

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH *OIL CIRCULATION* SEBAGAI SISTEM
PROTEKSI PANAS BERLEBIH PADA INDUKTOR TOROID

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapat Gelar Sarjana
Program Sastra-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Oleh:

MUHAMMAD FAISAL ADITYA

1507220119



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MHD FAISAL ADITYA

NPM : 1507220119

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH OIL CIRCULATION SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PANAS BERLEBIH PADA INDUKTOR TOROID .

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Oktober 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Kepala Program Studi
Teknik elektro

Dosen Pembanding I



Faisal Irsan Pasaribu ST.MT



Faisal Irsan Pasaribu ST.MT

Dosen Pembanding II



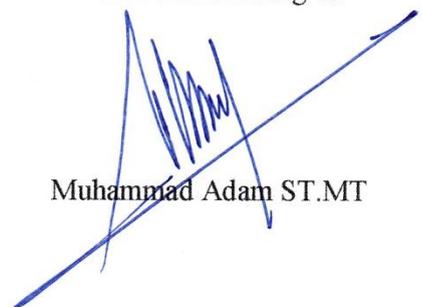
Rimbawati ST.MT

Dosen Pembimbing I



Noorly Evalina ST.MT

Dosen Pembimbing II



Muhammad Adam ST.MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : MHD FAISAL ADITYA

Tempat /Tanggal Lahir : Saentis 12 Februari 1998

NPM : 1507220119

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

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

“ANALISIS PENGARUH OIL CIRCULATION SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PANAS BERLEBIH PADA INDUKTOR TORID”.

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, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Oktober 2022

Saya yang menyatakan,



MHD FAISAL ADITYA

ABSTRAK

Pada saat ini dunia mengalami krisis energi konvensional dikarenakan banyaknya populasi manusia dibanding dengan pemasukan energi yang disediakan. maka di perlukan pemanfaatan energi yang lebih ramah lingkungan salah satunya dengan pemanfaatan energi terbarukan diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang kita kenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam pengiriman energi yang dilakukan pada solar panel dibutuhkan induktor toroidal sebagai peredam arus sehingga pada saat proses pembebanan tidak menghasilkan penyerapan energi yang begitu besar pada baterai terutama pada beban beban yang bersifat induktif. Panas berlebih atau kenaikan suhu sering terjadi pada induktor toroid baik didalam penggunaannya sebagai bost converter, transformator ataupun pada peralatan mesin listrik lainnya. Panas berlebih akan mengganggu kinerja dari induktor toroid, sehingga induktor toroid tidak bekerja secara maksimal atau handal. Dalam menanggulangi terjadinya panas berlebih maka dibuatlah sebuah sistem yang dinamakan Oil Circulation. Alat ini berfungsi sebagai sistem proteksi. Dimana sistem ini akan memproteksi panas berlebih yang terjadi pada induktor toroid atau mendinginkan induktor toroid. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini dengan temperature yang berbeda-beda yaitu pada temperature rendah 30° mampu menghasilkan daya dan arus sekitar 5,67 watt, 0,21 ampere, $\cos \phi$ sebesar 0,90 , pada temperature tertinggi 38° menghasilkan daya dan arus sekitar 12,1 watt 0,58 ampere, $\cos \phi$ sebesar 0,70 .

Kata kunci : *Energi terbarukan, Proteksi Panas, Induktor Toroid, Oil Circulation.*

ABSTRACT

At this time the world is experiencing a conventional energy crisis due to the large human population compared to the energy input provided. Therefore, it is necessary to use energy that is more environmentally friendly, one of which is the use of renewable energy, including by utilizing solar radiation power by using solar cells as a converter of solar energy into electrical energy, which we know as Solar Power Plants (PLTS). In the delivery of energy carried out on solar panels, a toroidal inductor is needed as a current reducer so that during the loading process it does not produce such large energy absorption in the battery, especially in inductive loads. Excessive heat or temperature increases often occur in toroid inductors, both in their use as boost converters, transformers or in other electrical machine tools. Excessive heat will interfere with the performance of the toroid inductor, so that the toroid inductor does not work optimally or reliably. In tackling the occurrence of excessive heat, a system called Oil Circulation was created. This tool serves as a protection system. Where this system will protect the overheating that occurs in the toroid inductor or cool the toroid inductor. The results obtained in this study with different temperatures, namely at a low temperature of 30⁰ capable of producing power and currents of about 5.67 watts, 0.21 amperes, cos phi of 0.90, at the highest temperature of 38⁰ producing power and currents of about 12 .1 watt 0.58 ampere, cosphi 0.70.

Keywords: Heat Protection, Toroid Inductor, Oil Circulation.

KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Pengaruh *Oil Circulation* Sebagai Sistem Proteksi Panas Berlebih Pada Induktor Toroid“ sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak Pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghanturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Noorly Evalina, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1
4. Bapak Muhammad Adam, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2
5. Dosen-dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Rudi dan Ibu Sri Handayani selaku orangtua saya yang sudah mendukung dalam segala hal hingga saat ini.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro yang telah membantu penulis dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dimasa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca.

Medan, Juni 2022

Muhammad faisal Aditya
1507220119

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.3 Oil Circulation	8
2.3.1 Jenis Jenis Oil Circulation	8
2.3.2 Pengertian Transformator	7
2.3.3 Prinsip Kerja Transformator	12
2.3.4 Kumparan Transformator	14
2.3.5 Efisiensi Dan Rugi-Rugi.....	15
2.3.6 Jenis-Jenis Transformator	16
2.3.7 Induktor Toroid.....	20
2.3.8 Arduino	26
2.3.9 Arduino Uno	29
2.3.10 Sensor Ketinggian <i>Level Air</i>	31
2.3.11 Sensor Suhu Ic Lm35	32
2.3.12 Liquid Cristal Display	34
2.3.13 Modul Relay Dc 5 Volt	35
2.3.14 Boost Converter	36
2.3.15 Radiator	37

2.3.16 Fan Dc 12 Volt	38
2.3.17 Pompa DC.....	39
2.2.18 Sensor Water Level	39
2.3.18.1 Bagian Bagian Alat	40
2.3.17.1.1 Resistor.....	40
2.3.17.1.2 Light Emiting Diode	41
2.3.17.1.3 Ic Lm324	43
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	45
3.1 Lokasi Penelitian	45
3.2 Peralatan Penelitian	45
3.3 Metode Penelitian	46
3.4 Perancangan sistem.....	47
3.4,1 Perancangan Software.....	48
3.4,2 Perancangan Hardware	49
3.4,3 Perancangan Program	51
3.5 Diagram Alir Penelitian	53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1 Hasil Penelitian.....	54
BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 Tranformator.....	13
GAMBAR 2.2 Prinsip Kerja Transformator.....	13
GAMBAR 2.3 Transformator Arus.....	18
GAMBAR 2.4 Transformator Tegangan.....	19
GAMBAR 2.5 Induktor Toroid.....	21
GAMBAR 2.6 Induktansi Toroid.....	22
GAMBAR 2.7 Induktor Sumber Tegangan DC.....	25
GAMBAR 2.8 Induktor Sumber Tegangan AC.....	25
GAMBAR 2.9 Arduino Uno.....	30
GAMBAR 2.10 Sensor Ketinggian <i>Level Air</i>	31
GAMBAR 2.11 Jenis Jenis IC LM35.....	33
GAMBAR 2.12 Liquid Cristal Display.....	34
GAMBAR 2.13 Modul Relay Dc 5 Volt.....	36
GAMBAR 2.14 Boost Converter.....	36
GAMBAR 2.15 Radiator <i>Coolant</i>	37
GAMBAR 2.16 Fan Dc 12 volt.....	38
GAMBAR 2.17 Pompa DC.....	39
GAMBAR 2.18 Light Emiting Diode.....	41
GAMBAR 2.19 Ic LM324.....	44
GAMBAR 3.1 Blok Diagram Automatic Oil Sirculation.....	47
GAMBAR 3.2 Skematik Alat Menggunakan Software.....	48
GAMBAR 3.3 Desain Sistem Control Oil Circulation.....	49
GAMBAR 3.4 Penyolderan Pada Lcd.....	49
GAMBAR 3.5 Pemasangan Penempatan Komponen.....	50
GAMBAR 3.6 Proses Pengkabelan.....	50
GAMBAR 3.7 Skema Program Sensor Suhu.....	52
GAMBAR 3.8 Skema Pemograman Sensor Water Level.....	52
GAMBAR 3.9 Diagram Alir Penelitian.....	53
GAMBAR 4.1 Grafik Perbandingan Arus Terhadap Temperatur.....	55
GAMBAR 4.2 Grafik Perbandingan Daya Terhadap Temperatur.....	57

DAFTAR TABEL

TABEL 4.1 Hasil Pengujian <i>Oil Circulation</i> Pada Induktor Toroid	54
TABEL 4.2 Hasil Perhitungan Daya Pada Induktor Toroid	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini dunia mengalami krisis energi konvensional dikarenakan banyaknya populasi manusia dibanding dengan pemasukan energi yang disediakan. Dikarenakan penyediaannya yang mulai langka, harga energi konvensional terbilang mahal. Tetapi untuk mencukupi kebutuhan penduduknya, beberapa negara harus import energi dari negara lain walaupun dengan harga yang mahal, salah satunya negara Indonesia.

Adapun konsumsi energi nasional saat ini adalah BBM: 52,50%; Gas: 19,04%; Batubara: 21,52%; Air: 3.73%; Panas Bumi: 3.01%; Dan Energi baru: 0.2%. Demikian yang terjadi akibat dari kebijakan subsidi terhadap energi konvensional dalam upaya memacu percepatan pertumbuhan ekonomi. (Kholiq, n.d.).

Pemanfaatan energi terbarukan diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang kita kenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) cahaya matahari terdiri dari atas foton atau partikel energi surya yang dikonversi menjadi energi listrik. Energi yang diserap oleh sel surya diserahkan pada elektron sel surya untuk dikoversi menjadi energi listrik. Pada sel surya terdapat dua sambungan antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semi konduktor, masing-masing lapisan diketahui sebagai semikonduktor jenis P dan semikonduktor jenis N. Pada saat foton mengenai sel surya maka energi yang diserap dari foton akan diberikan ke elektron untuk melepaskan diri dari semikonduktor N. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang di tinggalkan oleh elektron yang disebut fotogenerasi elektron-hole. Dikarenakan pada sambungan PN terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor N. Begitu juga dengan hole yang tertarik kearah semikonduktor. (Syukri & Kunci, 2010)

Dalam pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya dibutuhkan inverter untuk mengubah tegangan DC yang dihasilkan menjadi tegangan AC agar dapat digunakan untuk komponen-komponen listrik yang digunakan sehari-hari. Dalam pengiriman energi yang dilakukan pada solar panel dibutuhkan induktor toroidal sebagai peredam arus sehingga pada saat proses pembebanan tidak menghasilkan penyerapan energi yang begitu besar pada baterai terutama pada beban beban yang bersifat induktif.

Adapun kendala yang dihadapi dalam proses peredaman arus pada induktor toroid adalah terjadinya panas pada pada besi ferit. Penyebab terjadinya induktor toroid panas yaitu pembebanan, pembebanan mengakibatkan peningkatan temperatur yang menimbulkan panas pada trafo, oleh karena itu minyak trafo memegang peranan penting dalam sistem isolasi trafo dan juga berfungsi sebagai pendingin untuk menghilangkan panas akibat rugi-rugi daya pada trafo, keuntungan minyak trafo sebagai isolator dalam trafo yaitu isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi dan isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (self healing) jika terjadi pelepasan muatan. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan seperti kekuatan isolasi tinggi penyalur panas yang baik berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat, viskositas yang rendah agar mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik, titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan, merusak bahan isolasi pada, serta sifat kimia yang stabil. (Kodoati et al., 2015).

Panas berlebih atau kenaikan suhu sering terjadi pada induktor toroid baik didalam penggunaannya sebagai boost converter, transformator ataupun pada peralatan mesin listrik lainnya. Panas berlebih akan mengganggu kinerja dari induktor toroid, sehingga induktor toroid tidak bekerja secara maksimal atau handal. Dalam menanggulangi terjadinya panas berlebih maka dibuatlah sebuah sistem yang dinamakan Oil Circulation. Oil circulation merupakan sebuah sistem sirkulasi minyak yang ada didalam peralatan mesin listrik. Sistem sirkulasi minyak ini berfungsi sebagai sistem proteksi. Dimana sistem ini akan memproteksi panas berlebih yang terjadi pada induktor toroid atau mendinginkan induktor toroid. Untuk itu perlu pengkajian yang lebih mendalam lagi bagaimana

pengaruh dari sistem sirkulasi minyak ini sebagai sistem proteksi panas berlebih pada induktor toroid jika induktor toroid tersebut mengalami kenaikan suhu yang cukup signifikan

Berdasarkan uraian dan permasalahan diatas, Tugas Akhir ini akan membahas mengenai “Analisis Oil Circulation Sebagai Sistem Proteksi Panas Berlebih Pada Induktor Toroid”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan yang akan di bahas adalah

1. Bagaimana pengaruh arus yang mengalir pada induktor toroid akibat perubahan temperatur pada oil circulation?
2. Bagaimana pengaruh faktor kerja pada induktor toroid akibat perubahan temperatur pada oil circulation?
3. Bagaimana pengaruh daya pada induktor toroid akibat perubahan temperatur pada oil circulation?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup masalah tugas akhir ini adalah:

1. Peneliti ini menggunakan induktor toroid sebagai penghantar panas dan oil circulation sebagai sistem proteksi panas berlebih.
2. Peneliti ini hanya menganalisis perubahan parameter arus , factor kerja dan daya pada inductor toroid.

