang dihasilkan dapat mencapai daya 12V DC dan 220V AC maka dapat menggantikan sumber daya listrik yang biasa digunakan maupun pada saat saat darurat.
3. Selain itu di masa mendatang, inverter DC to AC akan memegang peranan penting sebagai penyedia listrik cadangan baik di kendaraan maupun dirumah, sebagai emergency power saat aliran listrik rumah padam yang akan kita gunakan sehari-hari.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam hal ruang lingkup penelitian, dapat dilihat sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik pada keluaran car radiator motor sebagai pembangkit energi listrik alternatif.
2. Menganalisis perhitungan arus dan tegangan dari keluaran car radiator.
3. Efisiensi car radiator sebagai pembangkit listrik alternatif.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah :

1. Mampu menambah wawasan dan lebih memacu semangat untuk memperdalam pengetahuan tentang alternator baik secara teori maupun secara praktek sehingga menjadi lebih baik.
2. Mampu memberi rangsangan yang positif untuk mendalami tentang penelitian alternator dan sebagai emergency power saat aliran listrik rumah padam.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, latar belakang, rumusan masalah, tujuan masalah dan batasan masalah, manfaat penulisan, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu komponen-komponen utama PLTA (Angin) dan perbandingan alternator mobil dan generator DC.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan menerangkan mengenai alat-alat, bahan dan lokasi dilaksanakannya pembuatan, pengujian alat, jadwal pengujian, serta jalannya alat.

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai analisa data dan perbandingan yang dihasilkan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil pengujian tegangan dan arus keluaran alternator terhadap kecepatan angin dan juga saransaran yang berhubungan dengan tugas ahkir.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Relevan

Mesin penggerak adalah suatu mesin yang amat vital dalam proses permesinan yang berhubungan dengan gaya mekanik yang bertujuan untuk mendapat efek gerakan pada suatu komponen yang diam dengan adanya mesin penggerak maka komponen itu berkerja dengan semestinya. Ada pun secara umum pengklasifikasi mesin penggerak yaitu ada 2 mesin penggerak listrik dan motor bakar. Dalam penelitian ada beberapa peneliti sebelum peneliti yang sudah menguji tentang motor listrik, alternator dan lainnya. Menurut beberapa peneliti sebelumnya di kemukakan oleh beberapa peneliti bahwa :

- Penelitian ini membahas tentang modifikasi alternator mobil 12VDC menjadi generator listrik 3 fasa 220 VAC 600 rpm, sehingga dapat digunakan sebagai elemen utama pada pembangkit listrik pikohidro. Bila potensi energi khususnya pikohidro di Indonesia digarap secara serius akan mendatangkan manfaat bagi warga masyarakat di daerah yang belum memiliki jaringan listrik PLN. Alternator mobil memerlukan baterai dan laju putaran minimal 1000 rpm hanyadapat membangkitkan tegangan 12Vdc. Tegangan listrik E pada generator pada prinsipnya berbanding lurus dengan besaran fluks, jumlah kawat Z dan putaran n. Berdasar hal itu telah dimodifikasi dengan cara melilit ulang pada kumparan jangkar dan kumparan medan. Tujuannya agar dengan input putaran 600 rpm dapat dibangkitkan tegangan 220 volt, 60 Hz, sehingga energi listrik tersebut dapat langsung untuk lampu penerangan atau alat listrik lain pada umumnya. Hasil pengujian generator 3 fasa dengan laju putaran sekitar 600 rpm dapat membangkitkan tegangan 230 volt AC pada saat tanpa beban dan 165 volt AC pada saat beban maksimum 34,30 watt, dengan frekuensi 60 Hz. Generator juga telah diuji mampu dibebani dengan 3 buah lampu CFL 14 watt, yang masing-masing setara dengan lampu pijar 75 watt.(Yunus et al., 2012)
- Saat ini sebagian besar peralatan listrik menggunakan sumber tegangan arus bolak balik, sehingga diperlukan sebuah konverter dengan masukan tegangan

arus searah untuk diubah menjadi keluaran tegangan arus bolak balik. Peralatan tersebut biasa disebut inverter. Beban inverter yang berupa peralatan listrik pada umumnya memiliki karakteristik jenis beban bermacam-macam. Jenis – jenis beban ini dapat mengakibatkan inverter dapat mengalami tegangan jatuh sehingga peralatan listrik kurang bekerja sesuai unjuk kerjanya. (Sudantoko & Setiawan, n.d.)

- Motor DC merupakan salah satu motor listrik yang banyak digunakan dalam industri dan akan tetap diminati oleh dunia usaha/industri karena karakteristik pengaturannya yang baik. Dari setiap spesifikasi motor DC dapat diamati bentuk karakteristik yang diperoleh dengan menjalankan/mensimulasikan model dinamis matematis dari motor DC. Salah satu tujuan penelitian ini yaitu untuk merumuskan model matematik motor DC kemudian dari model tersebut kemudian dilakukan analisis dan simulasi menggunakan Simulink untuk mempelajari /mengamati pengendalian arus jangkar melalui kendali jangkar, kendali medan maupun melalui kedua terminal tersebut. Manfaat pragmatis yaitu pengetahuan mengenai mengenai karakteristik motor DC untuk setiap jenis spesifikasi. Dari respon karakteristik yang dihasilkan akan membantu untuk menentukan jenis spesifikasi yang cocok digunakan sesuai dengan kebutuhan. (Teknik et al., n.d.)
- Motor induksi adalah motor yang paling banyak di gunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya di bandingkan dengan motor DC. Namun dalam hal pengaturan kecepatan dan torsi motor induksi bukanlah suatu permasalahan yang mudah untuk di lakukan, jika motor diam, frekuensi arus rotor sama seperti frekuensi penyedia tapi apabila rotor start atau jalan, maka frekuensi tergantung kecepatan relatif atau kecepatan slip. (Evalina et al., 2019)
- Untuk tujuan pengurangan polusi udara dan membantu pemerintah untuk mengurangi subsidi bahan bakar, banyak instansi terkait berusaha untuk mengembangkan produk mobil listrik. Dengan adanya mobil listrik ini, kita bisa mewujudkan dunia yang bebas polusi atau yang biasa disebut Go Green. Pada penelitian ini, penulis menganalisa motor dc yang dapat menggerakkan mobil

listrik. Analisa yang dilakukan meliputi pemilihan motor dc dan kapasitas motor dc yang digunakan untuk menggerakkan mobil listrik. Pemilihan motor dc yang cocok digunakan pada mobil listrik adalah motor dc seri, karena motor dc seri memiliki karakteristik dengan nilai torsi sebesar kuadrat arus, Dengan karakteristik tersebut, motor dc seri memiliki torsi starting yang baik untuk menggerakkan beban mobil listrik. Dalam analisa ini, daya yang dibutuhkan pada sudut kemiringan 30° adalah sebesar 21,6kW dengan kecepatan gerak 16,3 m/s atau sebanding dengan 59 km/jam dengan berat beban total 270kg. Jika dibandingkan mobil hybrid secara umum yang memiliki kecepatan 50 km/jam, maka analisa ini sudah memenuhi persyaratan. Namun, untuk lintasan yang datar, dengan daya 3,1kW mobil mampu bergerak hingga kecepatan 2,35 m/s atau sebanding dengan 85 km/jam. Dengan kata lain, hanya diperlukan daya 3,1kW untuk menggerakkan mobil listrik dengan kecepatan normal. (Agustina & Nugroho, 2015)

- Inverter merupakan salah satu alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Output suatu inverter berupa tegangan AC dengan bentuk berupa gelombang kotak (square wave), gelombang sinus modifikasi (sine wave modified), gelombang sinusoidal (pure sine wave). Dalam melakukan penelitiannya penulis menentukan jenis inverter push pull yang akan digunakan. Inverter jenis push pull ini mengeluarkan output CT. dimana pemasangan kaki drain mosfet 1 dan 2 terpisah dari kaki drain mosfet 3 dan 4. Dalam perancangan inverter push pull sumber tegangan berasal dari baterai DC 12 volt 7,2. Tegangan output dari rangkaian inverter menghasilkan 7 volt, ini terjadi karena adanya beban resistif dari perancangan yang dilakukan berpengaruh pada performa inverter. Pada saat pengukuran bagian output CT dihubungkan pada osiloskop frekuensi output dari inverter ini sebesar 41,66 Hz. Standar frekuensi pada peralatan elektronik sebesar 50-60 Hz. Sedangkan bentuk gelombang output rangkaian inverter berbeda dengan pengukuran pada kaki gate mosfet dan output pin 10 dan 11 IC CD4047 yang mengalir tegangan menuju pin gate berbentuk gelombang kotak. Pada saat pengujian ini, beban yang digunakan adalah resistor dengan nilai sebesar 10Ω 5 watt dan 100Ω

5watt. Pada pengujian beban $R = 10 \Omega$ bentuk gelombang kotak dengan frekuensi = 41.67 Hz, perioda = 23.99 ms, $V_{pp} = 128V$, $V_{rms} = 107V$. Pada saat pengukuran menggunakan beban $R = 100 \Omega$ hasil frekuensi = 41,66 Hz, perioda = 24,00 ms, $V_{pp} = 132V$ dan $V_{rms} = 109$ volt. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa tegangan output rangkaian inverter kecil dari tegangan input. Bentuk gelombang output rangkaian inverter ini berbeda pada saat tidak berbeban dan berbeban.(Mundus et al., n.d.)

- Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan Prototype rangkaian Inverter DC ke AC 900 watt dengan menggunakan baterai, mikrokontroler AT8535 dengan tampilan LCD 16x2 telah berhasil dengan baik sesuai prosedur.Sistem Kerja dari rangkaian Alat Inverter DC sangat bermanfaat untuk efisiensi penggunaan listrik di rumah tangga dengan daya sebesar 900 watt. Sistem kerja dari rangkaian inverter DC dengan tampilan output 900 watt dapat merubah tegangan DC (tegangan searah) menjadi tegangan AC (tegangan bolak-balik).(Hutagalung & Panjaitan, 2017)
- Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia.(Thowil Afif & Ayu Putri Pratiwi, 2015)
- Baterai merupakan sumber energi yang praktis dan murah. Berbagai teknologi material baru dari baterai terus dikembangkan, sejalan dengan tuntutan akan teknologi yang makin ramah lingkungan. Chitosan merupakan biopolimer, bersifat tidak beracun, dan memiliki gugus pasangan elektron bebas yang dapat dijadikan elektrolit polimer dengan nilai konduktivitas ion yang baik serta dapat diaplikasikan dalam pembuatan baterai.(Nitrate, 2011)
- Arus direct current yang dirubah rata rata adalah baterai/ accu karena tegangan accu adalah DC/Direct current. sedangkan output yang keluar yang dihasilkan

dari output inverter adalah Alternating current/ seperti halnya arus PLN sehingga anda bisa menggunakan untuk memback-up peralatan listrik. Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh tegangan listrik sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban dapat berupa lampu penerangan atau peralatan elektronik lainnya yang membutuhkan listrik. (Listrik, 2016)

2.2 Teori Singkat

2.2.1 Motor Penggerak Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu.

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok:

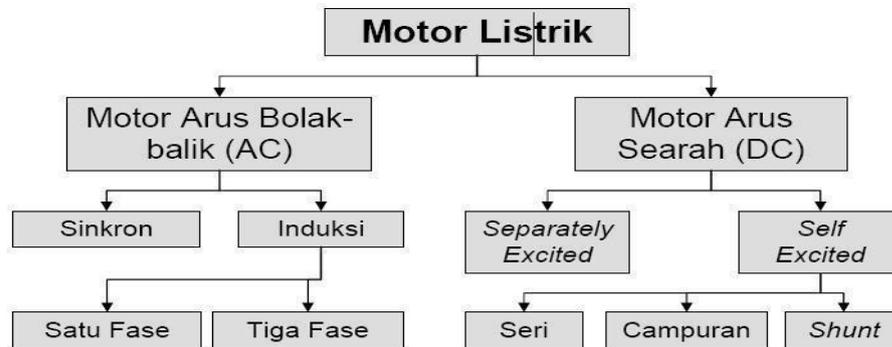
- Beban torsi konstan, adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya, namun torsinya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torsi konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
- Beban dengan torsi variabel, adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan torsi variabel adalah pompa sentrifugal dan fan (torsi bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
- Beban dengan energi konstan, adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.