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis perubahan arus pada induktor toroid akibat perubahan temperatur.
2. Menganalisis perubahan factor kerja pada induktor toroid akibat perubahan temperatur.
3. Menganalisis perubahan daya pada inductor toroid akibat perubahan temperatur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dalam tugas akhir ini adalah :

1. Dapat mengetahui hasil dari pengukuran oil circulation sebagai sistem proteksi panas berlebih.
2. Untuk mengetahui sirkulasi oil sebagai system proteksi panas berlebih pada inductor toroid.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab yang berhubungan satu sama lain dan disusun secara terperinci serta sistematis untuk memberikan gambaran dan mempermudah pembahasan Tugas Akhir ini. Berikut adalah sistematika penulisan dari masing-masing bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tentang kutipan dari penelitian terdahulu serta menguraikan tentang teori dasar-dasar umum tentang Pengaruh kuat medan magnet dan kecepatan rotor terhadap tegangan yang dihasilkan generator arus bolak-balik

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tempat pembuatan alat, langkah-langkah pembuatan alat, dan meliputi langkah-langkah pengumpulan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan hasil analisa dari data yang telah diambil di lapangan, lalu menganalisanya. Dalam bab ini setidaknya memberikan jawaban atas pertanyaan pada rumusan masalah.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Salah satu dari sekian banyak hal yang mempengaruhi kinerja sebuah peralatan listrik adalah panas. Hal ini dikarenakan beberapa faktor-faktor seperti jenis bahan, komponen yang digunakan, rangkaian yang dibuat, dan lain sebagainya. Untuk mengurangi akumulasi panas, sistem pendinginan diperlukan untuk memperbaiki kinerja dan lifetime peralatan.

Dalam beberapa penelitian, terdapat cara untuk mengurangi efek panas pada peralatan listrik dengan menggunakan headsink jenis extrude yang memiliki performa yang lebih baik dari headsink jenis slot. (Joessianto Eko Poetro, Catur Rakhmad Handoko, 2013).

Dan ada juga alat pendingin lainnya seperti radiator, radiator juga berfungsi sebagai alat mendingkan air yang telah menyerap panas dari mesin dengan cara membuang panas air tersebut melalui sirip sirip pendinginnya. yang bertujuan untuk mengetahui laju pembuangan panas dan efektifitas pada radiator dengan beberapa komposisi campuran air dengan radiator. (Hadi & Muttaqin, 2014)

Pada penelitian alat cooler box thermo electrical alat sebagai pengganti kulkas dan alat ini yang di desain kecil yang dapat di bawa kemana saja yang di rancang menggunakan TEC1-12706 dan TEC1-12715. ini berbeda dengan cooler box semi konduktor yang menggunakan water cooling. (Bramantyo & Arsana, 2019)

Sedangkan penelitian pendingin menggunakan elemen peltier berbasis mikrokontroler Atmega8535 yang dimanfaatkan sebagai pendingin air. Kemampuan elemen untuk mempompa panas dari sistem ke lingkungan di uji dengan memvariasikan massa air yaitu 50 g, 100 g, 300 g, 500 g, panas dari sistem serap melalui heatshink bagian atas. Fan AC di gunakan unuk mempercepat pelepasan panas dari heatshink ke udara sehingga pemindahan panas dari sistem lingkungan berjalan lebih cepat. Dan mikrokontroler Atmega8535 memproses LM35 dan menampilkan di LCD. hasil perancangan dan

pengujian sensor LM35, untuk di dapat digunakan di dalam air yang telah berhasil dengan nilai regresi sebesar 0,9987. dan elemen peltier menunjukkan semakin besar massa air semakin berkurang kemampuannya untuk menurunkan temperatur. (Gandi & Yusfi, 2016)

Berikutnya penelitian Pendinginan menggunakan mikrokontroler difokuskan pada pembuatan alat yang dapat mengatur suhu air aquarium secara otomatis sehingga suhu pada air aquarium di harapkan dapat stabil sesuai dengan yang dibutuhkan. Dan dalam hal ini dibutuhkan sensor suhu dan fan yang digunakan untuk mengatur suhu di dalam aquarium. Sensor suhu yang digunakan yaitu sensor DS18B20 yang memiliki akurasi hingga 0.5°C dengan suhu kerja antara -10°C sampai dengan $+85^{\circ}\text{C}$. Dan driver L298N berfungsi untuk dapat mengendalikan dua buah motor DC sekaligus, arus maksimal yang dapat diterima oleh driver L298N yaitu 2A. Dan PWM (pulse width modulation) yang digunakan untuk mengatur jumlah daya yang dialokasikan ke beban tanpa harus menimbulkan kerugian daya pada rangkaian pengendalian beban tersebut. (Asih et al., 2018).

Penelitian serupa yaitu pendinginan dengan metode fuzzy logic atau cooling tower bertujuan untuk menjaga suhu dan daya agar tetap konstan. Microcontroller di perlukan untuk dapat mengontrol sistem secara otomatis dengan menggunakan fuzzy logic karena dapat mengontrol alat dan dapat menentukan dan menjaga daya maupun suhu pada panel agar tetap stabil. Dengan metode ini secara langsung dapat mempertahankan panel surya agar dapat menghasilkan listrik. Saat penelitian ini di buat pendingin panel surya dengan menggunakan heatsink fan di dapatkan suhu rata-rata pada badan panel surya 50.14°C dan rata-rata dari panel tersebut adalah 18.80 Volt. (Loegimin et al., 2020)

2.2 Landasan Teori

Berikut landasan teori yang digunakan dalam mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini.

2.3 Oil Circulation

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator. harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, Isolasi minyak berfungsi untuk mendinginkan gulungan primer dan sekunder kawat yang ada di transformator dan juga berfungsi untuk mengisolasi keterikatan antara gulungan primer dan sekunder dan juga antara tubuh trafo. Minyak transformator mempunyai unsur atau senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak transformator. Ini adalah senyawa hidrokarbon parafinik, senyawa hidrokarbon naftenik dan senyawa hidrokarbon aromatik. Selain ketiga senyawa diatas minyak transformator masih mengandung senyawa yang disebut zat aditif meskipun kandungannya sangat kecil.

Fungsi minyak trafo merupakan komponen terpenting dari pemutus, minyak ini merupakan pemurnian dari oil atau minyak alam . fungsi utamanya ialah sebagai berikut

- a. Sebagai bahan isolasi , sehingga isolasi kertas pada trafo menjadi kuat sehingga pada trafo tidak terjadi breakdown.
- b. Sebagai penghantar panas , sehingga panas dengan mudah keluar dan melindungi trafo dari udara .
- c. Sebagai pemadam busur api pada CB. Pada saat pemutus bekerja yaitu pada saat arus mencapai harga nol sehingga terjadi pemutusan yang handal.

2.3.1 Jenis Jenis Oil Circulation

Minyak trafo jenisnya adalah mineral oil yang mempunyai fungsi ganda yaitu sebagai pendingin dan isolasi. Fungsi isolasi ini mengakibatkan bahwa berbagai ukuran dapat diperkecil ,perlu dikemukakan bahwa minyak trafo harus memiliki mutu yang tinggi dan senantiasa berada dalam keadaan yang bersih. Adapun 2 kegunaan dari minyak trafo yaitu:

a. Minyak Transformator Sebagai Pendingin.

Dalam menyalurkan perannya sebagai pendingin, kekentalan minyak transformator ini tidak boleh terlalu tinggi agar mudah bersirkulasi, dengan demikian proses pendinginan dapat berlangsung dengan baik. Kekentalan relatif minyak transformator tidak boleh lebih dari 4,2 pada suhu 20°C dan 1,8 dan 1,85 dan maksimum 2 pada suhu 50°C.

Hal ini sesuai dengan sifat minyak transformator yakni semakin lama dan berat operasi suatu minyak transformator, maka minyak akan semakin kental. Bila kekentalan minyak tinggi maka akan sulit untuk bersirkulasi sehingga akan menyulitkan proses pendinginan transformator.

Adapun contoh minyak trafo sebagai pendingin yaitu:

1. For Ex - ONAN Oil Natural Air Natural (hanya radiator)
2. ONAF - Oil Natural Air Force (Radiator + Kipas)
3. OFAF – Oil Force Air Force (Radiator + Kipas + Pompa)

b. Minyak Transformator Sebagai Bahan Isolasi

Sebagai bahan isolasi minyak transformator memiliki beberapa kekentalan, hal ini sebagaimana dijelaskan dalam SPLN (49-1:1980). Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh minyak transformator adalah sebagai berikut

1. Kejernihan

Kejernihan minyak isolasi tidak boleh mengandung suspensi atau endapan (sedimen).

2. Massa Jenis

Massa jenis dibatasi agar air tidak dapat berpisah dari minyak isolasi dan tidak melayang

3. Viskositas Kinematika

Viskositas memegang peranan penting dalam Pendinginan, yakni untuk menentukan kelas minyak.

4. Titik Nyala

Titik nyala yang rendah menunjukkan adanya kontaminasi zat gabar yang mudah terbakar.

5. Titik Tuang

Titik tuang dipakai untuk mengidentifikasi dan menentukan jenis peralatan yang akan menggunakan minyak isolasi.

6. Angka Kenetralan

Angka kenetralan merupakan angka yang menunjukkan penyusutan asam minyak dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak, menunjukkan kecenderungan percobaan kimia atau indikasi percobaan kimia dalam bahan tambangan.

7. Korosi Belerang

Korosi belerang kemungkinan dihasilkan dari adanya belerang bebas atau senyawa belerang yang tidak stabil dalam minyak isolasi.

8. Tegangan Tembus

Tegangan tembus yang terlalu rendah menunjukkan adanya kontaminasi seperti air, kotoran, atau partikel konduktif dalam minyak.

9. Kandungan Air

Adanya air dalam isolasi menyebabkan menurunnya tegangan tembus dan tahanan jenis minyak isolasi akan mempercepat kerusakan serta pengisolasi

Adapun pengujian tegangan tembus minyak trafo, tujuan ini untuk mengetahui tegangan tembus pada minyak trafo baik minyak pada trafo trafo baru, maupun pada trafo trafo lama yang sudah di pakai .

Prosedur percobaan :

1. Minyak trafo dituangkan pada bak untuk percobaan , dijaga jangan sampai terdapat gelembung gelembung udara maupun kotorsan pada minyak.
2. Minyak ditunggu kira kira 5 menit, kemudian tegangan baru dimasukkan tegangan dinaikkan secara bertahap sampai terjadi penembusan (breakdown), hal ini dapat dilihat dengan adanya kilatan antar 2 elektroda dan terjadi penurunan tegangan.
3. Batas minimal untuk tegangan tembus minyak trafo lama / rusak $20\text{KV}/2,5$ untuk minyak trafo yang baru minimal >math>30\text{KV}/2,5\text{mm}</math>, dan untuk minyak yang telah di treatment >math>60\text{KV}/2,5\text{mm}</math>.

Adapun macam macam oli trafo sebagai berikut :

1. Tipe B
 - a. Shell diala B
 - b. Shell diala BG
 - c. Shell diala BX
 - d. Nyas Nitro Libra
2. Tipe D
 - a. shell diala B
 - b. Shell diala Dx
3. TIPE G .
 - a. Shell diala G
 - b. Shell diala GX

Minyak trafo dalam keadaan baik setelah di treatment dapat mencapai lebih dari 60 KV per 2,5mm (SPLN 50, 30KV/2,5mm).

Adapun Tabel sifat minyak trafo sebagai isolasi :

No	Sifat Minyak Isolasi	Satuan	Klas I/ Klas II	Metode Uji	Tempat Uji
1	Kejernihan	-	Jernih	IEC 296	Di tempat
	Masa Jenis (20°C)	g/cm ³	<0,895	IEC 296	Lab
3	Vikositas (20°C)	cSt	<40 <25	IEC 296	Lab
	Kinematik - (15°C)	cSt	<800		
	Kinematik - (30°C)	cSt	<1800		
4	Titik Nyala	°C	>140 >100	IEC 296A	Lab
5	Titik Tuang	°C	<30 < 40	IEC 296A	Lab
6	Angka Kenetralan	mgKOH/g	<0,03	IEC 296	Lab
7	Korosi Belerang	-	Tidak Korosif	IEC 296	Ditempat/ Lab
8	Tegangan Tembus	kV/2,5mm	> 30 > 50	IEC156& IEC 296	Ditempat/ Lab
9	Faktor Kebocoran Dielektrik	-	< 0,05	IEC 250 IEC 474 & IEC 74	Lab
10	Ketahanan Oksidasi a. Angka Kenetralan b. Kotoran	mgKOH/ g %	< 0,40 < 0,10	IEC 74	Lab

Sumber: Crostech Oil Tes Report

2.3.2 Pengertian Transformator

Transformator merupakan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan secara induksi elektromagnetik mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem Arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC60076 -1 tahun 2011) .

Trafo menggunakan prinsip elektro magnetik yaitu hukum-hukum ampere dan induksi *faraday*, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet *fluks* medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi

Adapun fungsi transformator sebagai berikut dalam kehidupan manusia sebagai berikut :

1. Rangkaian kontrol

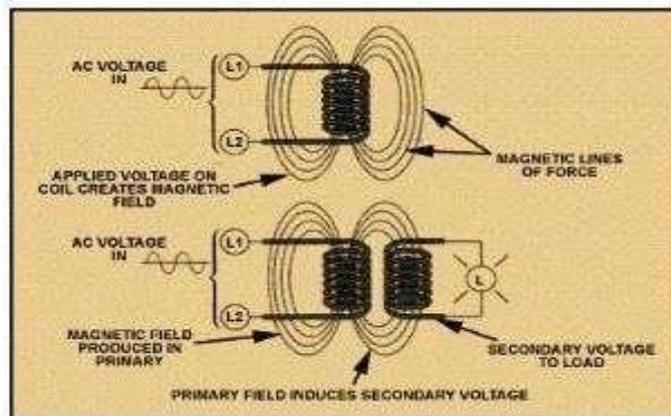
Transformator digunakan pada tegangan [listrik](#) peralatan elektronik yang umumnya manusia gunakan seperti charger, komputer, dan berbagai peralatan lainnya supaya dapat digunakan pada tegangan kontrol 5V, 12V, 18V, dan seterusnya.