Gambar 2.1 Motor Listrik

2.2.2 Jenis-jenis Motor Listrik

Bagian ini menjelaskan tentang dua jenis utama motor listrik: DC dan AC. Motor-motor ini diklasifikasikan berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi.



Gambar 2. Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

Gambar 2.2 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

2.2.2.1 Motor Listrik DC (Arus Searah)

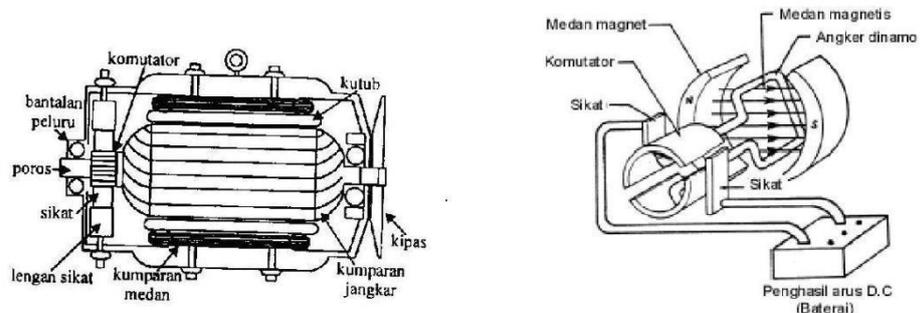
Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). (Zaky et al., 2018)

Ada tiga komponen utama dalam motor listrik DC:

- 1) Kutub medan. Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub

medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

- 2) Dinamo. Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.
- 3) Commutator. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.3 Motor Listrik DC

Ada pun jenis-jenis motor listrik DC:

- Motor DC sumber daya terpisah/ *Separately Excited*

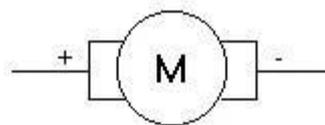
Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah/*separately excited*.

- Motor DC daya sendiri/ *Self Excited*: motor *shunt*

Pada motor *shunt*, gulungan medan (medan *shunt*) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo (A). Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo. Berikut tentang kecepatan motor *shunt*:

- Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga *torque* tertentu setelah kecepatannya berkurang,) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
 - Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).
- Motor listik daya listrik : motor seri
 Dalam motor seri, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo (A). Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dinamo. Berikut tentang kecepatan motor seri (Rodwell International Corporation, 1997; L.M. Photonics Ltd, 2002)
 - Motor listrik DC kompon/gabungan
 Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan *shunt*. Pada motor kompon, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan dynamo seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6. Sehingga, motor kompon memiliki *torque* penyalaan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula *torque* penyalaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Contoh, penggabungan 40-50% menjadikan motor ini cocok untuk alat pengangkat *hoist* dan derek, sedangkan motor kompon yang standar (12%) tidak cocok.

a. Simbol Motor DC



Gambar 2.4 Simbol Motor DC

Motor DC tersusun dari dua bagian yaitu bagian diam (*stator*) dan bagian bergerak (*rotor*). *Stator* motor arus searah adalah badan motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan yang termasuk *rotor* adalah jangkar lilitanya. Pada motor, kawat penghantar listrik yang bergerak tersebut pada dasarnya merupakan lilitan yang berbentuk persegi panjang yang disebut kumparan.

b. Prinsip Kerja Motor Listrik DC

Prinsip kerja dari motor dc adalah bahwa arah medan magnet rotor selalu berusaha berada pada posisi yang berlawanan arah dengan arah medan magnet stator. Ini mengikuti sifat magnet bahwa jika magnet yang berlawanan arah didekatkan satu sama lain mereka akan saling tarik – menarik. Magnet yang searah akan saling tolak – menolak. (Teknik et al., n.d.)

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan angkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

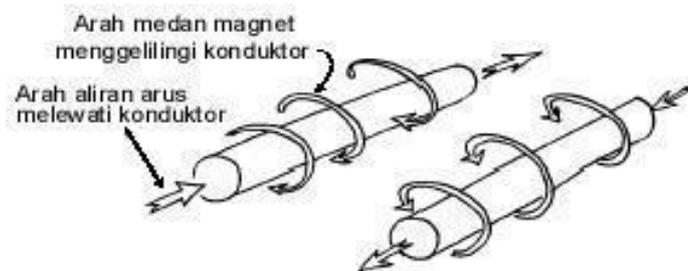
Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Gambar 3 menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U.

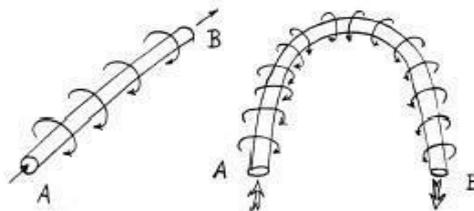
Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut angker dinamo. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di

antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.

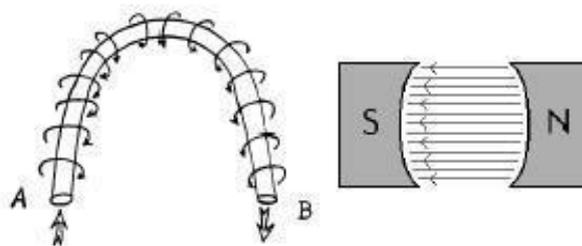
Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.



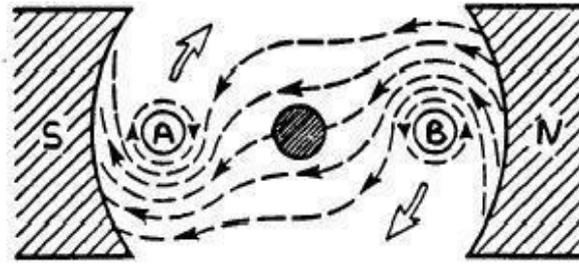
Gambar 2.5 Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor



Gambar 2.6 Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor



Gambar 2.7 Medan Magnet Mengelilingi Konduktor dan Diantara Kutub



Gambar 2.8 Reaksi Garis Fluks

c. Karakteristik Motor DC

Karakteristik yang dimiliki suatu motor dc dapat digambarkan melalui kurva daya dan kurva torsi/kecepatannya, dari kurva tersebut dapat dianalisa batasan-batasan kerja dari motor serta daerah kerja optimum dari motor tersebut. Gaya tekan putar pada bagian yang berputar disebut torsi, sepeda motor digerakkan oleh torsi dari crankshaft. (Darmana et al., n.d.)

d. Kelebihan Motor DC

Kelebihan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- ✦ Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- ✦ Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

e. Jenis-Jenis Motor DC

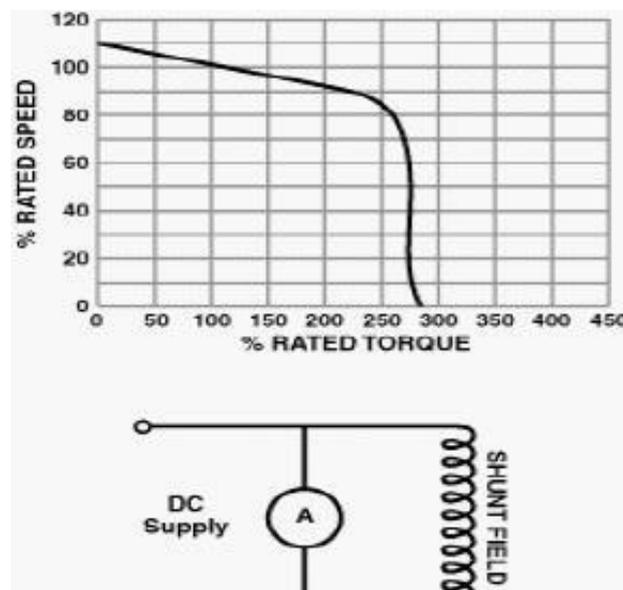
Berikut adalah jenis-jenis MotorDC:

- Motor DC Sumber Daya Terpisah/ Separately Excited

Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / separately excited.

- Motor DC Sumber Daya Sendiri/ Self Excited: Motor Shunt

Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti diperlihatkan dalam gambar dibawah. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus kumparan motor DC.



Gambar 2.9 Karakteristik Motor DC Shunt

Berikut tentang kecepatan motor shunt (E.T.E., 1997):

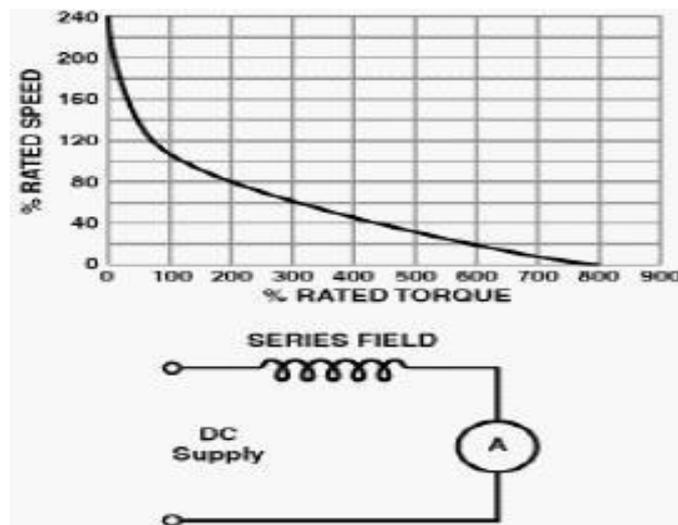
- ✦ Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torque tertentu setelah kecepatannya berkurang, lihat Gambar diatas dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
- ✦ Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan kumparan motor DC (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).

- Motor Seri

Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti ditunjukkan dalam gambar dibawah. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus kumparan motor DC. Berikut tentang kecepatan motor seri (Rodwell International Corporation, 1997; L.M. Photonics Ltd, 2002) :

- ✦ Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM
- ✦ Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

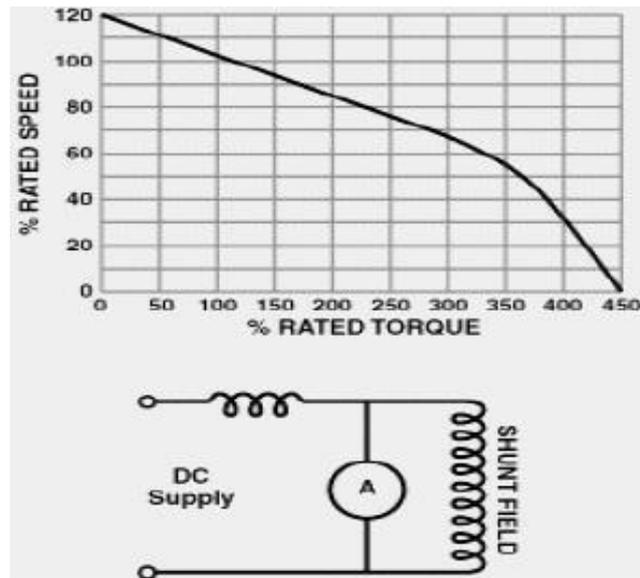
Motor-motor seri cocok untuk penggunaan yang memerlukan torque penyalan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat hoist seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.10 Karakteristik Motor DC Seri

- Motor DC Kompon/Gabungan

Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti yang ditunjukkan dalam gambar dibawah. Sehingga, motor kompon memiliki torque penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Contoh, penggabungan 40-50% menjadikan motor ini cocok untuk alat pengangkat hoist dan derek, sedangkan motor kompon yang standar (12%) tidak cocok.



Gambar 2.11 Karakteristik Motor DC Kompon

2.2.2.2 Motor Listrik AC (Arus Bolak-Balik)

Motor listrik AC adalah sebuah motor yang mengubah arus listrik menjadi gerak maupun mekanik dari pada rotor yang didalamnya. Motor listrik AC tidak terpengaruh kutub positif maupun negatif, dan bersumber tenaga listrik. Motor ini berkerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan gaya putar pada rotornya. Motor listrik AC menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. (Motor et al., 2019)

Berikut bagian-bagian dari motor listrik AC :

1. Stator

Pada motor arus searah, gandar berfungsi sebagai bagian dari rangkaian magnetik yang biasanya di buat dari besi tuang. Pada gandar terdapat seperangkat kutub-kutub medan yang dibuat dari inti laminasi baja pelat dan kumparan medan dipasngkan pada kutub-kutub medan tersebut.

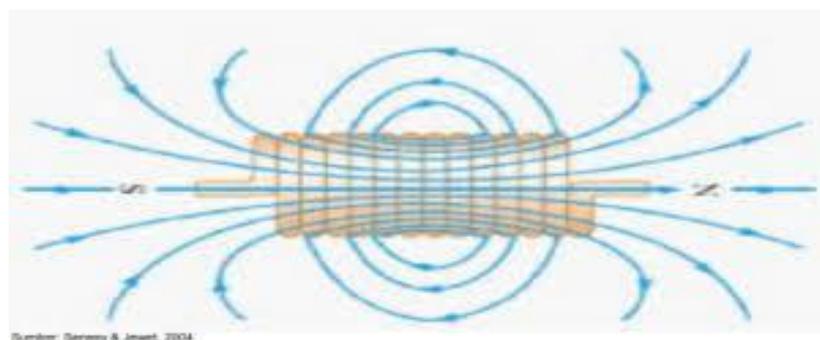


Gambar 2.12 Stator

Sepatu kutub dibuat dari besi lapis yang cukup tipis (plat dinamo) yang dijadikan satu, dimasukkan kedalam kumparan magnitnya yang telah di bungkus isolasi yang memadai. Sepatu kutub ini dipasangkan pada rangka (yoke) yang sekaligus jadi badan mesin dengan dua buah baut. Bagian dalam badan motor arus searah (yoke) dibubut agar sepatu kutubnya mempunyai celah udara serapat mungkin (minimum) dan lingkaran dalam betul-betul bulat. Dalam rangka ini ditempatkan sejumlah pasang sepatu kutub. Pasangan kutub U dan S selalu berurutan seperti letak sepatu kutubnya dan ujung-ujung kawat kumparannya dihubungkan satu pada yang lain sehingga keluar hanya 2 ujung dan dipasang pada kotak klem dengan tanda huruf simbol F1 dan F2; pada kotak/plat klem itu juga ditempatkan klem untuk kabel peralatan sikat yang berhubungan dengan jangkar (armature) atau rotor dan diberi huruf simbol A1 dan A2.

2. Kumparan Medan

Kumparan medan juga dikenal dengan kumparan penguat untuk menghasilkan medan magnet pada kutub utama (*main pole*).



Gambar 2.13 Kumparan Medan Magnet

3. Rotor atau jangkar

Rotor motor arus searah dilengkapi komutator dengan elemen-elemen sebagai terminal kumpulan jangkar motor dan dipasangkan pada poros rotor atau jangkar terbuat dari plat-plat tipis baja campuran dalam bentuk tertentu. Alur-alur pada jangkar dibuat untuk meletakkan lilitan jangkar (lihat gambar 2.9).



Gambar 2.14 Rotor

4. Bantalan atau Bearing

Bantalan atau bearing berfungsi:

- Memperlancar gerak putar poros
- Mengurangi gesekan putaran dan perlu diberi pelumas
- Penstabil poros terhadap gaya horizontal
- Gaya vertikal poros motor.



Gambar 2.15 Bantalan/Bearing

5. Bantalan atau Bearing

Pada motor listrik pasti memiliki 2 bagian casing yang masing-masing terletak pada setiap sisi motor listrik yang di ikat dengan baut yang berfungsi sebagai berikut :

- Dudukan bantalan poros motor/dinamo
- Titik senter antara rotor/poros dengan rumah stator
- Pelindung bagian dalam motor/dynamo

a. Prinsip Kerja Motor Listrik AC

Keistimewaan umum dari semua motor ac adalah medan-magnet putar yang diatur dengan lilitan stator. Konsep ini dapat diilustrasikan pada motor tigafase dengan mempertimbangkan tiga kumparan yang diletakkan bergeser 120° listrik satu sama lain. Masing-masing kumparan dihubungkan dengan satu fase sumber daya tiga-fase. Apabila arus tiga-fase melalui lilitan tersebut, terjadi pengaruh medan- magnet berputar melalui bagian dalam inti stator. Kecepatan medan-magnet putar tergantung pada jumlah kutub stator dan frekuensi sumber daya. Kecepatan itu disebut kecepatan *sinkron*. yang ditentukan dengan rumus:

- o Dimana S = kecepatan sinkron dalam rpm
- o F = Frekwensi sumber daya dalam Hz
- o P = Jumlah lilitan kutub pada tiap lilitan satu fase

b. Jenis-jenis Motor Listrik AC

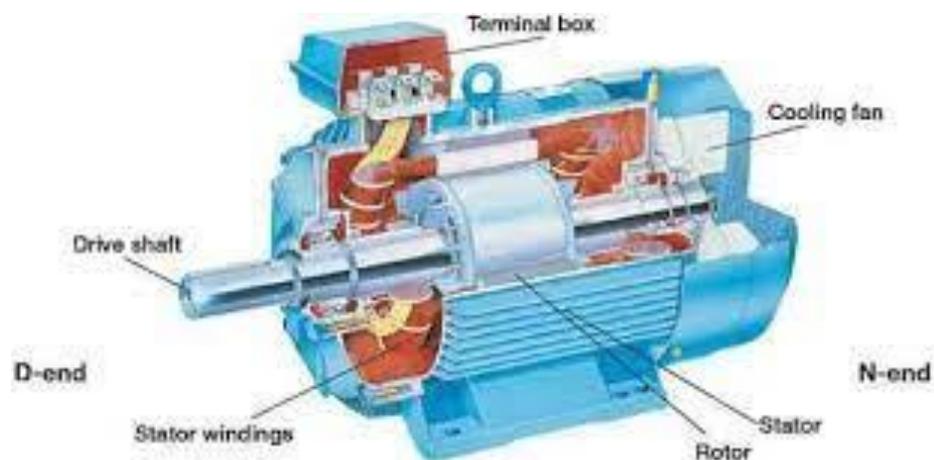
Adapan jenis dari motor listrik AC_ dibedakan lagi berdasarkan sumber dayanya sebagai berikut :

1. Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah motor AC bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik.

2. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan dan dapat dijumpai dalam setiap aplikasi industri maupun rumah tangga. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa 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 arus stator. Motor ini memiliki konstruksi yang kuat, sederhana, handal, serta berbiaya murah. Di samping itu motor ini juga memiliki efisiensi yang tinggi saat berbeban penuh dan tidak membutuhkan perawatan yang banyak. Akan tetapi jika dibandingkan dengan motor DC, motor induksi masih memiliki kelemahan dalam hal pengaturan kecepatan. Dimana pada motor induksi pengaturan kecepatan sangat sukar untuk dilakukan, sementara pada motor DC hal yang sama tidak dijumpai.

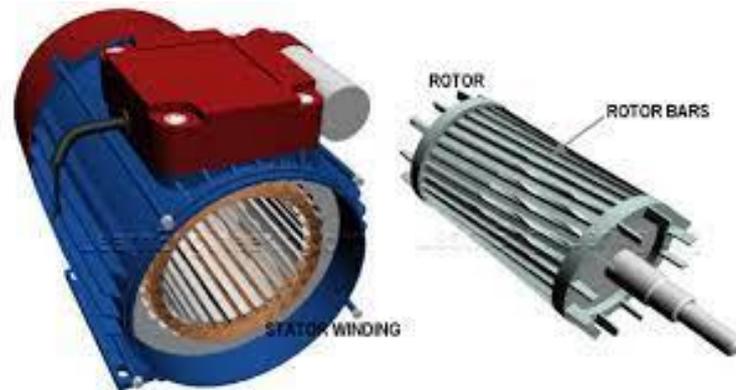


Gambar 2.16 Motor Induksi

Umumnya motor induksi dikenal ada duamacam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa dan motor induksi tiga fasa dengan suplai tegangan tiga fasa. (Zondra et al., 2017)

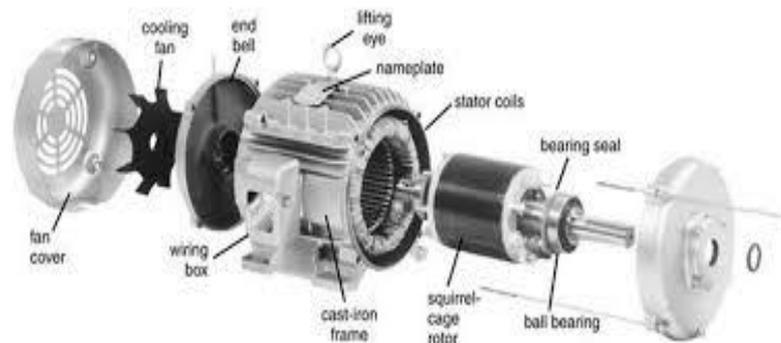
- Motor ac satu fasa adalah motor yang bekerja pada tegangan bolak-balik. Pada setiap setengah cycle akan terjadi pembalikan arah arus medan atau fluksi dan arus jangkar, sehingga arah kopel yang dihasilkan

tetap dan menyebabkan motor tetap berputar dalam arah semula. (Saluet al., 2013)



Gambar 2.17 Motor Induksi 1 fase

- 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.