2. Rangkaian pengatur frekuensi

Dalam dunia frekuensi, trafo digunakan untuk mengatur besaran frekuensi radio yang dihasilkan. Namun, dimensi dan bentuknya jauh lebih kecil daripada trafo yang digunakan pada rangkaian kontrol apalagi trafo transmisi listrik.

3. Distribusi dan transmisi listrik

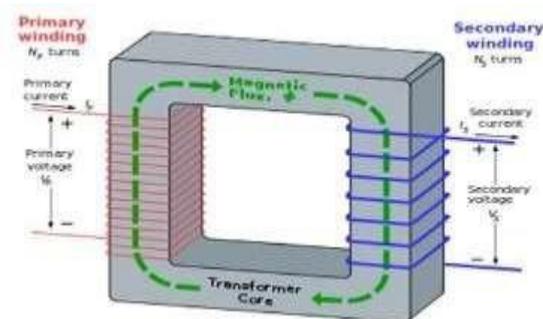
Sebelum mendistribusikan listrik dari pembangkit listrik kepada pemakai listrik, dibutuhkan penaikkan tegangan agar tidak terjadi drop tegangan. Hal tersebut harus dilakukan agar drop tegangan tidak terlalu besar dan lebih murah karena kabel yang dipakai lebih kecil. Jika tegangan semakin besar, arus akan semakin kecil sesuai Hukum Kekekalan Energi.



Gambar 2.1 Transformator

2.3.3 Prinsip kerja Transformator

Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentengi primer menimbulkan *flux* bolak-balik ini menimbulkan GGL dalam lilitan skunder jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan kelilitan skunder.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator

Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka *fluks* bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalir arus primer akibat adanya *fluks* di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi dikumparan skunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer

atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan arus skunder jika rangkaian skunder dibebani sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisi).

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

V_p = tegangan di dalam kumparan primer

V_s = tegangan di dalam kumparan sekunder

N_p = Banyaknya lilitan di dalam kumparan primer

N_s = Banyaknya lilitan di dalam kumparan sekunder

Perlu dingat bahwa hanya tegangan listrik bolak balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator. Sedangkan dalam bidang elektronika, Transformator digunakan sebagai gundengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Tujuan utama menggunakan inti pada *transformator* adalah untuk mengurangi (tahanan magnetis) dari rangkaian magnetis (*coomon magnetic circuit*).

2.3.4 Kumparan Transformator

Kumparan transformator terdiri dari sejumlah lilitan dari kawat email. Jumlah lilitan kawat email inilah yang nantinya akan menentukan transformator tersebut sebaik penaik atau penurun tegangan. Yaitu tergantung oleh lebih banyak lilitan antara sekunder dengan primernya.

Dan ukuran kawat email yang digunakan pada lilitan primer selalu lebih kecil dengan jumlah lilitan yang lebih banyak. Karena pada prinsipnya ukuran lilitan kawat email yang diunakan adalah berdasarkan jumlah arus yang melewatinya.

Pada lilitan trafo toroid untuk jumlah lilitan yang akan digunakan disebut GPV (Gulungan Per Volt). Jumlah GPV ini nilainya sangat penting untuk mendapatkan nilai tegangan *stepdown* yang diinginkan seperti perbandingan pada rumus sebelumnya yaitu dalam suatu transformator ideal tegangan di

transformator berbanding lurus dengan jumlah lilitannya.(Fitrianda, 2013)

Secara umum, Transformator memiliki tiga bagian yang dikenali , yaitu;

1. Kumparan primer (N_p) yang merupakan tempat masukkan tegangan mula mula . kumparan primer didalam koil pengapian menghubungkan antara terminal positif koil dengan terminal negative koil.

Ciri ciri kumparan primer sebagai berikut :

- a. Kumparan primer berfungsi membangkitkan medan magnet.
- b. Luas penampang kawatnya lebih besar dibandingkan dengan luas penampang sekunder .
- c. Jumlah lilitan kawatnya lebih sedikit dari pada kumparan sekunder yaitu jumlah lilitannya sekitar 400 lilitan.

2. Kumparan sekunder (N_s) adalah tempat dialirkan tegangan hasil .kumparan sekunder di dalam koil pengapian akan menghubungkan antara terminal positif dengan terminal tegangan tinggi koil.

Ciri ciri kumparan sekunder :

- a. Merubah induksi menjadi tegangan tinggi untuk di salurkan ke busi.
- b. Luas penampang kawatnya lebih kecil dibandingkan dengan luas penampang pada kumparan primer .
- c. Jumlah lilitan kawatnya lebih banyak dibandingkan dengan jumlah lilitan kawat pada kumparan primer yaitu sekitar 30.000 lilitan .

3. Inti besi (inti magnetic) terbuat dari bahan lapisan plat dynamo yang di susun berlapis lapis . inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listik yang melalui kumparan.

2.3.5 Efisiensi dan rugi-rugi Transformator

Idealnya agar Transformator memiliki efisiensi terbaik 100% berarti Transformator tersebut tidak memiliki rugi daya sama sekali. Namun pada kenyataannya adalah adanya faktor-faktor tertentu yaitu faktor inti dan faktor lilitan. Faktor rugi inti biasanya disebut dengan *core lose* atau *iron lose* dan faktor rugi belitan biasanya disebut *copper lose*.

Inti Transistor biasanya berbentuk sesuai jenis Transformator yang diinginkan pada analisa ini inti dari Transformator adalah berbentuk bulat atau donat prinsip dari rugi dari inti pada transformator adalah sama pada setiap jenisnya namun yang membedakan adalah jenis atau bahan yang digunakan. Pada inti besi sendiri dibuat sedemikian rupa guna menghindari kerugian histeris yang disebabkan oleh gesekan molekul yang melawan aliran gaya magnet dalam inti besi. Gesekan pada molekul ini menimbulkan panas. Panas yang timbul ini menimbulkan kerugian energi. Inti trafo dibuat sedemikian rupa juga untuk menghindari *eddy-current loss* yang diakibatkan oleh aliran sirkulasi arus yang menginduksi logam. Penyebabnya adalah aliran *fluks* magnet pada disekitar inti besi. Inti trafo yang terbuat dari konduktor maka arus induksi terhadap inti besi dari *eddy-currentnya* akan semakin besar.

Rugi-rugi arus eddy perlu di amati karena distorsi arus beban relatif lebih tinggi. Dengan arus-arus frekuensi harmonisa lebih tinggi menyebabkan bertambahnya rugi-rugi inti yang sebanding terhadap kuadrat arus beban *rms* dan kuadrat frekuensi. konsentrasi arus eddy lebih tinggi pada ujung-ujung belitan transformator karena efek kerapatan medan magnet bocor pada kumparan. Bertambahnya rugi-rugi arus eddy karena harmonisa berpengaruh nyata pada temperatur kerja transformator. Hal ini akan dapat dilihat pada besar rugi-rugi daya nyata (watt) akibat arus eddy ini.(Fitrianda, 2013)

Peningkatan rugi arus eddy merupakan arus induksi yang disebabkan oleh fluks magnetik. Arus tersebut mengalir pada seluruh bagian transformator yang terbuat dari bahan penghantar sehingga menyebabkan pemanasan tambahan. Dan rugi arus eddy yaitu disebabkan arus pusar pada inti besi. Dirumuskan sebagai berikut:

$$P_e = K_e f^2 B^2 m_{aks} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.3.6 Jenis-Jenis Transformator

1. Transformator Instrumen

Dalam prakteknya tidaklah aman menghubungkan instrumen, alat ukur atau peralatan kendali langsung ke rangkaian tegangan tinggi. Transformator instrumen umum digunakan untuk mengurangi tegangan tinggi dan arus

hingga harga aman dan dapat digunakan untuk kerja peralatan.

Instrumen transformer secara proporsional menurunkan atau mengurangi voltase besar dan nilai arus sehingga mudah digunakan pada instrumen dan komponen sensitif. Instrumen dan komponen ini meliputi ammeter, voltmeter, dan relay proteksi arus lebih. Instrumen transformer terbagi menjadi dua kategori yang berbeda: transformer potensial dan arus. Sebuah transformator potensial (PT) digunakan untuk memasok voltase rendah ke voltmeter, dan transformator arus (CT) memasok arus yang dapat diatur saat ini untuk ammeter dan relay arus lebih. PT dapat dikoordinasikan dengan suplai tegangan tinggi di panel starter lokal atau jarak jauh di panel kontrol instrumen sementara CT umumnya terletak

Instrumen transformer tersedia dalam berbagai macam desain dan penilaian dan mungkin dibuat khusus agar sesuai dengan semua persyaratan pengguna. PTs dan CT yang umum adalah komponen yang cukup kecil, jarang berukuran lebih dari beberapa inci persegi. Namun, transformer instrumen minyak berukuran besar biasanya digunakan untuk memudahkan pengukuran voltase rendah pada aplikasi grid distribusi primer.

2. Transformator Arus

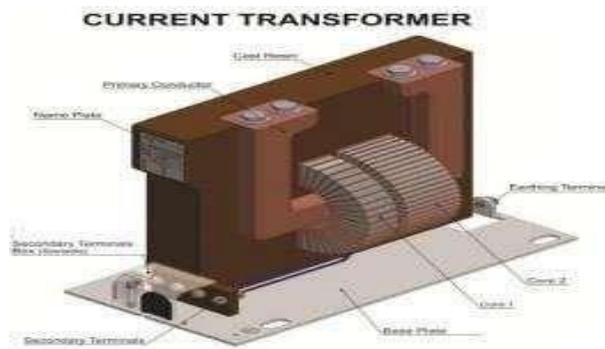
Guna transformator arus adalah menyediakan cara pengurangan arus saluran ke harga-harga yang dapat digunakan untuk mengoperasikan alat pengukur arus rendah dan alat kendali yang baku dan alat ini benar-benar terisolasi dari rangkaian utama.

Karena transformator arus ini digunakan berkaitan dengan alat pengukur arus, maka lilitan primernya dirancang untuk dihubungkan secara seri dengan saluran. Trafo arus merupakan yang digunakan untuk menurunkan besarnya arus yang mengalir pada lilitan sekunder ,sehingga arus yang mengalir ke dalam alat ukur tidak merusak alat ukur.

Perbandingan yang telah dirancang terlebih dahulu membuat pengguna dapat memilih seberapa besar arus yang diijinkan mengalir dalam system sebelum masuk ke dalam panel control atau gardu induk sebagai indikator. Secara fisik , trafo jenis ini dapat berupa trafo atau cincin. Trafo demikian kemudian akan di aliri oleh sebuah konduktor besar agar

dapat menimbulkan flux yang menghasilkan arus di sekunder yang akan di gunakan sebagai input ke instrumen pengukuran.

Transformator arus dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Transformator Arus

3. Transformator Tegangan

Transformator tegangan memberikan tegangan ke alat ukur, instrumen, atau alat kendali yang mempunyai perbandingan tertentu. Transformator tegangan bekerja dengan prinsip yang sama dengan transformator daya. Jika lilitan primer dihubungkan pada saluran, aliran arus akan membangun fluksi dalam inti. Fluksi ini menghubungkan lilitan sekunder menginduksikan GGL yang berbanding lurus dengan perbandingan lilitan primer dan sekunder . Trafo jenis ini merupakan jenis trafo yang dirancang dengan jumlah lilitan dengan perbandingan kecil , sehingga saat arus dengan tegangan besar di alirkan melaluinya. maka lilitan sekunder akan menghasilkan tegangan lebih rendah perbandingan yang telah di tentukan. Biasa trafo jenis ini banyak dipergunakan pada voltmeter panel indicator .

Pada dasarnya , trafo jenis ini merupakan trafo jenis step down yang berfungsi untuk pengukuran tegangan saja, tetapi khusus diperuntukan untuk pengukuran untuk pengukuran tegangan , bukan trafo

daya dari keluaran output yang memiliki voltase rendah inilah kemudian dihubungkan ke peralatan seperti voltmeter .

Jenis jenis trafo tegangan sebagai berikut :

1. Dipasang antara fase dan fase.
2. Dipasang antara fase dan tanah.
3. Trafo tegangan dengan 3 lilitan, lilitan ke 3 untuk relay gangguan bumi.
4. Trafo tegangan 3 lilitan, lilitan ke 2 untuk relay ke 1 dan meter, lilitan ke 3 untuk relay ke 2.

Tegangan sekunder (volt)

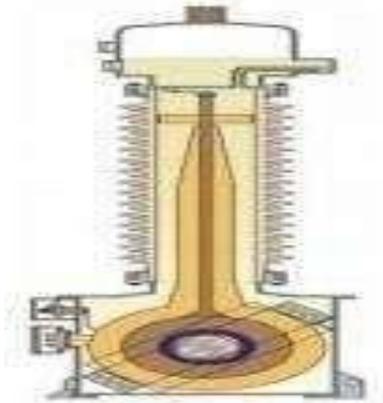
100 atau 110.

$100/\sqrt{3}$ atau $110/\sqrt{3}$.

$100/3$ atau $110/3$.

120 atau $120/\sqrt{3}$.

Berikut ditunjukkan transformator tegangan sesuai pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Transformator Tegangan

4. Transformator Tenaga

Transformator ini biasa disebut sebagai transformator daya, biasa digunakan pada pembangkit listrik dan gardu induk untuk menaikkan dan menurunkan tegangan.

Beberapa alasan digunakannya transformator daya, antara lain :

1. Tegangan yang dihasilkan oleh Generator tidak sesuai dengan tegangan yang sampai pada konsumen.
2. Jauhnya jarak antara pembangkit dan konsumen sehingga tegangan perludinaikkan pada jaringan transmisi.
3. Sebelum sampai ke konsumen, transformator daya digunakan untuk menurunkan kembali tegangan tinggi menjadi tegangan rendah.