Gambar 2.18 Motor Induksi 3 fase

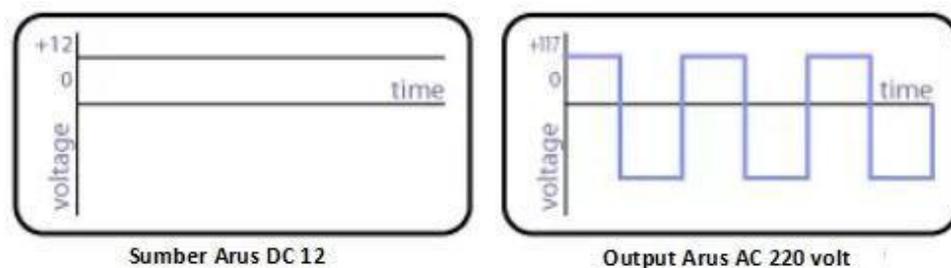
Lamel inti besi stator dan rotor bagian motor dengan garis tengah bagian motor, dengan garis tengah bagian luar dari stator lebih dari 1 m. Bagi motor dengan garis tengah yang lebih besar, lamel inti besi merupakan busur inti segmenyang disambung-sambung menjadi satu lingkaran. Celah udara antara stator dan rotor pada motor yang kecil adalah 0,25 – 0,75 mm, pada motor yang besar sampai 10 mm. Celah udara yang besar ini

disediakan bagi kemungkinan terjadinya perenggangan pada sumbu sebagai akibat pembebanan transversal pada sumbu atau sambungannya. Tarikan pada pita (belt) atau beban yang tergantung tersebut akan menyebabkan sumbu motor melengkung. Konstruksi motor induksi lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan tidak ada sikat arang. Sehingga pemeliharaan motor induksi hanyabagian mekanik saja, dan konstruksinya yang sederhana motor induksi sangat handal dan jarang sekali rusak secara elektrik.³⁰ Bagian motor induksi yang perlu dipelihara rutin adalah pelumasan bearing, dan pemeriksaan kekencangan baut-baut kabel pada terminalbox karena kendur atau bahkan lepas akibat pengaruh getaran secara terus menerus.

2.2.3 Inverter

Inverter listrik merupakan konverter daya listrik yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Tegangan masukan, tegangan keluaran, dan frekuensi tergantung pada desain yang dirancang. Dalam dunia kelistrikan inventer memang sangat populer digunakan dalam berbagai keperluan. Inverter adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dengan frekuensi dan tingkat tegangan yang dapat diatur. (Zondra et al., 2017)

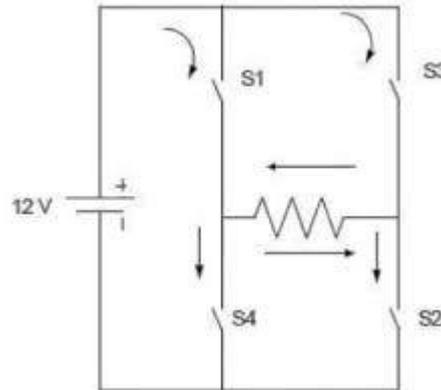
Inverter digunakan untuk mengubah tegangan input DC menjadi tegangan AC. Keluaran inverter dapat berupa tegangan yang dapat diatur dan tegangan yang tetap. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, cell bahan bakar, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. (Abidin, 2014)



Gambar 2.19. Gelombang DC dan AC (Teknisi,2017)

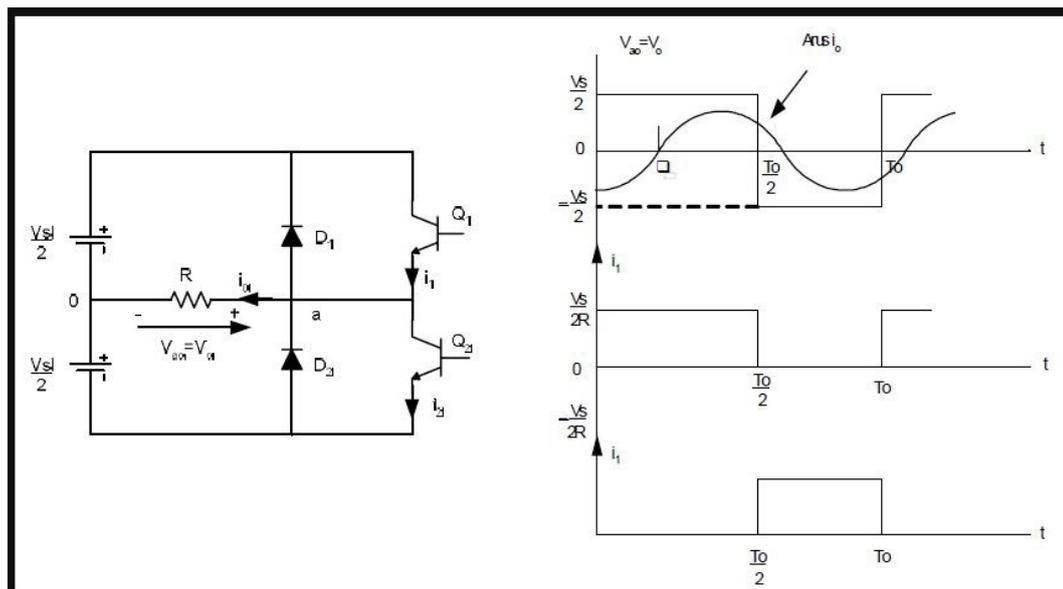
2.2.3.1 Prinsip Kerja Inverter

Prinsip kerja inverter dapat dilihat pada gambar 2.20 yang merupakan ilustrasi dari prinsip kerja inverter.

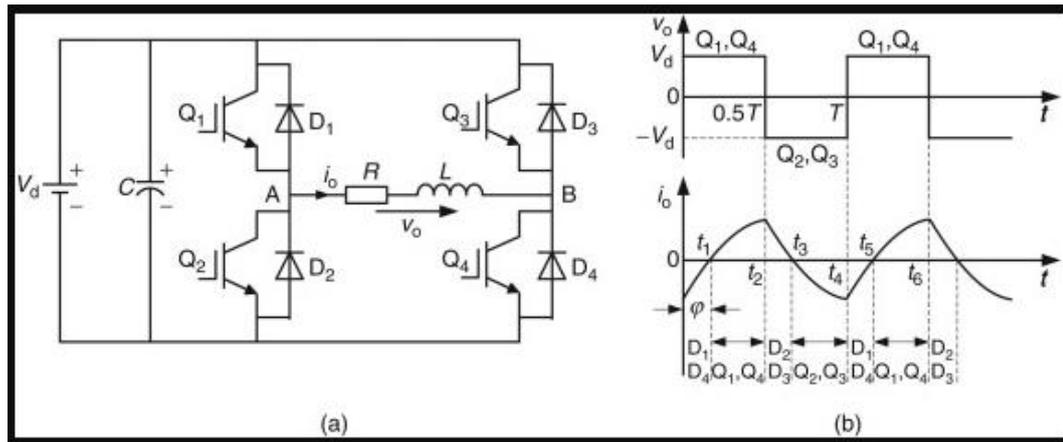


Gambar 2.20. Prinsip Kerja Inverter (Teknisi,2017)

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada Gambar di atas. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri.



Gambar 2.21. Bentuk Gelombang dari Inverter Setengah Gelombang

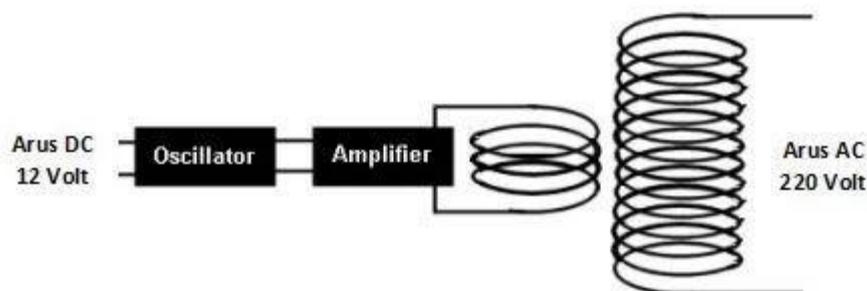


Gambar 2.22. Bentuk Gelombang dari Inverter Gelombang Penuh

Inverter gelombang penuh ditunjukkan pada gambar. Ketika transistor Q1 dan Q2 bekerja (ON), tegangan V_s akan mengalir ke beban tetapi Q3 dan Q4 tidak bekerja (OFF). Selanjutnya, transistor Q3 dan Q4 bekerja (ON) sedangkan Q1 dan Q2 tidak bekerja (OFF), maka pada beban akan timbul tegangan $-V_s$.

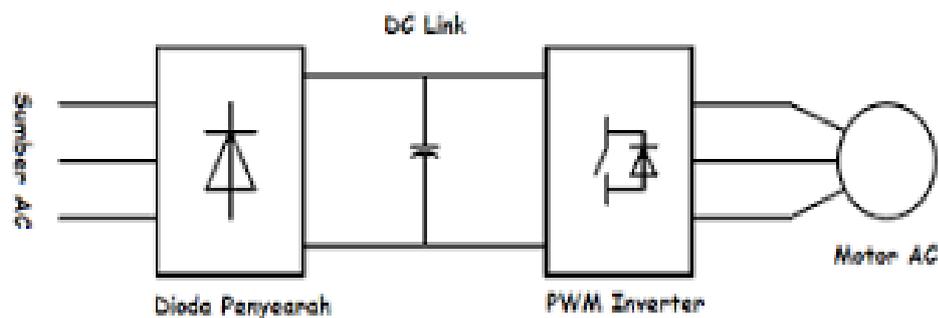
Jika sebuah baterai yang salah satu kutubnya dihubungkan ke sebuah transformator pada kaki CT (*Center Top*) secara tepat dan terus menerus saklar pada gambar diatas dipindahkan posisinya. Maka pada coil sekunder transformator akan muncul arus listrik berupa arus bolak-balik (AC). Secara teori tegangan pada sekunder bisa diatur sedemikian rupa hanya dengan menambah jumlah lilitan kumparan transformator saja yang akan melipat gandakan tegangan yang dihasilkan.

Hal ini bisa terjadi karena adanya induksi yang dihasilkan dari baterai. Inverter dapat menimbulkan efek seperti saklar yang dipindahkan bolak balik dengan cara menggunakan sebuah rangkaian *astable multivibrator* dari sepasang transistor atau lebih baik lagi dengan menggunakan mosfet yang tentunya lebih efisien dalam hal daya. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.21 berikut :



Gambar 2.23. Cara kerja saklar pada inverter (Teknisi, 2017)

Inverter terdiri dari rangkaian utama yang dibentuk oleh rangkaian penyearah apakah dikendalikan atau tidak untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) dan menghilangkan riak yang terdapat pada arus searah. Penyearah berfungsi sebagai tegangan pengisi daya pada baterai / akumulator ketika sumber tegangan inverter dari baterai telah habis. Untuk mencegah kerusakan pada baterai karena pengisian daya yang berlebihan, maka Anda harus menambahkan sirkuit penyearah sirkuit otomatis yang akan memutuskan proses pengisian ketika tegangan pada baterai penuh. Inverter grafik umumnya memiliki bentuk seperti pada Gambar 2.22.

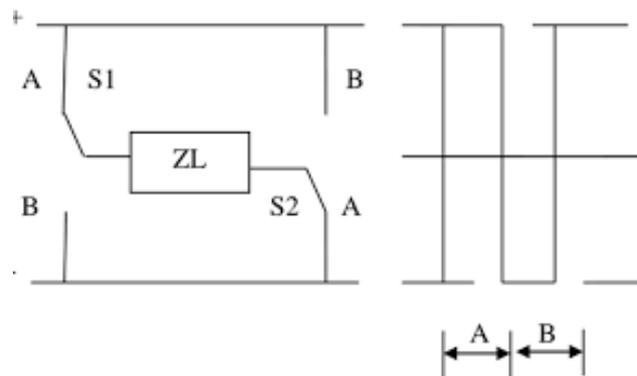


Gambar 2.24. Bagian utama Inverter

Sebuah inverter dikatakan bersifat ideal apabila tegangan DC yang masuk bebas dari ripple serta tegangan yang keluar dari inverter berbentuk gelombang sinusoidal murni. (Tauhid, n.d.)

2.2.3.2 Struktur Inverter

Struktur inverter menunjukkan bahwa inverter dengan transistor yang menghasilkan arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi sumber komersial, (50 Hz atau 60 Hz). Bagian pertama dari konverter sirkuit (yang mengubah sumber AC komersial menjadi sumber DC dan menghilangkan riak pada output DC. Sirkuit kedua adalah inverter yang mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik tiga fase dengan frekuensi beragam (dapat disesuaikan) , sirkuit ini disebut sirkuit primer, bagian ketiga adalah sirkuit kontrol yang berfungsi sebagai pengontrol dari sirkuit utama. Total gabungan dari rangkaian disebut inverter. (Evalina et al., 2019)



Gambar 2.25 Struktur Inverter Sederhana

Saat posisi S1 dan S2 di A, beban mendapatkan tegangan positif, sedangkan tegangan negatif didapat saat S1 dan S2 di posisi B. Dengan demikian pemindahan saklar (S1 dan S2) pada gilirannya akan menghasilkan tegangan bolak-balik yaitu kuadrat yang ditentukan oleh sumber, dan frekuensi ditentukan oleh sakelar kecepatan switching. Berdasarkan konfigurasi inverter dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu inverter setengah fase jembatan tunggal dan inverter jembatan fase tunggal. Sementara itu, berdasarkan jumlah fasa, inverter dapat dibagi menjadi 2 jenis serta inverter fase tunggal dan inverter tiga fase.

Inverter dapat dibedakan atas 2 jenis juga yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Berdasarkan pengaturan tegangan dan frekuensinya, inverter terbagi atas dua jenis antara lain :

- a. Inverter Constant Voltage Constant Frequency (CVCF) Yaitu inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang konstan.
- b. Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Umumnya inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah digunakan pada pemakaian khusus seperti pemakaian pada motor listrik 3 fasa dengan menggunakan sumber tegangan AC. Kerugian cara ini adalah bahwa sistem hanya dapat digunakan pada pemakaian khusus saja, sedangkan keuntungannya adalah kemampuan untuk menggerakkan sistem (beban) dengan sumber-sumber yang berubah-ubah seperti misalnya photovoltaic atau solarcell.

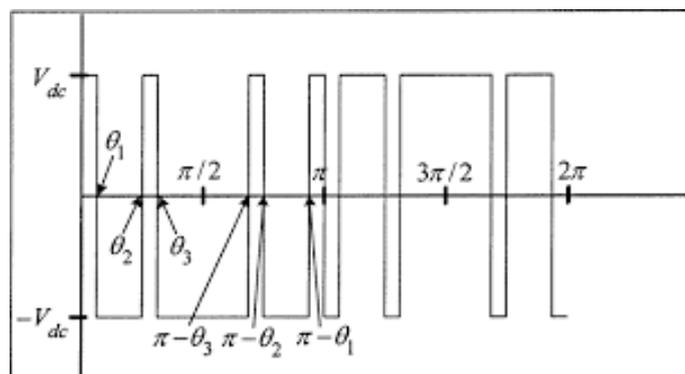
2.2.3.3 Pengendalian Tegangan Inverter

Aplikasi yang sering digunakan didunia industri untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Terdapat beberapa teknik untuk mengendalikan

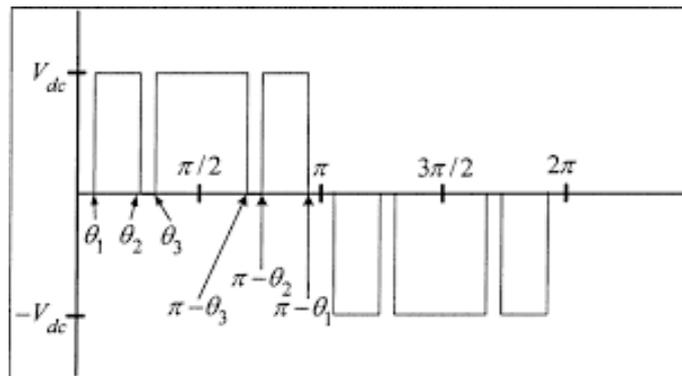
tegangan keluaran inverter. Pada umumnya teknik yang sering dipakai adalah sistem PWM (Pulse Width Modulation), sistem kontrol yang berbeda-beda ini menghasilkan karakteristik motor yang berbeda pula seperti (getaran, suara, riak, arus motor, respon torsi). Pada PWM beberapa pulsa hidup mati dihasilkan dalam satu siklus dan lamanya juga beragam untuk mengubah-ubah tegangan output. Jumlah pulsa hidup mati yang dihasilkan dalam satu detik disebut frekuensi pembawa.

Inverter PWM satu fasa adalah inverter satu fasa yang menggunakan teknik penyaklaran PWM. Pulse Width Modulation merupakan proses perubahan sinyal sebuah gelombang dengan pengaturan besar kecilnya lebar pulsa gelombang. PWM dapat dikatakan suatu teknik manipulasi dalam pengolahan sinyal gelombang yang menggunakan prinsip pensaklaran, yaitu pengaturan sinyal gelombang dalam keadaan on dan off.

Inverter PWM satu fasa dapat diwujudkan dengan bipolar switching dan unipolar switching. Bipolar switching merupakan keadaan penyaklaran yang mengalami keadaan pulsa bertegangan positif dan negatif. Sedangkan unipolar switching dapat didefinisikan keadaan penyaklaran yang memiliki keadaan pulsa bertegangan positif, negatif, dan nol. Gambar 2.23 dan 2.24 merupakan Bipolar Switching Scheme dan Unipolar Switching Scheme.



Gambar 2.26. Bipolar Switching Scheme



Gambar 2.27. Unipolar Switching Scheme

Pada sistem PWM ini getaran motor dan kebisingan motor dari komponen frekuensi sebanding dengan frekuensi pembawa yang dihasilkan, Frekuensi pembawa dari sebuah inverter bersuara akustik lebih rendah, jadi pada inverter dengan nilai frekuensi pembawa yang besar dapat menghaluskan suara bising dari motor listrik. Akan tetapi hal tersebut dapat membuat arus bocor yang terjadi antara motor dan inverter menjadi lebih besar, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya arus lebih. Untuk kondisi seperti ini pemilihan penghantar kebocoran arus kebumi/pentanahan harus dilakukan dengan benar. Penggunaan inverter dapat memperbaiki factor kerja pada beban dibandingkan dengan tanpa menggunakan inverter, demikian juga arus yang dikonsumsi pada beban yang menggunakan inverter jauh lebih kecil jika dibandingkan tanpa menggunakan inverter.

2.2.4 Baterai

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/*discharge energy* kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang dapat berkebalikan (*reversible*) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel, baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder (Hamid et al., 2016).



Gambar.2.28. Baterai

Fungsi baterai sangat beragam dalam kehidupan sehari – hari, namun fungsi baterai memiliki inti yang sama yaitu sebagai sumber energi. Hampir semua alat elektronik yang sifatnya mobile juga menggunakan baterai sebagai sumber energi. Seperti contoh yaitu senter, *power bank*, *drone*, *remote* dan lainnya, semua alat-alat tersebut membutuhkan baterai agar bisa bekerja (Hamid et al., 2016)

a. Jenis-jenis Baterai

Ada beberapa jenis baterai, yaitu :

- **Baterai Asam**

Baterai asam yang bahan elektrolitnya (sulfuric acid = H_2SO_4). Didalam baterai asam, elektroda terdiri dari plat timah peroksida PbO_2 sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni katoda (kutub negatif).

- **Baterai Alkali**

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari :

- ✓ *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery*
- ✓ *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd*

Baterai pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali. Besarnya kapasitas baterai tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap tiap sel, Ukuran dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh banyak sedikitnya sel

baterai yang ada didalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (*discharging*) selama waktu tertentu.

Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam bentuk ampere dam (*Ampere hour*) (Hamid et al., 2016). Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$N \text{ (Ah)} = I \text{ (ampere)} \times t \text{ (hours)}$$

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

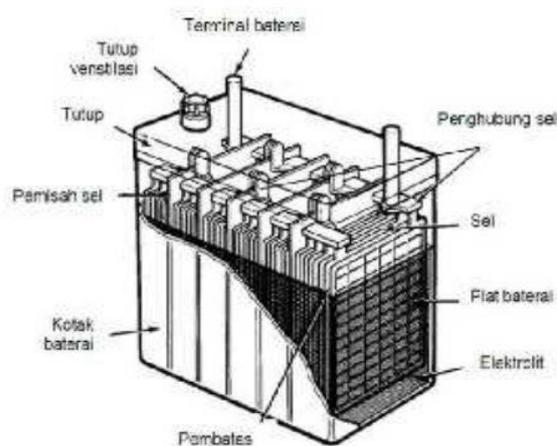
I = kuat arus (*ampere*)

t = waktu (*jam/sekon*)

b. Konstruksi Baterai

Komponen – komponen baterai terdiri atas :

- ✓ Kotak baterai
- ✓ Elektrolit baterai
- ✓ Sumbat Ventilasi
- ✓ Plat positif dan plat negatif
- ✓ Separator
- ✓ Lapisan serat gelas (*Fiber Glass*)
- ✓ Sel baterai

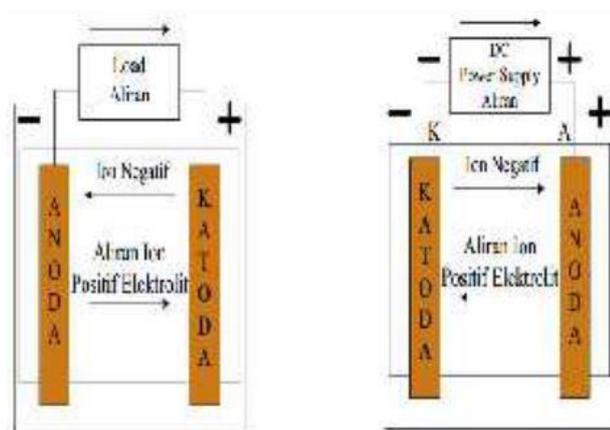


Gambar 2.29. Kontruksi Baterai (Hamid et al., 2016)

c. Prinsip Kerja Baterai

Baterai merupakan perangkat yang mampu menghasilkan tegangan Dc (*Disc Current*), yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia, Redoks (Reduksi-Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Sel baterai tersebut terdiri dari elektroda negatif dan elektroda positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang berfungsi sebagai pemberi elektron. Elektroda positif disebut anoda, berfungsi sebagai penerima elektron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif.