Transformator tenaga dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Transformator Penaik Tegangan (*Step Up Transformer*).
Transformator ini berfungsi untuk menaikkan tegangan. Misalnya dari 11 kV pada sisi primer menjadi 150 kV pada sisi sekunder.
2. Transformator Penurun Tegangan (*Step Down Transformer*).
Transformator ini berfungsi untuk menurunkan tegangan misalnya dari 150 kV pada sisi primer menjadi 20 kV pada sisi sekunder.

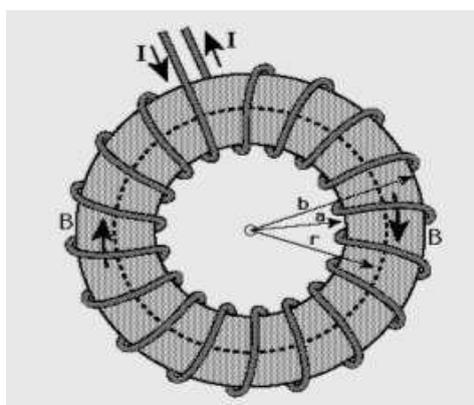
2.3.7 Induktor Toroid

Sebuah induktor atau reaktor adalah sebuah komponen elektronika pasif yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang di timbulkan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet yang di tentukan oleh induktansi yaitu induktor dengan lilitan yang melingkar atau intinya berbentuk lingkaran. Induktor dapat menghasilkan medan magnet atau arus induksi disaat terminal kaki-kakinya dilalui aliran arus listrik (AC

ataupun DC) .yang bisa gunakan sesuai dengan design sebuah rangkaian elektronika. Dan juga sebaliknya, induktor dapat menghasilkan arus listrik jika diberi medan magnet .

Medan magnet yang dihasilkan tersebut mampu menyimpan energi dalam waktu yang relatif singkat. Besar kecilnya energi medan magnet yang mampu disimpan oleh sebuah induktor ditentukan oleh induktansinya, dimana hal ini menggunakan satuan **Henry (H)**.

Adapun prinsip kerja induktor toroid dapat dilihat pada gambar 2.5 .



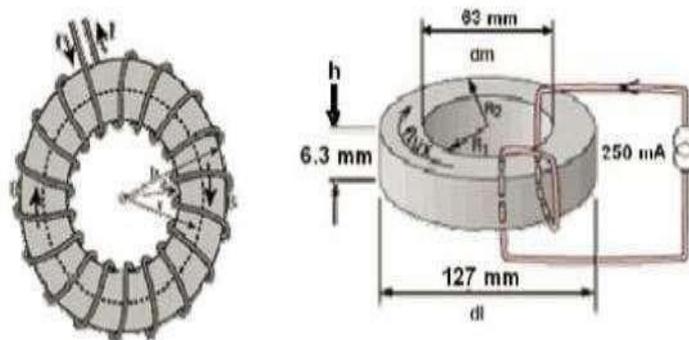
Gambar 2.5 Induktor Toroid

Gambar 2.5 Anak panah di atas yang melingkar di inti merupakan arah garis medan magnet. Dari gambar di atas juga dapat dilihat bahwa garis gaya medan magnet nya berputar di dalam lilitan nya. Keuntungan dari pemakaian inti core yang melingkar (toroid) maka medan induksinya tertutup dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan. Dan juga bisa didapatkan iduktansi yang lebih besar dan dimensi relatif yang lebih kecil dibandingkan dengan induktor berbentuk slinder.(Gunarta, 2011)

1. Induktansi toroid

Menemukan medan magnet didalam toroid adalah contoh bagus dari hukum ampere. Arus diwakilkan oleh garis putus-putus adalah banyaknya

arus yang mengalir pada tiap loop. Kemudian hukum ampere menentukan medan magnet pada garis tengah toroid sebagai berikut:



Gambar 2.6 Induktansi Toroid

Induktansi dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada coil kawat, penerapan hukum Faraday untuk menghitung tegangan induktansi untuk bentuk toroid.

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

L = induktansi diri solenoida atau toroida (H)

μ_0 = panjang permeabilitas ($4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am)

N = Jumlah lilitan

A = Luas penampang (m^2)

l = Panjang solenoida atau toroida (m)

2. Konstruksi induktor

Sebuah induktor biasanya di konstruksi sebagai sebuah lilitan dari bahan penghantar. Biasanya kawat tembaga digulung pada inti magnet berupa udara atau bahan feromagnetik mempunyai permeabilitas magnet yang lebih tinggi dari udara, dapat meningkatkan induktansi induktor. Induktor frekuensi rendah dibuat dengan menggunakan baja laminasi untuk

menekan arus eddy. ferit lunak biasanya digunakan sebagai inti pada induktor frekuensi tinggi seperti pada inti besi, ini di karenakan feri tidak menyebabkan kerugian daya pada frekuensi tinggi seperti pada inti besi. Ini dikarenakan ferit mempunyai lengkung histeris yang sempit resistivitasnya yang tinggi mencegah *arus eddy* induktor dapat dibuat dengan berbagai bentuk. Sebagian besar dikonstruksi dengan menggulung kawat tembaga email disekitar bahan inti dengan kaki-kaki kawat terluar keluar. Beberapa jenis menutup penuh gulungan kawat di dalam material inti, dinamakan induktor terselubungi. Beberapa induktor mempunyai inti yang dapat diubah letaknya yang memungkinkan pengubahan induktansi. Induktor yang digunakan untuk menahan frekuensi sangat tinggi biasanya dibuat dengan melilitkan tabung atau manik-manik ferit pada kabel transmisi. Induktor kecil dapat dicetak langsung pada papan rangkaian cetak dengan membuat jalur tembaga berbentuk spiral. Beberapa induktor dapat dibentuk pada rangkaian terintegrasi menggunakan inti planar. Tetapi bentuknya yang kecil membatasi induktansi. Dan generator dapat menjadi pilihan alternatif.

Macam macam induktor umumnya dibedakan berdasarkan inti yang dipakainya, yaitu :

1. Induktor-inti-udara/air-core-inductor.
2. Induktor-frekuensi-radio/radio-frequency-inductor.
3. Induktor-inti-feromagnetik/ferromagnetic-core-inductor.
4. Induktor-variabel/variable-inductor.
5. Induktor-inti-laminasi/laminated-core-inductor.
6. Induktor-inti-toroida/toroidak-core-inductor.
7. Induktor-inti-ferit/ferrite-core-indctor.

Kemampuan sebuah induktor untuk melawan sembarang perubahan arus merupakan ukuran induktansi diri suatu kumparan. Untuk keperluan praktis biasanya hanya disebut sebagai induktansi yang disimbolkan dengan huruf L. induktansi diukur dalam satuan HENRY. Inductor adalah kumparan

magnetic dengan bermacam macam ukuran yang dirancang untuk menghasilkan sejumlah nilai induktansi. Untuk meningkatkan nilai induktansinya, lazimnya digunakan bahan feromagnetik.

3. Jenis-jenis lilitan pada induktor

Dalam pembuatan induktor, ada bermacam-macam jenis lilitan yang digunakan berikut ini penjelasan dari bermacam-macam jenis lilitan pada induktor yaitu:

1) Lilitan inti toroid

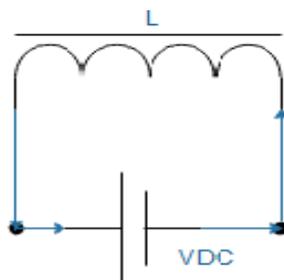
Sebuah lilitan sederhana yang dililit dengan bentuk slinder menciptakan medan magnet eksternal dengan kutub utara-selatan. Sebuah lilitan slinder dengan menghubungkannya menjadi berbentuk donat, sehingga menyatukan kutub utara dan selatan. Pada lilitan toroid, medan magnet ditahan pada lilitan. Ini menyebabkan lebih sedikit radiasi magnetik dari lilitan, dan kekebalan dari medan magnet eksternal.

2) Lilitan sarang madu

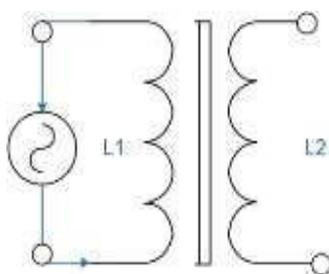
Lilitan sarang madu dililit dengan cara berselingan untuk mengurangi efek kapasitansi terdistribusi. Ini sering digunakan pada rangkaian tala pada penerima radio dalam jangkah gelombang menengah dan gelombang panjang. Karena konstruksinya, induktansi tinggi dapat dicapai dengan bentuk yang kecil.

4. Prinsip kerja induktor

Bila kita mengalirkan arus listrik pada sebuah kabel maka akan timbul garis-garis gaya magnet. Bila kita membuat sebuah coil (kumparan) dari sebuah kawat yang di gulung lalu di aliri listrik akan terjadi garis gaya dalam arah yang sama maka akan terjadi medan magnet di sekitar lilitan kawat, dan berbanding lurus dengan hasil kali dari jumlah lilitan dalam kumparan dan arus listrik yang melalui kumparan tersebut.



Gambar 2.7 Induktor terhubung dengan sumber tegangan DC



Gambar 2.8 Induktor terhubung dengan sumber tegangan AC

Pada tegangan AC, bila dua kumparan ditempatkan berdekatan satu sama lain dan salah satu kumparan (L_1) diberikan arus listrik AC, pada L_1 akan terjadi fluks magnet. Fluk magnet ini akan melalui kumparan kedua (L_2) dan akan membangkitkan emf (*elektro matorive force*) pada kumparan L_2 efehk seperti ini disebut induksi timbal balik (*mutual induction*)

5. Fungsi Induktor

Secara sederhana fungsi inductor adalah menghasilkan medan magnet dari arus listrik yang melintasinya .komponen induktornya banyak digunakan secara luas pada perangkat elektronika maupun listrik .fungsi yang paling banyak dimanfaatkan yaitu sebagai filter untuk frekuensi tertentu yang aplikasinya biasa digunakan pada penalaan frekuensi atau tunning sebagai penghilang dengung maupun noise.meneruskan arus searah DC serta bias juga untuk melipatgandakan tegangan .

Berikut beberapa fungsi lainnya dari induktor ;

- a. Filter frekuensi tertentu.
- b. Menahan arus AC/ bolak balik.

- c. Meneruskan arus DC/ searah.
- d. Pelipat ganda tegangan .
- e. Pembangkit getaran.
- f. Dua induktor yang dikopel akan membentuk Transformator.

2.3.8 Arduino

Arduino adalah mikrokontroller single-board yang sifatnya open-source. Maksudnya open-source adalah semua orang dapat mempelajari serta mengembangkan prototype dari Arduino dan mengembangkannya dengan brand versi mereka sendiri. Arduino sendiri sebenarnya dirancang demi memudahkan penggunaan benda-benda elektronik diberbagai bidang. Hardware Arduino menggunakan processor Atmel AVR dan Softwarena memiliki bahasa pemograman sendiri.

Perlntasan kereta api yang ada di Indonesia masih banyak yang belum memiliki fasilitas yang memadai contohnya alat pemantau keamanan perlintasan kereta api sehingga petugas pos yang bekerja mengalami kesulitan dalam memantau keamanan di area perlintasan kereta api. Selain itu, sistem membuka dan menutup pintu perlintasan masih dilakukan secara manual. Saat ini banyak pengendara sepeda motor maupun pengendara roda 4 (mobil) yang menerobos lampu lalu lintas (traffic light) dan melanggar rambu lalu lintas karena itu dapat membahayakan pada pengemudi kendaraan.kurangnya kesadaran diri untuk keselamatan saat berada diperlintasan kereta api yang berpalang ,maka timbulah ide untuk merancang sistem pengamanan lalu lintas yang diharapkan bisa mengatasi tidak dislipinnya pengemudi kendaraan, Metode yang dilakukan merancang alat yang juga menggunakan sensor dipasang dibawah rel kereta api, sitem yang dibangun menggunakan sistem pemrograman arduino Uno. Dari hasil perancangan alat dan juga dilakukan pengujian apabila kereta api melintas dengan jarak 50 meter maka sensor ultra sonic bekerja membaca program, palang kereta akan turun secara otomatis, sehingga ketika sensor ultra sonic bekerja maka program akan bekerja untuk menaikkan aspal penghalang, untuk mengurangi angkakecelakaan saat kereta api melintas.(Pengamanan et al., 2020)

Bahasa pemrograman disederhanakan dari bahasa pemrograman C/C++ (sketsa) yang menggunakan struktur, variabel, dan fungsi pemrograman dasar yang setelah itu diubah menjadi program C++. yang mudah diakses telah digunakan pada ribuan proyek dan aplikasi berbeda. Perangkat lunak mudah digunakan untuk pemula, namun cukup fleksibel untuk pengguna tingkat lanjut .

1. Mikrokontroler adalah chip utama memprogram Arduino agar bisa menjalankan perintah dan membuat keputusan dari berbagai input .
2. Pin digital adalah pin yang dapat membaca dan menulis status, yaitu hidup atau mati. Tetapi, kebanyakan Arduino memiliki 14 pin I/O digital.
3. Pin analog adalah pin yang dapat membaca rentang nilai agar berguna untuk kontrol yang lebih halus dan kebanyakan Arduino memiliki 6 pin analog.
4. Power connector adalah penyedia daya dan tegangan rendah yang dapat memberikan daya pada komponen yang terhubung pada LED dan berbagai sensor untuk kebutuhan daya yang cukup rendah. Konektor daya ini dapat disambungkan ke adaptor AC atau baterai kecil.
5. Serial connector berfungsi untuk berkomunikasi ke board dari komputer serta membuat program baru ke perangkat. Arduino juga dapat dialiri daya melalui port USB untuk menghilangkan kebutuhan akan sambungan daya terpisah

Di dalam Arduino terdapat beberapa jenis. Jenis-jenis Arduino adalah sebagai berikut.