- 1 Proses pengosongan pada sel berlangsung menurut gambar 2.27. jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif akan mengalir ke katoda.
- 2 Proses pengisian menurut gambar 2.27 dibawah adalah bila sel yang dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



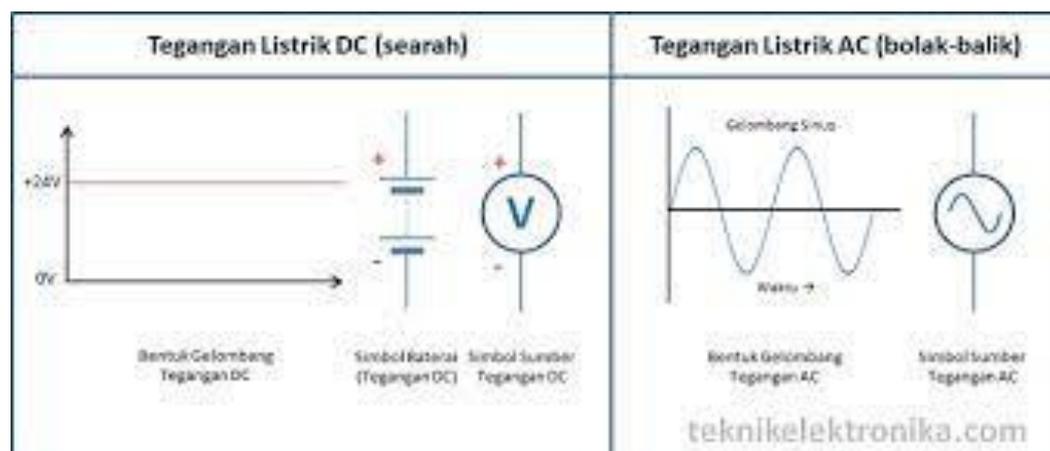
Gambar 2.30. Proses pengosongan dan pengisian baterai

- a. Aliran electron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda.
- b. Ion – ion negative mengalir dari katoda ke anoda.

- c. Ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda jadi, reaksi kimia pada saat pengisian adalah kebalikan dari saat pengosongan.

2.2.5 Tegangan Listrik

Tegangan listrik ialah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan listrik dari tempat satu ketempat lainnya dengan satuan volt tegangan listrik juga disebut dengan beda potensial listrik karena dasarnya tegangan listrik adalah perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Benda yang memiliki potensial listrik lebih tinggi mempunyai muatan positif lebih banyak dari benda lainnya. Sebuah sumber tegangan listrik yang konstan biasanya disebut dengan tegangan DC (tegangan searah) Contoh yang menghasilkan tegangan DC yang stabil adalah baterai dan pcatuan daya seperti menghasilkan tegangan DC 1,5V, 3V, 5V, 9V, 12V dan 24V sedangkan tegangan listrik yang bervariasi secara berkala dengan waktu disebut tegangan AC (tegangan bolak balik). Tegangan AC biasanya dipakai untuk peralatan rumah tangga dan industri. Tegangan AC di Indonesia adalah 220V. Berikut dibawah ini adalah symbol tegangan DC dan tegangan AC :



Gambar 2.31 Tegangan listrik DC dan Tegangan listrik AC

2.2.5.1 Alat Ukur Tegangan

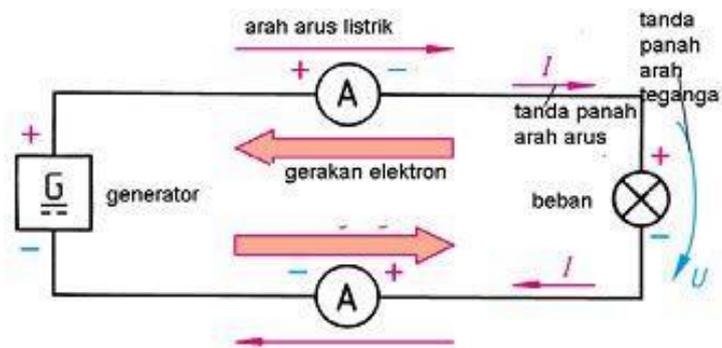
Alat yang dipergunakan untuk mengukur besar tegangan listrik, antara lain: voltmeter, dan osiloskop. Voltmeter bekerja dengan cara mengukur arus dalam sirkuit ketika dilewatkan melalui resistor dengan nilai tertentu. Sesuai hukum ohm, besar tegangan sebanding dengan besar arus untuk nilai resistansi sama. Prinsip kerja potensiometer adalah menimbang tegangan yang diukur dengan

tegangan yang sudah diketahui besarnya dengan menggunakan sirkuit jembatan. Sedang osiloskop bekerja dengan cara menggunakan tegangan yang diukur untuk membelokkan elektron di layar monitor, sehingga di layar akan tercipta grafik dari elektron yang telah dibelokkan. Grafik ini sebanding dengan besar tegangan yang diukur.

2.2.6 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan electron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan coulomb/dekit atau ampere. Arus Listrik juga mengalirnya pada elektron secara terus menerus dan berkesinambungan pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. satuan arus listrik adalah

Ampere. Arus listrik bergerak dari terminal positif (+) ke terminal negatif (-), sedangkan aliran listrik dalam kawat logam terdiri dari aliran elektron yang bergerak dari terminal negatif (-) ke terminal positif(+), arah arus listrik dianggap berlawanan dengan arah gerakan elektron.



Gambar 2.32 Arah arus listrik dan arah gerakan elektron

Formula arus listrik adalah:

$$I = Q/t \text{ (ampere)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

I = Besarnya arus listrik yang mengalir, ampere

Q = Besarnya muatan listrik, coulomb

T = Waktu, detik

$$Q = I \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

Q = Banyaknya muatan listrik dalam satuan coulomb

I = Kuat arus dalam satuan Ampere.

t = Waktu dalam satuan detik.

Untuk mendapatkan arus searah dari arus bolak-balik dengan menggunakan metode atau sistem, Saklar berfungsi untuk menghubungkan singkatkan ujung-ujung kumparan. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Bila kumparan jangkar berputar, maka pada kedua ujung kumparan akan timbul tegangan yang sinusoidal. Bila setengah priode tegangan positif saklar dihubungkan, maka tegangan menjadi nol.
2. Sistem komutator berfungsi sebagai saklar yaitu untuk menghubungkan singkatkan kumparan jangkar, komutator berupa cincin belah yang dipasang pada ujung kumparan jangkar.
3. Sistem dioda, dioda adalah komponen pasif yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :
 - a. Bila di beri prasikap maju (forward bias) bias di aliri arus.
 - b. Bila di beri prasikap balik (reverse bias) diode tidak akan di aliri arus.

Untuk menentukan arah arus pada setiap saat, berlaku pada kaidah tangan kanan :

- Ibu jari : Gerak perputaran
- Jari telunjuk : Medan magnet kutub utara dan selatan
- Jari tengah : Besaran galvanis tegangan U dan arus I

Untuk memproleh arus searah dari tegangan bolak balik, meskipun tujuan utamanya adalah pembangkitan tegangan searah, tampak bahwa tegangan kecepatan yang di bandingkan pada kumparan jangkar merupakan tegangan bolak-balik. Bentuk gelombang yang berubah-ubah tersebut karenanya harus di searahkan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian dimaksudkan agar penelitian berjalan dengan baik dan berurutan. Dengan adanya prosedur penelitian diharapkan penelitian dapat berjalan dengan lancar dan mendapatkan hasil yang maksimal.

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dan pembuatan laporan hasil pengujian pada Analisis Pengujian Keluaran Car Radiator Motor sebagai Pembangkit energi listrik Alternatif yang dilakukan pada tanggal 19 Juni 2021 sampai dengan selesai, tempat di Jl. Kapuk Gg. Musyawarah No.03 Desa Bandar Khalipah Kec. Percut Sei Tuan.

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang akan digunakan sebagai pendukung penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Peralatan Penelitian

1. Multimeter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V) dan arus listrik (A).
2. Tang Ampere Meter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V), hambatan/resistansi (Ohm), arus listrik (A), tanpa harus memotong kabel listrik.
3. Tachometer berfungsi untuk mengukur putaran motor.
4. Tools kit (Berisikan Peralatan pendukung seperti : Tang Pengelupas Kabel, Tang Skun Kabel, Tang Pemotong, Tang Cucut, Tang Kombinasi, Obeng Plus Minus, dan lain sebagainya).

3.2.2 Bahan Penelitian

1. Car Radiator Motor berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik. Peneliti menggunakan Motor Fan Radiator Avanza 16363-BZ010 tahun 2003-2011 12V.



Gambar 3.1 Motor Fan Radiator Avanza

2. Motor DC berfungsi sebagai penggerak awal untuk menggerakkan car radiator sehingga dapat berputar menghasilkan listrik yang di butuhkan.

Peneliti menggunakan Motor DC 775 12V.

Spesifikasi:

Tegangan kerja: 12v (6v ~ 30v DC)

No-load speed: 15000 RPM (6000 ~ 48000 RPM)

No-load current: 1A (mantap!)

Tinggi step: 4.5mm

Diameter step: 17.5mm

Diameter motor: 42mm

Panjang badan motor: 67mm

Panjang as: 17mm

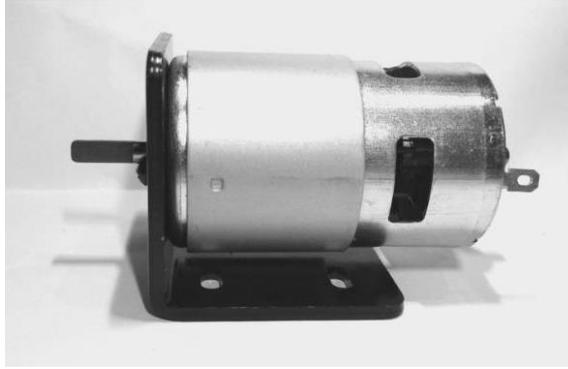
Diameter as: 5mm

Jarang lobang baut: 29mm

Ukuran lobang baut: M4

Jumlah lobang baut: 2

Kipas pendingin: Ada



Gambar 3.2 Motor DC 775 12V

3. Baterai (aki) berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.
4. Inverter berfungsi mengubah tegangan listrik DC (Direct Current) menjadi tegangan listrik AC (Alternating Current).
5. Kabel listrik jenis NYAF ukuran 1 x 2,5 mm² berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke perangkat pengguna listrik.
6. Papan berfungsi sebagai penempatan komponen pengujian.