1. Arduino UNO

Board Arduino UNO menggunakan mikrokontroler Atmega16U2 yang berguna meningkatkan kecepatan transfer. Arduino UNO memiliki memori yang besar dibandingkan board lain.

Isi di dalam Arduino UNO adalah pin SCL, SDA, serta dua pin tambahan sesuai pin RESET. Selain itu, board ini juga berisi 14 pin input digital dan pin output dengan 6 pin digunakan untuk PWM dan 6 pin lain untuk input analog, koneksi USB, tombol reset, satu colokan listrik dan memori flash ukuran 32kb. Board Arduino UNO bisa dipasang ke sistem komputer untuk membeli port USB dan mendapatkan catu daya ke papan dari sistem komputer.

2. LilyPad Arduino

LilyPad Arduino adalah board yang dibuat untuk dapat diintegrasikan dengan proyek yang dapat dikenakan dan proyek e-textile. Bentuk board LilyPad Arduino adalah bulat yang bisa mengurangi hambatan dan dihubungkan ke perangkat lain.

LilyPad Arduino menggunakan mikrokontroler Atmega328, bootloader Arduino, dengan sangat sedikit komponen eksternal sehingga desainnya mudah dan kompatibel. Daya yang dibutuhkan LilyPad Arduino adalah 2-5 volt menggunakan lubang pin berukuran besar sehingga mudah untuk dihubungkan dengan perangkat lain yang biasanya digunakan untuk mengendalikan perangkat seperti motor, lampu atau saklar.

3. Arduino Mega

Board Arduino Mega adalah mikrokontroler menggunakan Atmega2560 dengan total 54 pin input dan output yang terdiri dari 14 pin output PWM, 4 pin port hardware, 16 pin input analog, satu koneksi USB, header ICSP, colokan listrik, satu pin RESET dan memori flash ukuran 256 kb.

Board Arduino Mega terlampir ke sistem komputer melalui koneksi USB dan catu daya menggunakan baterai atau adaptor AC ke DC. Board ini biasanya digunakan untuk proyek yang membutuhkan lebih banyak pin di dalamnya karena memiliki sejumlah besar pin yang terpasang di dalamnya.

4. Arduino Leonardo

Board Arduino Leonardo menggunakan Atmega32U4 yang di dalamnya ada total 20 pin input digital dan pin output dengan 7 pin PWM dan 12 pin input analog. Terdapat juga satu koneksi micro USB, colokan listrik, satu tombol RESET dan pin tambahan sebagai osilator kristal frekuensi 16 MHz.

Board ini dipasang ke sistem komputer dengan koneksi USB dan catu daya menggunakan baterai atau adaptor AC ke DC. Mikrokontrolernya memiliki koneksi USB built-in yang menghilangkan ketergantungan prosesor tambahan. Board Arduino Leonardo dianggap sebagai yang termurah dibandingkan produk Arduino lainnya.

5. Arduino Red Board

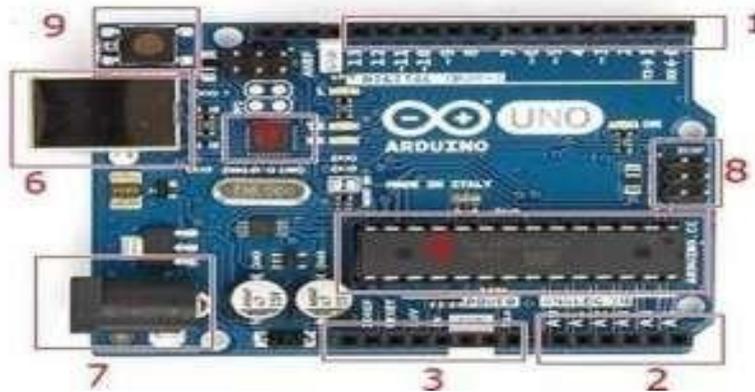
Jenis board Arduino Red Board menggunakan kabel mini USB untuk pemrograman dan kompatibel dengan sistem operasi Windows 8. Arduino Red Board menggunakan chip FTDI dan chip USB untuk melakukan koneksi ke perangkat lain. Desain Arduino Red Board sangat sederhana sehingga memudahkan untuk integrasi dengan proyek lain.

6. Arduino Shields

Arduino Shields adalah board sirkuit pra-rakitan yang digunakan untuk menghubungkan ke board Arduino lainnya. Arduino Shields ini ditempatkan di atas papan Arduino untuk meningkatkan kemampuan board agar terhubung ke jaringan internet, mengendalikan motor, mengendalikan LCD, serta membantu membangun komunikasi nirkabel. Tersedia beberapa jenis perisai (shield) untuk digunakan seperti Shields, Ethernet Shield, Proto Shield, dan GSM shield yang dapat membantu meningkatkan kompatibilitas board Arduino.

2.2.9 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ISCP header, dan sebuah tombol riset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya melalui sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. Uno yang berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. versi 1.0 menjadi versi referensi Arduino kedepannya. Arduino Uno cocok digunakan bagi pemula untuk belajar elektronik beserta *coding* dikarenakan *board* ini merupakan papan yang paling kuat untuk memulai eksperimen. Berikut gambar bagian-bagian Arduino Uno. (Pengamanan et al., 2020)



Gambar 2.9 Arduino Uno

Saptaji (2015:38) menjelaskan pada papan arduino uno terdapat bagian – bagian antara lain ialah seperti terlihat pada gambar berikut:(Pengamanan et al., 2020)

1. *Pin input/output digital* (diberi Label „0 sampai 13“)

Secara umum *pin I/O* ini adalah pin digital, yakni *pin* yang bekerja pada level tegangan digital (0V sampai 5V) baik untuk input atau output. namaun pada beberapa *pin* output *analog*, yang dapat mengeluarkan tegangan analog 0V sampai 5V, pin tersebut adalah pin 3,5,6,9,10 dan 11, selain itu untuk pin 0 dan 1 juga memiliki fungsi khusus sebagai pin komunikasi serial.
2. *Pin input analog* (diberi Label „A0 sampai A5“).

Pin tersebut dapat memrima input tegangan *analog* antara 0V sampai 5V, tegangan ini akan direpresentasikan sebagai bilangan 0 – 1023 dalam program.
3. Pin untuk sumber tegangan

Kelompok pin ini merupakan kumpulan pin yang berhubungan dengan sumber tenaga, missalnya output 5V, Output 3,3V, GND (2 pin) dan Vref (tegangan referensi untuk pembacaan ADC internal).
4. IC ATmega328

Seperti yang telah dijelaskan IC ini bertindak sebagai pusat kendali pemrosesan data.

5. IC ATmega16U
IC ini deprogram untuk menangani komunikasi data dengan PC melalui *port* USB.
6. Jack USB
Merupakan soket USB tipe B sebagai penghubung data serial dengan PC.
7. Jack Power
Merupakan Soket untuk catu daya eksternal antara 9V samai 12V DC.
8. Port ICSP (In-Circuit Serial Programming)
Port ini digunakan untuk memprogram arduino tanpa bootloader.
9. Tombol Reset
Digunakan untuk mereset papan mikrokontroler arduino untuk memulai program dari awal.

2.3.10 Sensor Ketinggian (*level*) air

Sensor level berfungsi sebagai transduser yang mengubah besaran level (ketinggian air) menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor ini bekerja untuk mendeteksi level ketinggian air yang digunakan sebagai *input* dari mikrokontroler ATmega328.

Sensor alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia. Kemudian merubah besaran tersebut menjadi sinyal listrik secara proporsional. (Hidayat & Nasution, 2014)



Gambar 2.10 Sensor ketinggian *Level* Air

Secara umum sensor di klasifikasikan menjadi 2 yaitu:

1. Sensor aktif

Sensor aktif adalah jenis sensor yang tidak memerlukan sumber energi tambahan dan langsung mendapatkan sinyal listrik sebagai respon dari stimulus dari luar. Energi inputan tadi di konversi oleh sensor menjadi sinyal keluaran. Contohnya adalah termokopel, photodiode, dan piezoelektrik sensor.

2. Sensor pasif

Sensor pasif adalah kebalikan dari sensor aktif, memerlukan energi tambahan dari luar untuk operasinya, yang biasa disebut sinyal eksitasi. Sinyal itu di modifikasi oleh sensor untuk mendapatkan sinyal keluaran. Sensor aktif terkadang disebut parametrik, karena sifatnya yang berubah sebagai respon dari efek eksternal dan sifat ini kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik. Sebagian besar stimulus dari sensor bukanlah berupa tegangan listrik, oleh karena itu, dari input menuju output, sensor membutuhkan beberapa langkah konversi energi sebelum menghasilkan output berupa sinyal listrik. Namun dalam perhitungan karakteristik sensor, fenomena atau langkah-langkah yang dibutuhkan untuk mengkonversi energi tidak terlalu diperhatikan. Dalam perhitungan karakteristik, sensor di anggap sebagai *black box*, dimana yang diperhatikan hanyalah hubungan antara output sinyal listrik dan input stimulus. (Hidayat & Nasution, 2014)

2.2.11 Sensor Suhu IC LM35

LM35 merupakan IC yang digunakan sebagai sensor suhu. IC tersebut mengubah kondisi suhu lingkungan disekitarnya menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik keluaran LM35 ini memiliki nilai yang sebanding dengan suhu lingkungan dalam bentuk derajat celcius (°C). Karakteristik dari sensor suhu LM35 ini adalah perubahan nilai tahanannya akan menjadi kecil apabila suhu lingkungannya semakin tinggi. (Desyantoro et al., 2015)

2.3.12 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD display module M1632 (2x16) terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan pael LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf atau angka dua baris masing-masing baris bisa menampung 16 huruf atau angka. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempel dibalik LCD, berfungsi menatur tampilan LCD. Dengan demikian pemakaian LCD M1632 menjadi sederhana, sistem lain cukup mengirimkan kode kode ASCII dari informasi yang ditampilkan. (Suhadi et al., 2019)



Gambar 2.12 Liquid Crystal Display

Spesifikasi LCD M1632:

1. Tampilan 16 karakter 2 baris dengan matrik 5x7+ kursor.
2. ROM pembangkit Karakter 192 jenis.
3. RAM pembangkit karakter 8 jenis (diprogram pemakai).
4. RAM data tampilan 80x8 bit (8 karakter).
5. Duty ratio 1/16.
6. Ram data tampilan dan Ram pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikroprosesor.
7. Beberapa fungsi perintah antara lain adalah penghapus tampilan (display clear), posisi kursor awal (crusor home), tampilan karakter kedip (display character blink), penggeseran kursor (crusor shift) dan penggeseran tampilan (display shift).
8. Rangkaian pembangkit detak.
9. Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan
10. Catu daya tunggsl + volt.

2.2.13 Modul Relay DC 5 volt

Modul Relay DC merupakan komponen elektronika yang sifatnya sama persis seperti pensakelaran namun terjadi secara otomatis apabila diberi arus listrik pada coilnya yang berfungsi sebagai pengamanmelindungi komponen elektronika lainnya pada tegangan DC Gambar Relay DC 5 volt yang digunakan sebagai berikut. (Saputra et al., 2019)

Cara kerja relay adalah dengan mengontrol satu rangkaian listrik dengan membuka dan menutup kontak pada rangkaian lainnya. Terdapat dua bagian pokok dari relay ,yakni elektromagnet dan mekanikal yang dimaksud dengan mekanikal, yakni seperangkat switch atau kontak saklar.

Berikut ini fungsi modul relay adalah :

1. Menjalankan fungsi logika mikrokontroler arduino.
2. Untuk mengendalikan tegangan tinggi dengan menggunakan tegangan rendah
3. Meminimalkan terjadinya penurunan tegangan .
4. Memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi time delay function.
5. Melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab korsleting .
6. Menyederhanakan rangkaian agar lebih ringkas .

Berikut fitur modul relay :

- a. Kontak arus 10A dan 250V AC , atau 30V DC.
- b. Tegangan kumparan 12V persaluran.
- c. Setiap saluran memiliki LED indikasi.
- d. Sinyal input 3-5V untuk setiap saluarn.
- e. Tiga pin untuk biasanya terbuka dan tertutup untuk setiap saluran.

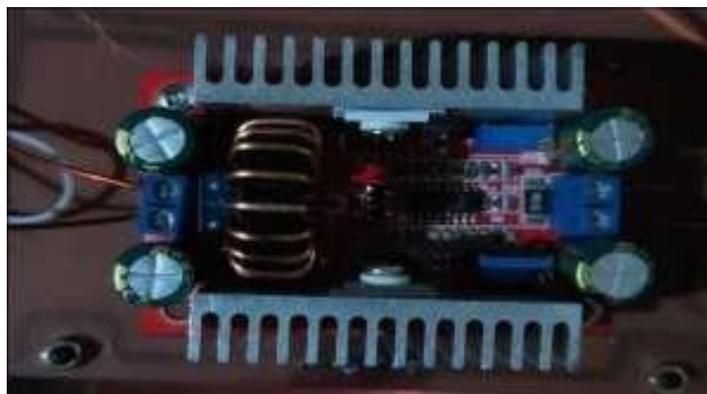


Gambar 2.13 Modul Relay DC 5 volt

2.2.14 Boost Converter

Boost-Converter adalah konverter penaik tegangan DC ke level yang lebih tinggi, ia merupakan bentuk power supply yang diperlukan ketika tegangan yang dibutuhkan oleh suatu perangkat atau rangkaian elektronik lebih tinggi dari tegangan suplai yang tersedia. Sebagaimana buck-converter juga merupakan sistem SMPS, maka ia adalah bagian dari jenis power-supply SMPS juga.

Efisiensinya tinggi menaikkan tegangan DC ke level yang lebih tinggi tidak dapat dilakukan oleh power-supply sistem linier, itulah sebabnya istilah DC-DC up-converter (penaik tegangan DC) hanya identik dengan boost-converter yang menerapkan sistem SMPS ini. Gambar boos-converter sebagai berikut.



Gambar 2.14 Boost Converter

2.2.15 Radiator (*coolant*) air

Radiator adalah alat yang berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan air yang telah menyerap panas dari mesin dengan cara membuang panas air tersebut melalui sirip-sirip pendinginnya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui laju pembuangan panas dan efektifitas pada radiator dengan beberapa komposisi campuran air dengan radiator coolant. (Hadi & Muttaqin, 2014)

Dalam mengemudikan mobil sering di jumpai berbagai macam hambatan di perjalanan seperti kemacetan maupun lamanya jarak tempuh yang dapat meningkatkan temperatur mesin pada mobil melebihi temperatur normal mesin saat bekerja akibat menerima panas yang berlebihan. Hal tersebut dapat dicegah dengan adanya sistem pendingin pada mobil yang pada umumnya menggunakan sistem pendingin air yang mengaplikasikan radiator sebagai alat penukarpanasnya. Penulis memilih pengujian dilakukan pada rpm 2000 karena ingin mengetahui bagaimana pengaruh laju pembuangan panas radiator pada saat putaran mesin yang cukup tinggi. Biasanya kondisi putaran mesin yang tinggi ini terjadi pada saat mobil digunakan untuk menempuh perjalanan yang jauh, terutama yang sering melewati jalan-jalan utama. Pada saat itu biasanya mobil dipacu dengan cukup kencang dengan rpm rata-rata berkisar pada rpm 2000 dan dalam jangka waktu yang cukup lama. (Murti, 2012)

Namun pada penelitian kali ini radiator (*coolant*), di uji coba pada suatu alat untuk memanipulasi atau mendinginkan alat pada alat perancangan *oil circulation* pada induktor toroid.



Gambar 2.15 Radiator *Coolant*

2.2.16 Fan DC 12 volt

Perkembangan kipas angin semakin bervariasi baik dari segi ukuran, penempatan posisi, serta fungsinya. Fungsi yang umum adalah untuk pendingin udara, penyegar udara, ventilasi (*exhaust fan*) pengering (umumnya memakai komponen penghasil panas). Ukuran kipas angin mulai bervariasi ada kipas angin mini (kipas angin listrik yang dipegang tangan menggunakan energi baterai), kipas angin digunakan juga di dalam unit CPU komputer seperti kipas angin untuk mendinginkan processor, power supply dan casing. Kipas angin tersebut berfungsi untuk menjaga suhu udara agar tidak melewati batas suhu yang ditetapkan. Kipas angin juga di pasang pada alas laptop untuk menghantarkan udara dan membantu kipas laptop dalam mendinginkan suhu laptop tersebut kipas angin dapat dikontrol kecepatan hembusan dengan cara 3 yaitu menggunakan pemutar tali penarik serta remot control. Perputaran baling-baling kipas angin dibagi dua yaitu centrifugal (Angin mengalir secara dengan poros kipas) dan Axial (Angin mengalir secara paralel dengan poros kipas). Pada alat ini digunakan kipas DC yang dipakai memiliki tegangan sebesar 12 volt. (Feriska & Triyanto, 2017) Perbedaan volt ampere ohm dan watt. Rangkaian converter tegangan ini merupakan dc to dc konverter yang dapat digunakan untuk mengubah tegangan dc 6 volt menjadi tegangan dc 12 volt

Rangkaian kontrol fan kipas 12 volt dc ini berfungsi untuk mengendalikan kecepatan putaran motor dc 12 volt. Pengertian motor dc dan prinsip kerjanya motor listrik dc atau dc motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan motion motor dc ini juga dapat disebut sebagai motor arus searah. Motor dc atau motor arus searah sebagaimana namanya menggunakan arus langsung dan tidak langsung direct unidirectional.



Gambar 2.16 Fan DC 12volt

2.3.17 Pompa DC

Pompa merupakan alat yang berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. Dalam aplikasi kehidupan sehari-hari banyak sekali aplikasi yang berkaitan dengan pompa air, pompa diesel, pompa *hydram*, pompa bahan bakar dan lain-lain, yang digunakan oleh masyarakat pada umumnya. Dari sekian pompa yang ada tentunya mempunyai prinsip kerja dan kegunaan yang berbeda-beda namun memiliki fungsi yang sama.

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk menaikkan tekanan cairan dari cairan bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpindahan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa. (Yana et al., 2017)



Gambar 2.17 Pompa DC

2.3.18 Sensor Water Level

Sensor *Water level* adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian air dilengkapi dengan sistem kontrol yang bisa secara otomatis mendeteksi kedalaman, volume, aliran air, dan sejenisnya dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sehingga andai ada penambahan air yang signifikan atau tinggi maka perangkat ini bakal langsung mengantarkan sinyal. Lalu, diteruskan

ke sistem peringatan berupa indikator lampu led guna memberitahu bahwa suasana air sedang merasakan peningkatan atau bila untuk tangki telah terisi Penuh Water sensor dapat juga digunakan untuk mengukur tekanan air dengan menggunakan prinsip tekanan Hidrostatik. Air dalam suatu wadah selalu mendapatkan tekanan dari atmosfer dan sebanding dengan level dari air sehingga bisa didapatkan besar tekanan air. Saat ini, sudah ada water level yang lebih modern dimana water level modern dapat mengukur ketinggian dan tekanan air secara bersamaan dengan sensor dan hasil pengukurannya dapat direkam kemudian disimpan dalam bentuk data. Alat tersebut disebut dengan Sensor Water Level. Salah satu alat sensor water level adalah Water Level

2.3.17.1 Bagian-Bagian Alat Water Level Sensor

2.3.17.1.1. Resistor

Resistor merupakan komponen elektronik yang memiliki dua pin dan didesain untuk mengatur tegangan listrik dan arus listrik, dengan resistansi tertentu (tahanan) dapat memproduksi tegangan listrik di antara kedua pin, nilai tegangan terhadap resistansi berbanding lurus dengan arus yang mengalir, berdasarkan hukum Ohm. Resistor digunakan sebagai bagian dari rangkaian elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam komponen dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti nikel- kromium). Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Karakteristik lain termasuk koefisien suhu, derau listrik (*noise*) dan induktansi. Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki bergantung pada desain sirkuit, kebutuhan daya resistor harus cukup dan disesuaikan dengan kebutuhan arus rangkaian agar tidak terbakar. Resistor dalam suatu teori dan penulisan formula yang berhubungan dengan resistor disimbolkan dengan huruf "R". Kemudian pada desain

skema elektronika resistor tetap disimbolkan dengan huruf “R”, resistor variabel disimbolkan dengan huruf “VR” dan untuk resistor jenis potensiometer ada yang disimbolkan dengan huruf “VR” dan “POT”.

Kapasitas daya pada resistor merupakan nilai daya maksimum yang mampu dilewatkan oleh resistor tersebut. Nilai kapasitas daya resistor ini dapat dikenali dari ukuran fisik resistor dan tulisan kapasitas daya dalam satuan Watt untuk resistor dengan kemasan fisik besar. Menentukan kapasitas daya resistor ini penting dilakukan untuk menghindari resistor rusak karena terjadi kelebihan daya yang mengalir sehingga resistor terbakar dan sebagai bentuk efisiensi biaya dan tempat dalam pembuatan rangkaian elektronika.

Nilai Toleransi resistor merupakan perubahan nilai resistansi dari nilai yang tercantum pada badan resistor yang masih diperbolehkan dan dinyatakan resistor dalam kondisi baik. Toleransi resistor merupakan salah satu perubahan karakteristik resistor yang terjadi akibat operasional resistor tersebut. Nilai toleransi ini ada beberapa macam yaitu resistor dengan toleransi kerusakan 1% (resistor 1%), resistor dengan toleransi kesalahan 2% (resistor 2%), resistor dengan toleransi kesalahan 5% (resistor 5%) dan resistor dengan toleransi 10% (resistor 10%).

Nilai toleransi resistor ini selalu dicantumkan di kemasan resistor dengan kode warna maupun kode huruf. Sebagai contoh resistor dengan toleransi 5% maka dituliskan dengan kode warna pada cincin ke 4 warna emas atau dengan kode huruf J pada resistor dengan fisik kemasan besar. Resistor yang banyak dijual dipasaran pada umumnya resistor 5% dan resistor 1%.

2.3.17.1.2 LED (*Light Emitting Diode*)



Gambar 2.18 LED (Light Emitting Diode)

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya.

Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filament sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (*Light Emitting Diode*) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube.

a. Prinsip Kerja LED (*Light Emitting Diode*)

Seperti dikatakan sebelumnya, LED merupakan keluarga dari Dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda menuju ke Katoda.

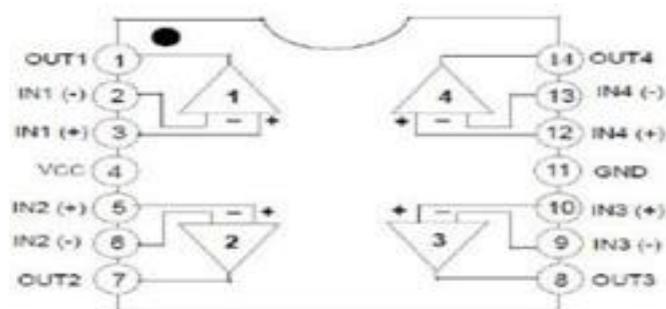
LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (impurity) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan.

Ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada N- Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan Hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna).

LED atau *Light Emitting Diode* yang memancarkan cahaya ketika dialiri tegangan maju ini juga dapat digolongkan sebagai Transduser yang dapat mengubah Energi Listrik menjadi Energi Cahaya. Untuk mengetahui polaritas terminal Anoda (+) dan Katoda (-) pada LED. Kita dapat melihatnya secara fisik berdasarkan gambar diatas. Ciri-ciri Terminal Anoda pada LED adalah kaki yang lebih panjang dan juga Lead Frame yang lebih kecil. Sedangkan ciri-ciri Terminal Katoda adalah kaki yang lebih pendek dengan Lead Frame yang besar serta terletak di sisi yang Flat.

2.17.1.3 IC LM324

IC LM 324 digunakan sebagai komparator. Yaitu membandingkan antara tegangan input dari sensor dengan tegangan input dari variable resistor .pulsa output nya adalah high sehingga tidak diperlukan adanya pull up pada rangkain output .rangkain ini dapat membandingkan dua terminal input op-Amp yang masuk melaluin sensor . karena sensor yang digunakan hanya dua, maka rangkaian komparator yang digunakan didalam IC ini juga hanya ada dua saja . gambar rangkaian komparator dan pin pin pada IC ini adalah sebagai berikut :



Tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan IC ini adalah 5 volt. Tegangan ini akan digunakan sebagai tegangan referensi (V_{ref}). Setiap komparator memiliki 2 buah input (V_{in}) yang berasal dari sensor . logika dari IC ini yang akan digunakan juga dalam rangkaian adalah sebagai berikut :

- a. Saat v_{in} berada dalam kondisi lebih besar dari pada v_{ref} , maka output yang dihasilkan (V_{out}) akan berlogika juga 1/high.

- b. Saat V_{in} berada dalam kondisi lebih kecil dari pada V_{ref} , maka output yang dihasilkan (V_{out}) akan berlogika 0/low.

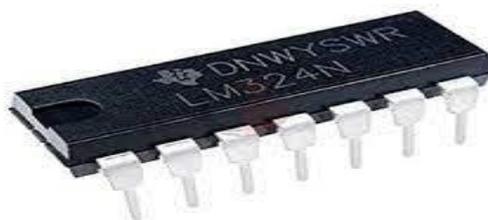
Analisa :

LM324 adalah IC yang berisi 4 (empat) penguat operasional (*operational amplifiers*, sering disingkat *op-amps*) dengan masukan diferensial sejati. IC ini memiliki beberapa kelebihan unik dibandingkan tipe op-amp standar lainnya dalam berbagai aplikasi bercatu daya tunggal. *Quad Operational Amplifiers* ini dapat beroperasi pada rentang tegangan operasional yang lebar, antara 3V hingga 32V dengan arus pada moda siaga (*quiescent current*) sekitar seperlima dari konsumsi arus MC1741 per basis penguatan. Rentang masukan pada moda yang umum sudah termasuk catu daya negatif yang menghilangkan keharusan menggunakan komponen pembias eksternal pada banyak aplikasi. Pasokan tegangan negatif ini pun tersedia pada pin keluarannya.

IC LM324 dikemas dalam PDIP-14 packaging berukuran pitch standar industry 0,1' (2,54mm) dengan fitur sebagai berikut :

1. Keluaran terlindungi dari hubungan singkat
2. Masukan diferensial sejati
3. Catu daya tunggal 3 volt hingga 32 volt.
4. Arus bias masukan yang rendah, tipikal hanya 90nA (maksimum 250 nA).
5. Empat penguat operasional terpadu dalam satu IC.
6. Terkompensasi secara internal.
7. Jangkauan moda umum menjangkau pasokan negative .
8. Jepitan ESD (ESD Clamps) tanpa mempengaruhi operasional peralatan .

Berikut adalah contoh gambar IC LM324 .



Gambar 2.19 LM324

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro pada bulan Januari sampai Maret 2021 yang berada di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan waktu selama tiga bulan.