3.3 Prosedur Penelitian

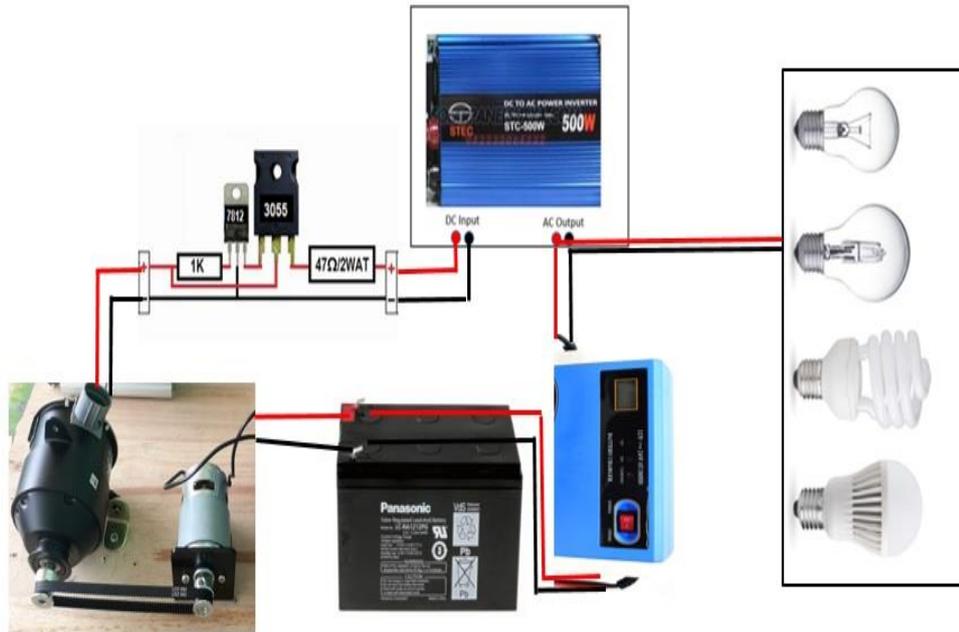
Terdapat beberapa tahapan pengumpulan data pada penelitian ini, yaitu:

1. Mengumpulkan studi literatur.
2. Menguji alat pada car radiator motor sebagai pembangkit energi listrik alternatif.
3. Menganalisa arus dan tegangan pada car radiator sebagai pembangkit energi listrik alternatif.
4. Karakteristik car radiator sebagai pembangkit energi listrik alternatif.

3.4 Gambar Keseluruhan Rangkaian

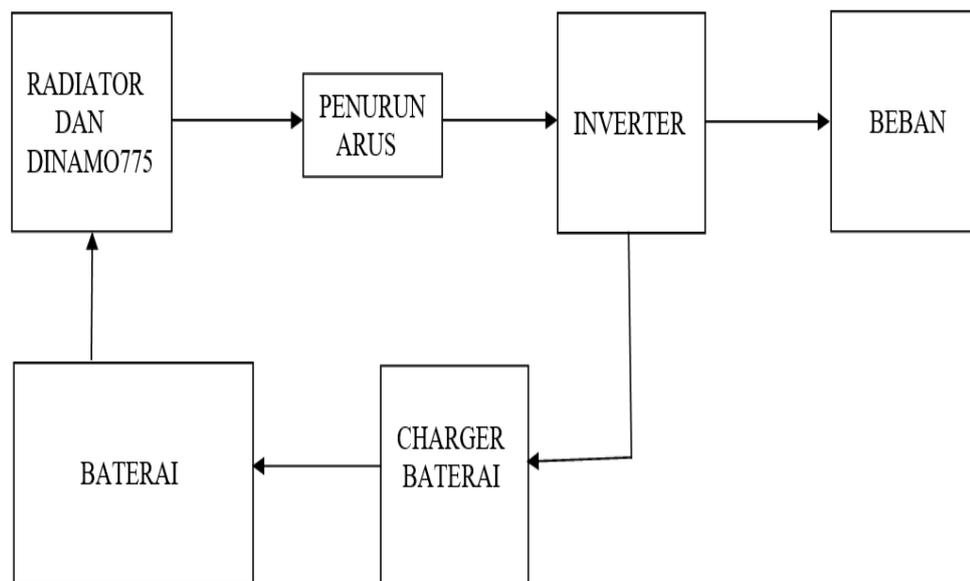
Dari gambar 3.2 Dapat dijelaskan dengan baterai merupakan sumber tegangan untuk mengaktifkan Radiator dan Dinamo 775. Kemudian Radiator menghasilkan keluaran tegangan sebesar 42 volt yang akan dialirkan ke penurun tegangan yang kemudian tegangan akan disesuaikan untuk dapat dialirkan ke inverter. Setelah mendapatkan tegangan yang sesuai dengan kapasitas inverter.

Inverter akan mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yg akan kita gunakan pada beban percobaan kali ini yaitu lampu.



Gambar 3.3 Gambar Rangkaian Keseluruhan

3.5 Bagan Rangkaian



Gambar 3.4 Bagan rangkaian

Dari gambar 3.4 Dapat dijelaskan dengan baterai merupakan sumber tegangan untuk mengaktifkan Radiator dan Dinamo 775. Kemudian Radiator menghasilkan keluaran tegangan sebesar 42 volt yang akan dialirkan ke penurun tegangan yang kemudian tegangan akan disesuaikan untuk dapat dialirkan ke inverter. Setelah mendapatkan tegangan yang sesuai dengan kapasitas inverter. Inverter akan mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yg akan kita gunakan pada beban percobaan kali ini yaitu lampu.

3.6 Diagram Alir Penelitian

a. Studiliteratur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari internet, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai penelitian dan pengujian keluaran car radiator motor sebagai pembangkit energi listrik alternatif.

b. Perancangan peralatan

Setelah melakukan studi literatur, kemudian merancang segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa bahan yaitu:

- Car Radiator Fan DC Motor 12V
- Baterai 12V/9AH
- Inverter 500W
- Kabel Penghubung
- 775 DC Motor 12V
- Multimeter
- 280mm Close loop timing belt
- Steker Fitting Lampu
- Bola Lampu
- 775 Motor Bracket Support
- 20T Alluminium Timming Drive Pulley
- Dioda
- On/Off Switch
- Papan Penyangga

c. Pengukuran kecepatan motor

Setelah melakukan persiapan peralatan kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kecepatan motor dengan menggunakan rumus dan tachometer.

d. Pengukuran tegangan

Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan pengukuran tegangan dengan menggunakan alat ukur tang ampere dan rumus tegangan.

e. Pengukuran arus

Setelah melakukan pengukuran tegangan dilanjutkan dengan mengukur arus yang dikeluarkan dengan menggunakan tang ampere dan rumus arus.

f. Pengukuran putaran

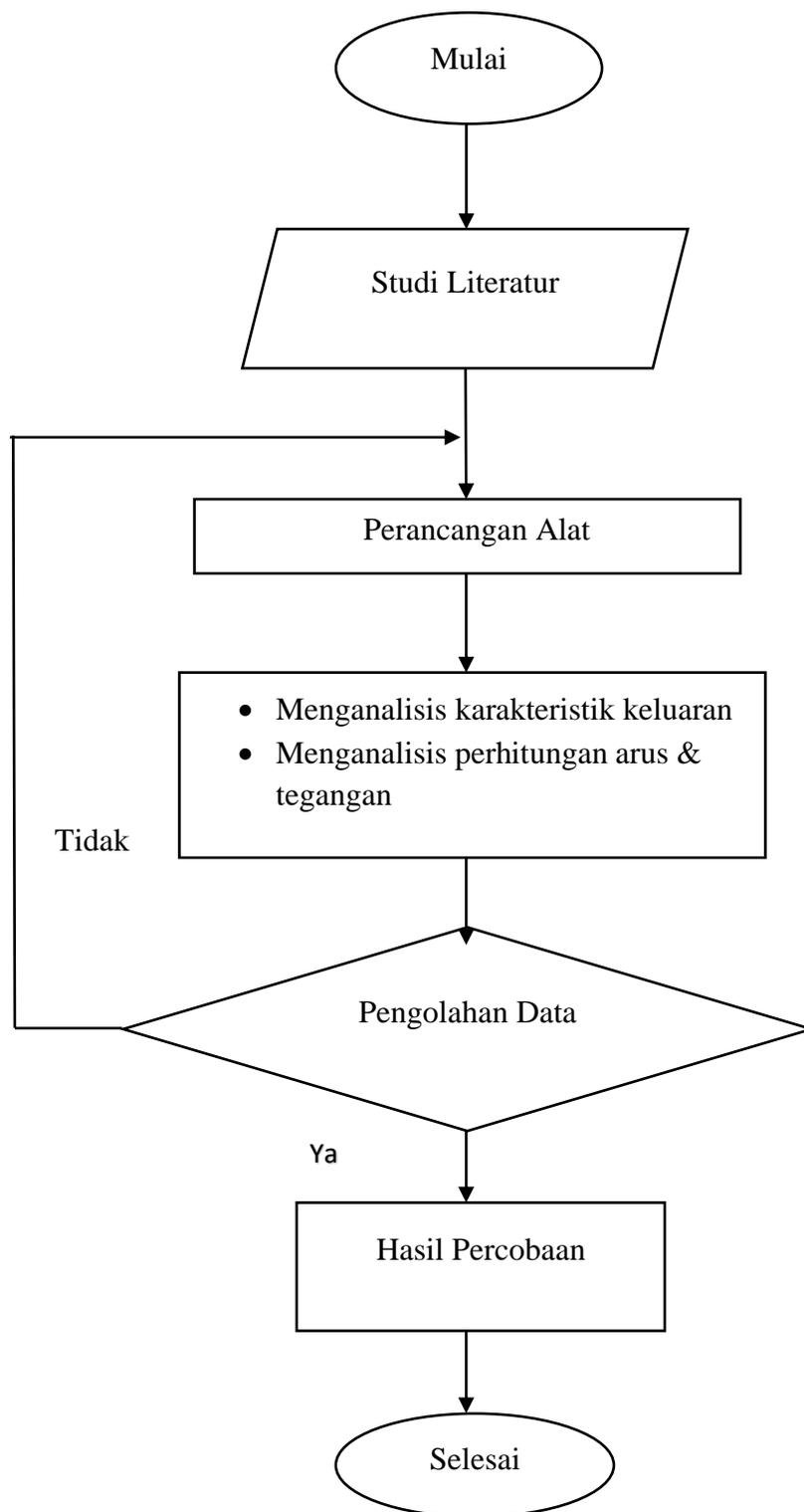
Setelah melakukan pengukuran arus dilanjutkan dengan mengukur putarannya dengan rumus.

g. Analisa data

Setelah dilakukanya pengukuran kecepatan motor, tegangan, arus dan putaran kemudian dapat di hasil pengujian kemudian, Data dimasukan kedalam lembar kerja berupa tabel data, sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut.

h. Kesimpulan

Dari data yang sudah diolah dalam bentuk tabel dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti kecepatan motor, tegangan, arus dan putaran yang dihasilkan oleh keluaran cat radiator motor berdasarkan keluaran yang di peroleh dilokasi percobaan dan kesimpulan lainnya.



Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Umum

Tugas akhir ini bertujuan untuk melihat hasil pengukuran yang didapat dengan menggunakan Analisa Pengujian Tegangan dan Arus pada Keluaran Car Radiator Motor Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. Hasil yang dilihat adalah Tegangan, arus dan Rpm pada keluaran yang didapat dari hasil Analisa Pengujian Tegangan dan Arus pada Keluaran Car Radiator Motor Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. Hasil pengukuran diperoleh dengan mengamati hasil pengukuran tegangan, arus dan rpm.

4.2 Hasil Pengujian

Dalam analisa pengujian tegangan dan arus pada keluaran car radiator motor sebagai pengujian pertama. Hasil pengukuran tersebut menghasilkan keluaran tegangan yang cukup baik. Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pada percobaan 1

No	Lampu (watt)	Lama waktu	Kecepatan Motor Radiator(rpm)	Arus (Ampere)	Tegangan (volt)
1	3	09.00 – 09.10	2194	4.09	43.1
2	5	09.10 – 09.20	3701	4.1	43.8
3	9	09.20 – 09.30	4408	4.1	43.3
4	12	09.30 – 09.40	4426	3.9	42.8

Dapat kita lihat dari tabel diatas dengan daya lampu 3 watt memperoleh putaran motor radiator 2194 rpm, tegangan 43.1 Vdc dan arus 4.09 Adc. Daya lampu 5 watt memperoleh putaran motor radiator 3701 rpm, tegangan 43.8 Vdc dan arus 4.1 Adc. Daya lampu 9 watt memperoleh putaran motor radiator 4408 rpm, tegangan 43. V3dc dan arus 4.1 Adc. Daya lampu 12 watt memperoleh putaran motor radiator 4426 rpm, tegangan 42.8 Vdc dan arus 3.9 Adc.