3.2 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan penelitian yang digunakan oleh penulis di dalam penelitian pengaruh *oil circulation* sebagai sistem proteksi panas berlebih pada induktor toroid, yaitu :

1. Satu Unit Laptop

Merk : ACER Aspire E 14 *series*

Processor : Intel (R) Core TM i5-7200U 2.5 GHz

Installed memory (RAM) : 4.00 GB

System tytpe : 64-bit Operating System

2. Toolkit elektronika : Sebagai alat bantu dalam praktikan sistem
3. Perangkat laptop : Sebagai alat bantu dalam perancang program
4. Bor PCB : Digunakan untuk melubangi papan PCB
5. Gergaji ukir : Digunakan untuk memotong papan PCB
6. *Software* Proteus : Berfungsi untuk membuat rancangan awal sistem
7. *Software* arduino : Berfungsi untuk membuat program pada arduino
8. *Software* autocad : Berfungsi untuk membuat program desain 3D
9. Catu daya : sebagai sumber daya daya listrik untuk alat
10. Kabel USB : Berfungsi untuk mengirim data
11. Induktor Toroid : Digunakan sebagai bahan penelitian
12. Arduino uno : Berfungsi sebagai mikrokontroler pada system

13. Sensor ketinggian *level* : Berfungsi sebagai mendeteksi ketinggian air
- Sensor IC LM35 : Berfungsi sebagai mendeteksi panas suhu minyak induktor
14. Radiator : Digunakan untuk pendingin minyak
15. Boost converter : Berfungsi sebagai komponen step up tegangan DC
16. Kipas DC : Berfungsi sebagai komponen pendingin induktor toroid
17. Relay : Berfungsi sebagai saklar membuka atau menutup rangkaian
18. Pompa DC : Berfungsi sebagai alat sirkulasi minyak induktor
19. Kabel jumper : Berfungsi sebagai penghubung system.
20. Minyak trafo : Digunakan sebagai isolasi pendingin pada induktor toroid
21. LCD 2x16 : Berfungsi sebagai penampil data sensor
22. Akrilik : Berfungsi sebagai tempat untuk konstruksi system
23. Baut dan mur : Berfungsi sebagai perekat system.

3.3 Metode Penelitian

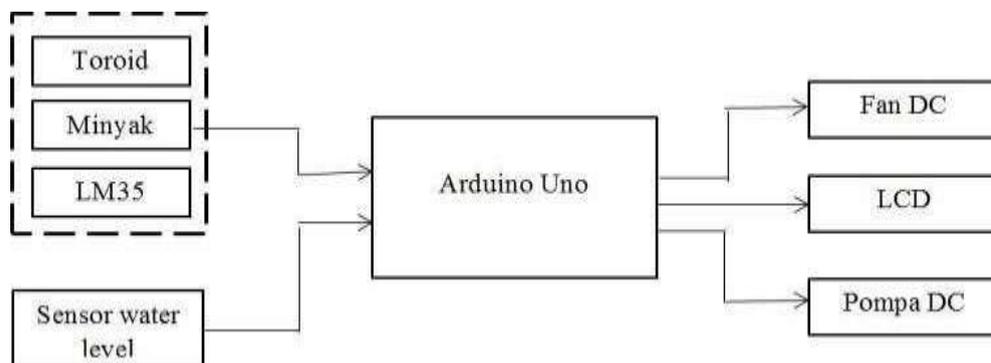
Metode penelitian merupakan cara-cara teknik/penjabaran suatu analisa/perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Studi Literatur
Meliputi studi definisi pengaruh *oil circulation*, sistem proteksi dan yang berkaitan dengan penelitian ini.
2. Pengumpulan Data
Meliputi pengambilan dan pengumpulan data yang didapat pada Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU.
3. Pengolahan Data dan Analisa
Menganalisis pengaruh *oil circulation* sebagai sistem proteksi panas berlebih pada induktor toroid yang berdasarkan formula

yang ada sehingga didapat nilai-nilai. Dan data tersebut dapat juga disajikan dalam bentuk grafik.

3.4 Perancangan sistem

Pada tahap perancangan ini langkah awal yang dilakukan adalah dengan membuat rangkaian secara sederhana sebagai implementasi dari simulasi yang tertera pada gambar. Setelah semua berjalan dengan baik selanjutnya perancangan di mulai dengan merakit dan memasang semua komponen pada papan PCB agar rangkaian tersusun dengan rapi. Pada tahap ini juga akan dijelaskan bagaimana proses koneksi antara Arduino Uno, Toroid, Minyak, LM35 sensor water level, Fan DC, LCD dan pompa DC.

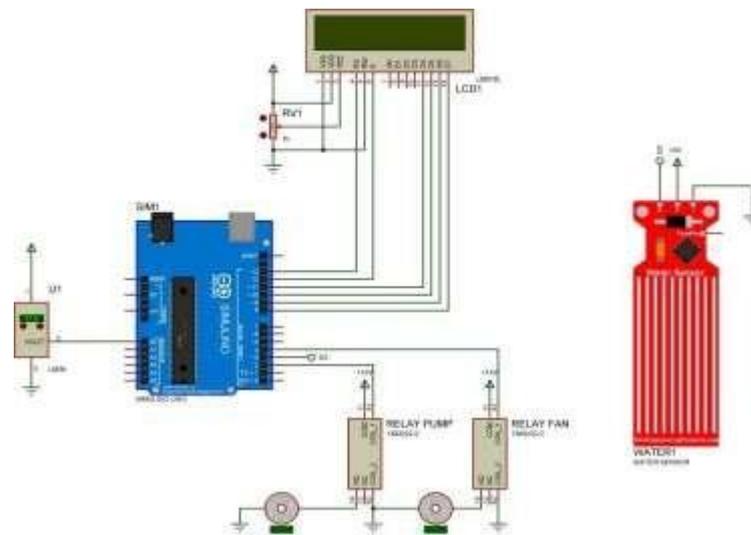


Gambar 3.1 Blok diagram automatic *oil sirculation*

Berdasarkan gambar 3.1 Sistem kerja dari diagram ini memberi sinyal kepada arduino untuk mengaktifkan Pompa dan mendorong minyak masuk dalam radiator, bersamaan dengan minyak yang bersikulasi arduino juga mengaktifkan Fan DC 12V dimana fungsinya untuk mendinginkan radiator yang di dalamnya mengalirkan minyak Trafo. Proses ini akan terus berlanjut hingga suhu minyak mencapai nilai terendah yang di kehendaki yaitu antara 30°-35°C.

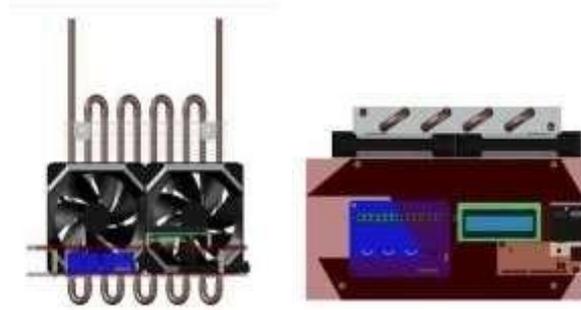
3.4.1 Perancangan *Software*

Perancangan *software* merupakan proses dimana rancangan sistem dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak. Skema, design, maupun program dibuat terlebih dahulu sebagai dasar acuan perancangan *hardware* nantinya. Selain meminimalisir tingkat kesalahan pada saat proses perakitan, hal ini juga berdampak kepada efisiensi pekerjaan, sehingga dapat



Gambar 3.2 Skematik alat menggunakan *software proteus 8* Berdasarkan gambar skematik diatas, maka dapat dibuat gambar 3D

sebagai acuan untuk menentukan bentuk alat penelitian yang akan dibuat nantinya, adapun gambar desain 3D tersebut di jelaskan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.3 desain sistem control *oil sirculation*

3.4.2 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* bertujuan agar keseluruhan komponen-komponen yang dibutuhkan dibentuk menjadi satu kesatuan. Hal ini dilakukan agar desain alat yang dirancang dapat diterapkan dengan mudah dan efisien, dalam perancangan *hardware* komponen-komponen yang digunakan harus ditata dengan baik, agar pengkoneksian antar komponen dapat teristematik dengan baik. Adapun tahapan perancangan sistem adalah sebagai berikut:

a. Perancangan *cover*

Pada perancangan ini, hal pertama yang dilakukan adalah memotong akrilik dengan ukuran 20x10 cm berdasarkan kebutuhan sistem sehingga kompone-komponen nantinya dapat diletakan menjadi satu sistem.



Gambar 3.4 Penyolderan pada Lcd

b. Penempatan Komponen

Penempatan komponen dilakukan agar desain alat yang diinginkan dapat terstruktur dengan baik sehingga nantinya pada proses pengoneksian dapat terarahserta memberikan ruang untuk penempatan kabel. Penempatan komponen yang baik juga berfungsi untuk kemudahan penulis dalam melakukan pengoperasian pada alat jika



Gambar 3.5 Pemasangan Penempatan komponen

c. Pengoneksian

Dalam pengoneksian kabel antar komponen, hal yang harus diperhatikan adalah penempatan kabel, karena jika terjadi kesalahan input serta output tegangan atau kesalahan kaki komponen sensor maka akan terjadi kerusakan pada sensor. Dalam peletakan kabel juga harus diperhatikan agar kabel tidak mudah terlepas dari komponen yang menyebabkan sistem *Breakdown*.



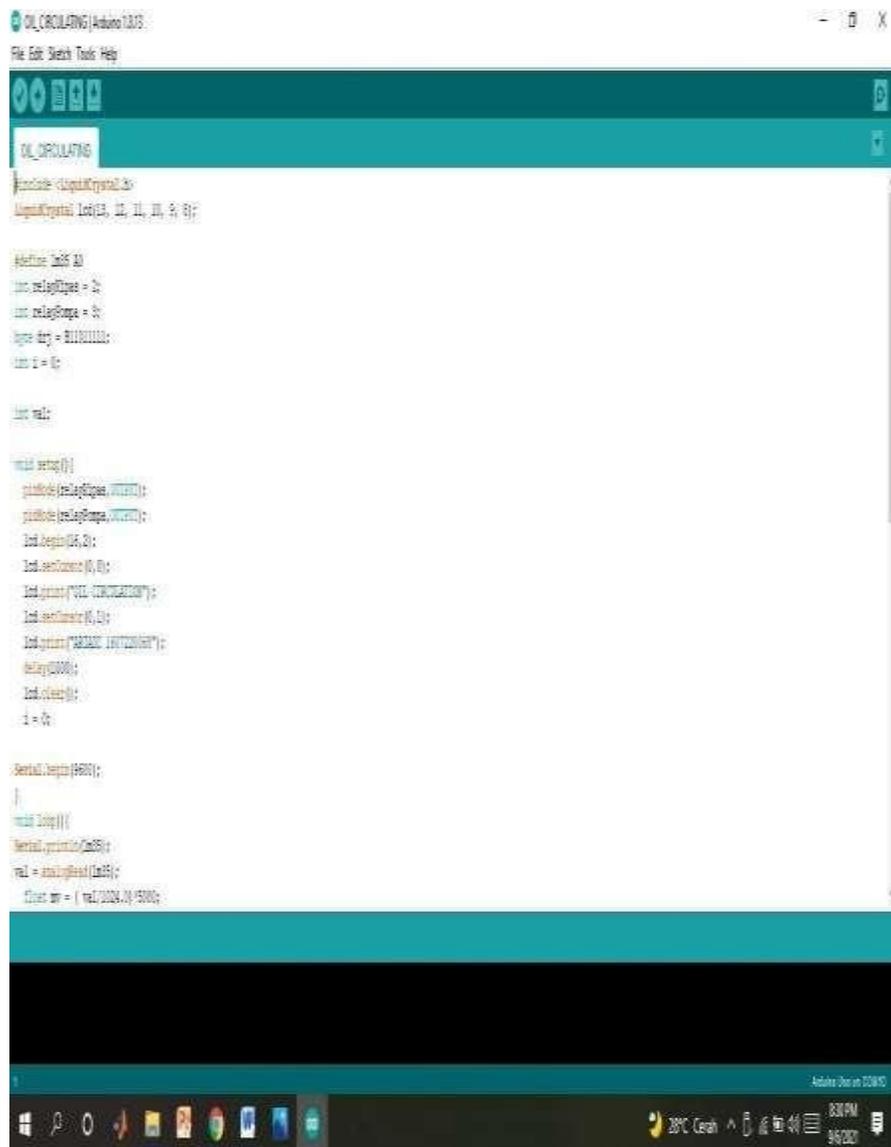
Gambar 3.6 Proses Pengkabelan

3.4.3 Perancangan Program

Perancang program untuk sistem kerja alat oil circulation pada induktor toroid menggunakan software Arduino IDE, adapun program yang dirancang ialah sebagai berikut :

a. Pemrograman Arduino

Dalam pemograman pada arduino di fokuskan pembacaan sensor sesuai dengan sistem.



```
Oil_Circulating (Arduino IDE)
File Edit Sketch Tools Help

Oil_Circulating
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(13, 11, 11, 9, 8);

#define led 10
int relayOpen = 2;
int relayClose = 3;
byte dir = 01101111;
int i = 0;

int val;

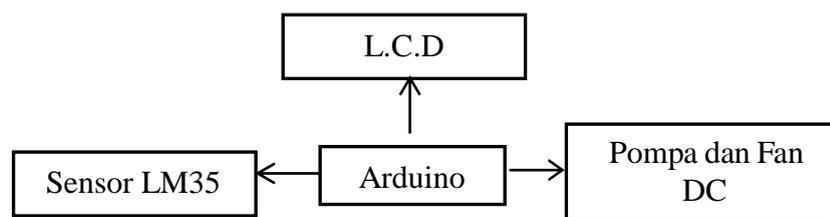
void setup()
{
  pinMode(relayOpen, OUTPUT);
  pinMode(relayClose, OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Oil_Circulating");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("ABRAR 19122018");
  delay(2000);
  lcd.clear();
  i = 0;
}

Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Serial.println("dir");
  val = analogRead(A0);
  float dir = (val/2048.0)*500;
```

b. Pemograman Sensor Suhu

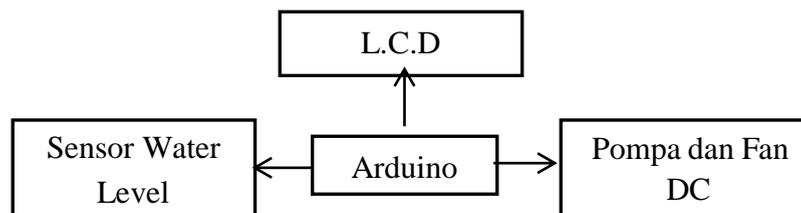
Dalam pemograman sensor suhu Arduino IDE difokuskan untuk bekerja ketika suhu pada toroid di atas 35°C maka arduino memerintahkan untuk menghidupkan pompa DC dan Fan DC sebagai pendingin induktor.