Tegangan rata-rata alternator mobil yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 09.40 adalah:

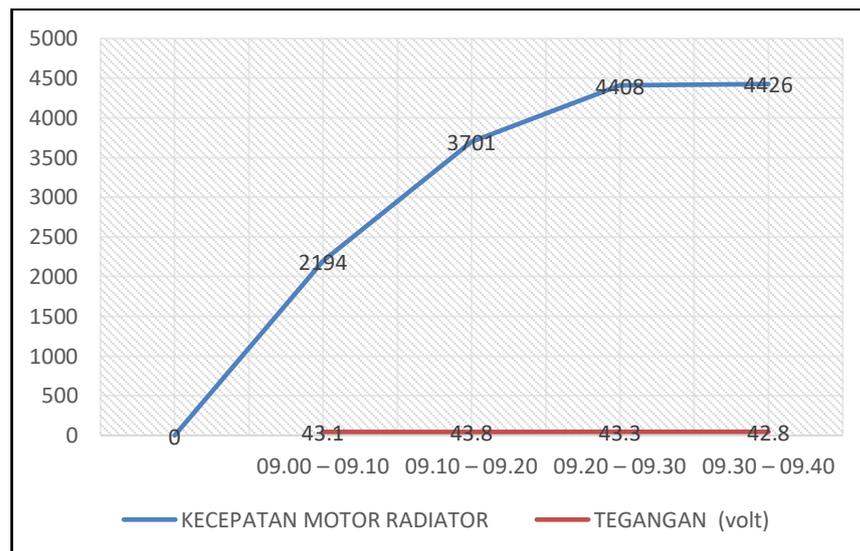
$$\begin{aligned}
 V(\text{rata - rata}) &= \Sigma V/n \\
 &= \frac{43,1 + 43,8 + 43,3 + 42,8}{4} \\
 &= 43,25 \text{ Vdc.}
 \end{aligned}$$

Arus keluaran rata-rata motor radiator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 09.40 adalah:

$$\begin{aligned}
 I(\text{rata - rata}) &= \Sigma I/n \\
 &= \frac{4,09 + 4,1 + 4,1 + 3,9}{4} \\
 &= 4,04 \text{ A.}
 \end{aligned}$$

Putaran rata-rata motor radiator yang dibangkitkan dari jam 09.00 sampai dengan jam 09.40 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{putaran}(\text{rata - rata}) &= \Sigma \text{putaran} /n \\
 &= \frac{2194 + 3701 + 4408 + 4026}{4} \\
 &= 3582 \text{ rpm.}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran percobaan 1

Dalam analisa pengujian tegangan dan arus pada keluaran car radiator motor sebagai pengujian kedua. Hasil pengukuran tersebut menghasilkan keluaran tegangan yang cukup baik. Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran pada percobaan 2

No	Lampu (watt)	Lama waktu	Kecepatan Motor Radiator (rpm)	Arus (Ampere)	Tegangan (volt)
1	3	09.00 – 09.10	2163	4.06	43.2
2	5	09.10 – 09.20	3703	4.1	43.7
3	9	09.20 – 09.30	4406	4.2	43.4
4	12	09.30 – 09.40	4424	3.8	43.9

Dapat kita lihat dari tabel diatas dengan daya lampu 3 watt memperoleh putaran motor radiator 2163 rpm, tegangan 43.2 Vdc dan arus 4.06 Adc. Daya lampu 5 watt memperoleh putaran motor radiator 3703 rpm, tegangan 43.7 Vdc dan arus 4.1 Adc. Daya lampu 9 watt memperoleh putaran motor radiator 4406 rpm, tegangan 43.4 Vdc dan arus 4.2 Adc. Daya lampu 12 watt memperoleh putaran motor radiator 4024 rpm, tegangan 43.9 Vdc dan arus 3.8 Adc.

Tegangan rata-rata alternator mobil yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 09.40 adalah:

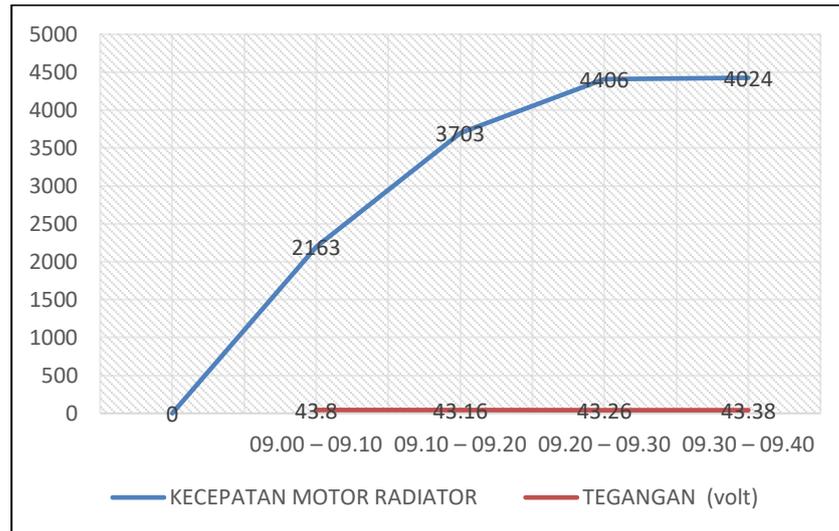
$$\begin{aligned}
 V(\text{rata - rata}) &= \Sigma V/n \\
 &= \frac{43,2 + 43,7 + 43,8 + 42,9}{4} \\
 &= 43,5 \text{ Vdc.}
 \end{aligned}$$

Arus keluaran rata-rata motor radiator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 09.40 adalah:

$$\begin{aligned}
 I(\text{rata - rata}) &= \Sigma I/n \\
 &= \frac{4,06 + 4,1 + 4,2 + 3,8}{4} \\
 &= 4,04 \text{ A.}
 \end{aligned}$$

Putaran rata-rata motor radiator yang dibangkitkan dari jam 09.00 sampai dengan jam 09.40 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{putaran (rata - rata)} &= \Sigma \text{putaran} /n \\
 &= \frac{2163 + 3703 + 4406 + 4024}{4} \\
 &= 3574 \text{ rpm.}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran percobaan 2

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis pengujian keluaran car radiator dapat digunakan untuk pembangkit listrik mengeluarkan tegangan rata-rata 43.25 Vdc pada percobaan pertama dan mengeluarkan tegangan rata-rata 43.5 Vdc pada percobaan kedua.
2. Dari percobaan pertama hasil pengujian tegangan yang dikeluarkan car radiator hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 43.25 Vdc, arus rata-rata 4.04 A dengan putaran rata-rata 3582 rpm. sedangkan pada percobaan kedua mengeluarkan tegangan rata-rata 43.5 Vdc, arus rata-rata 4.04 A dengan putaran rata-rata 3574 rpm.
3. Percobaan yang dilakukan menghasilkan data yang tepat dan Car Radiator Motor sebagai sumber juga dapat berjalan normal

5.2 Saran

Berdasarkan hasil Analisa pengujian Tegangan dan Arus pada Keluaran Car Radiator Motor Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif, maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil efisiensi yang lebih maksimal. Diharapkan penelitian seperti ini bisa mendapatkan dukungan dari partisipasi dari berbagai pihak yang lebih berkompeten dibidangnya.
2. Penelitian tentang energi terbarukan lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.
3. Pemanfaatan secara maksimal untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. (2014). *Penyedia Daya Cadangan Menggunakan Inverter. 2.*
- Agustina, S., & Nugroho, N. (2015). Analisa Motor Dc (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik. *Jurnal Mikrotiga*, 2(1).
- Darmana, T., Handayani, O., & Rusjdi, H. (N.D.). *Motor Konvensional Dengan Motor Listrik Ulc Pln.*
- Evalina, N., Nugraha, Y. T., Fakultas, D., Universitas, T., Sumatera, M., Fakultas, D., Universitas, T., & Pendahuluan, I. (2019). *Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3g3mx2. 2–5.*
- Hamid, R. M., Rizky, R., Amin, M., & Dharmawan, I. B. (2016). Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 4(2), 130. <https://doi.org/10.32487/jtt.v4i2.175>
- Hutagalung, S. N., & Panjaitan, M. (2017). Prototype Rangkaian Inverter Dc Ke Ac 900 Watt. *Jurnal Pelita Informatika*, 16(3), 278–280. https://www.researchgate.net/profile/Melda_Panjaitan2/publication/318729261_PROTOTYPE_RANGKAIAN_INVERTER_DC_KE_AC_900_WATT/links/597aa60daca272e8cc247b32/PROTOTYPE-RANGKAIAN-INVERTER-DC-KE-AC-900-WATT.pdf
- Listrik, B. (2016). *PERINGATAN PADA PENGURANGAN ENERGI BATTERY Badriana. 16(19), 33–40.*
- Motor, P., Tiga, S., Tipe, P., Pole, S., & Sinkron, G. (2019). *Jurnal Simetrik Vol.9, No.2, Desember 2019. 9(2), 197–207.*
- Mundus, R., Hie Khwee, K., Hiendro, A., Studi Sarjana Teknik Elektro, P., & Teknik Elektro, J. (N.D.). *RANCANG BANGUN INVERTER DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER BATERAI DC 12V.*
- Nitrate, A. (2011). Baterai Cerdas Dari Elektrolit Polimer Kitosan-Pva Dengan Penambahan Amonium Nitrat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*,

14(2), 70–77. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v14i2.5314>

Salu, D. S. T., Lisi, I. F., Tumaliang, I. H., Patras, L. S., Unsrat, J. T. E., & Antekelyahoom, E. (2013). *Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Ac Satu Fasa Dengan Menggunakan Thyristor*. 1–9.

Sudantoko, E., & Setiawan, I. (N.D.). *DSPIC30F4011 DENGAN FEEDBACK TEGANGAN MENGGUNAKAN METODE KONTROL PROPORTIONAL INTEGRAL*.

Tauhid, B. (N.D.). *Perancangan Inverter Satu Fasa PWM Dengan Teknik Eliminasi Harmonisa*.

Teknik, J., Politeknik, E., & Manado, N. (N.D.). *ANALYSIS AND SIMULATION OF DC MOTOR CONTROL SYSTEM*.

Thowil Afif, M., & Ayu Putri Pratiwi, I. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik - Review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 95–99. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1>

Yunus, Y., Sihana, & Subekti Lukman. (2012). *Modifikasi Alternator Mobil Menjadi Generator 3 Fasa 220 V 600 RPM*. 1–4.

Zaky, M., Mufti, A., & Rahman, A. (2018). *Perancangan Sistem Kendali Berbasis GPS (Global Positioning System) Pada Kapal Tanpa Awak*. 3(2), 60–67.

Zondra, E., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Kuning, U. L. (2017). *ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA MOTOR*. 1(2), 1–8.