Gambar 3.7 Skema Program Sensor Suhu

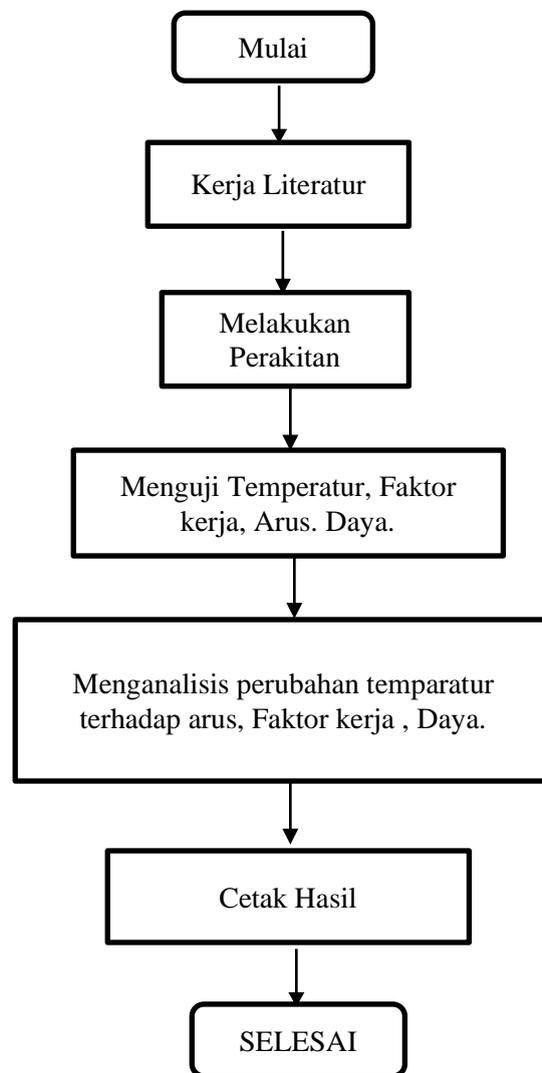
c. Pemograman sensor *water level*

Pada program sensor water level arduino bekerja ketika kapasitas minyak dibawah 50% dari tangki, maka arduino memerintahkan untuk menghidupkan pompa agar minyak di isi ulang.



Gambar 3.8 Skema Pemograman Sensor water level

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.9. Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

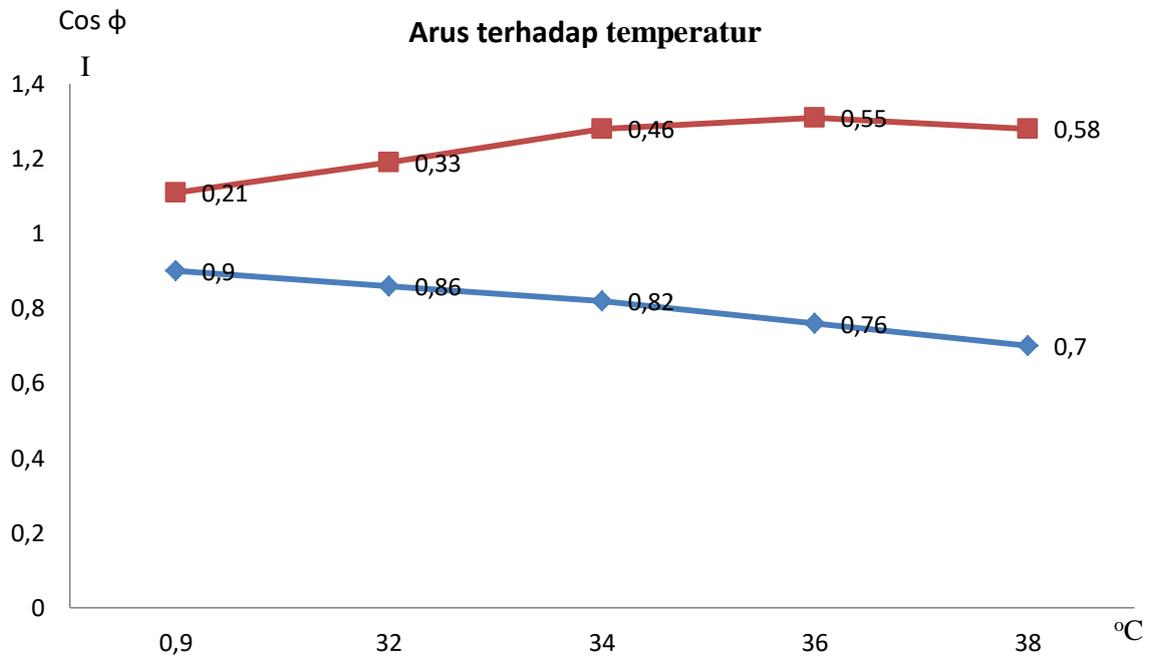
Pada pengujian *oil circulation* sebagai sistem proteksi panas berlebih pada induktor toroid telah didapatkan hasil yang akan disajikan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Oil Circulation* Pada Induktor Toroid

I (ampere)	V (volt)	Cos μ	Temperatur ($^{\circ}$ C)
0,21	30	0,90	30
0,33	30	0,86	32
0,46	30	0,82	34
0,55	30	0,76	36
0,58	30	0,70	38

Dari tabel 4.1 diatas dapat dilihat semakin tinggi temperatur maka arus yang mengalir semakin besar. Sedangkan Cosphi semakin kecil, dapat di lihat diatas pada gambar 4.1 .

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.1 diperoleh hubungan grafik antara arus dengan suhu seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan arus Terhadap Temperatur

Gambar 4.1 kurva grafik menunjukkan perbedaan arus pada setiap pengujian yang dilakukan. arus tertinggi dicapai pada temperature 38 derajat menghasilkan arus sebesar 0.58 ampere, sedangkan arus terendah dicapai pada temperature 30 derajat menghasilkan arus sebesar 0.1 ampere.

Berdasarkan hasil pengujian tabel 4.1 , maka dapat dianalisa daya yang dihasilkan dengan persamaan :

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Pada saat suhu 30 derajat celcius

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P = 30 \times 0,21 \times 0,90$$

$$P = 5,67 \text{ watt}$$

Pada saat suhu 32 derajat celcius

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P = 30 \times 0,33 \times 0,86$$

$$P = 8.5 \text{ watt}$$

Pada saat suhu 34 derajat celcius

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P = 30 \times 0,46 \times 0,82$$

$$P = 11.3 \text{ watt}$$

Pada saat suhu 36 derajat celcius

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P = 30 \times 0,55 \times 0,76$$

$$P = 12.5 \text{ watt}$$

Pada saat suhu 38 derajat celcius

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P = 30 \times 0,58 \times 0,70$$

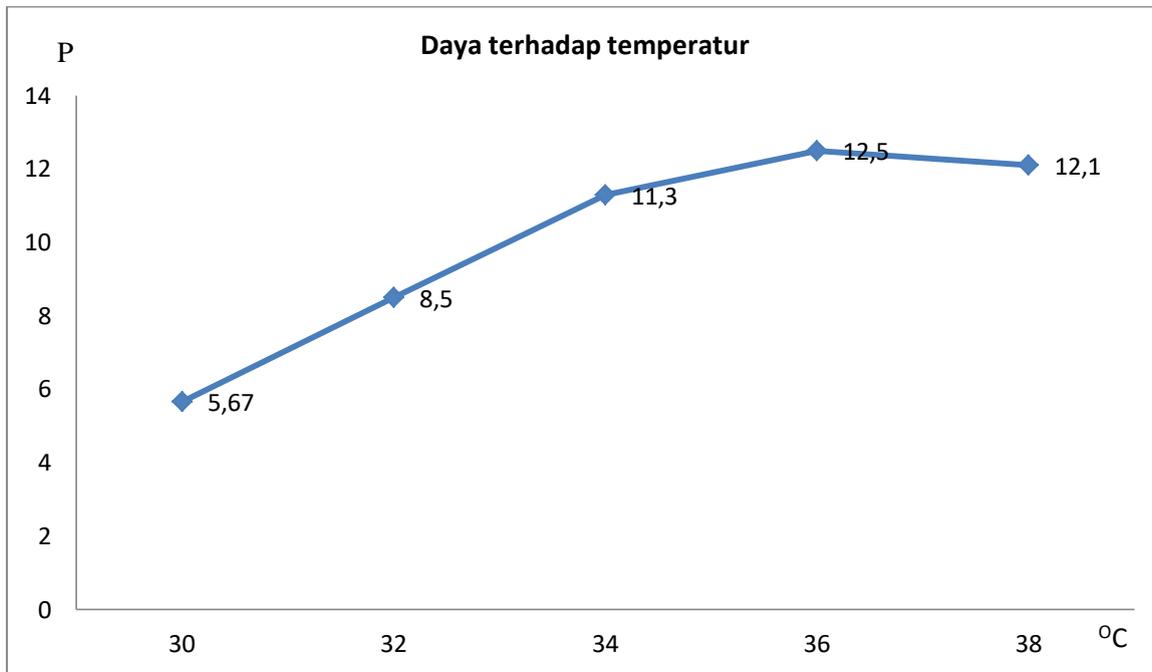
$$P = 12.1 \text{ watt}$$

Berdasarkan hasil analisis diperoleh tabel 4.2 perbandingan temperature dengan daya

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya Pada Induktor Toroid

Temperature (°C)	Daya (watt)
30	5,67
32	8,5
34	11,3
36	12,5
38	12,1

Dari tabel 4.2 dapat dilihat semakin tinggi suhu yang dihasilkan oleh induktor toroid maka semakin tinggi daya yang dihasilkan. Sehingga dapat diperoleh grafik perbandingan daya terhadap temperatur .



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Daya Terhadap temperatur

Dapat dilihat dengan jelas berdasarkan gambar 4.2 diatas bahwa semakin tinggi suhu tegangan yang dihasilkan maka semakin tinggi pula daya yang dihasilkan pada induktor toroid tersebut. Sehingga, pada alat ukur oil circulation dapat bekerja dan membaca atau mendeteksi suhu yang dihasilkan oleh induktor toroid, apakah suhu masih dalam keadaan normal atau di atas normal. Jika suhu yang dihasilkan diatas normal maka alat tersebut akan bekerja sebagai proteksi panas berlebih. Pada saat suhu berada di 38 derajat celcius alat ukur tersebut bekerja dan memutuskan arus serta tegangan pada saat pengujian ke 3. Sehingga, alat merespon bahwa suhu tersebut terlalu panas, serta alat tersebut mendeteksi bahwa suhu tersebut terlalu panas pada induktor toroid, yang akan menyebabkan induktor toroid dapat terbakar.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil hasil dan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi temperatur maka arus yang mengalir pada induktor akan semakin besar . pada penelitian ini pada temperatur 38° maka arus yang terukur sebesar 0,58 Ampere sedangkan pada saat temperatur 30° arus yang terukur sebesar 0,21 Ampere.
2. Pada penelitian ini semakin besar temperatur maka faktor kerja akan semakin kecil. Pada saat temperatur 30° maka faktor kerja sebesar 0,90 sedangkan pada saat temperatur 38° maka nilai faktor kerja nya sebesar 0,70.
3. Diperoleh bahwa semakin tinggi temperatur maka daya juga semakin besar. Pada saat temperatur 30° maka daya yang di hasilkan sebesar 5,67 watt sedangkan pada saat temperatur 38° maka daya yang dihasilkan sebesar 12,1 watt.

5.2 Saran

Untuk selanjutnya, pengujian *oil circulation* ini harus dapat menjelaskan tentang karakteristik dan spesifikasi yang lebih jelas dan terperinci.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Amalia, “Pengaruh Kuat Medan Magnet Dan Kecepatan Rotor Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Generator Arus Bolak-Balik LeyBold TPS 2.5,” 2010.
- [2] S. Armansyah, “Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal,” *J. Tek. Elektro UISU*, vol. 1, no. 3, pp. 48–55, 2016.
- [3] T. H. Mulud, “Pengaruh Magnet Permanen Sebagai Penguat Medan Magnet Pada Pembangkit Tenaga Listrik,” *Pros. SNST*, no. 2011, pp. 17–22, 2014.
- [4] R. Rimbawati, P. Harahap, and K. U. Putra, “Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu),” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 37–44, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3647.
- [5] A. Indriani, “Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial,” *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 2, 2015.
- [6] A. P. Dermawan, “Komparasi Fluks Magnetik Orbital Elektro Motor Tipe Cincin Terhadap Radial Elektro Motor Berbasis Software Magnet,” *Unnes*, 2019.
- [7] H. Asyari *et al.*, “Pengaruh Perbandingan Konstruksi Stator Terhadap Tegangan Keluaran Generator Linier,” *Emitor*, vol. 16, no. 1, pp. 32–42, 2016.
- [8] M. Bahrullah, M. H. Basri, A. Herlina, and B. Indarto, “Perancangan Generator 3 Phase Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP),” *Elemen*, vol. 7, no. 1, pp. 46–53, 2020.

- [9] A. Muttaqin, M. Syukri, and R. H. Siregar, "Perancangan Alternator Kecepatan Rendah Yang Di Pakai Pada Turbin Angin Tipe Horizontal Multi Blade Di Pantai Alue Naga Aceh Besar," pp. 1–9.
- [10] H. Prasetijo, Ropiudin, and B. Dharmawan, "Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah Permanent Magnet Generator as Low Speed Electric Power Plant," *Agustus*, vol. 8, no. 2, 2012.
- [11] B. Prasetiyo and T. H. Mulud, "Rancang Bangun Motor – Generator Magnet Permanen Jenis NdFeB," *Eksergi*, vol. 15, no. 2, p. 60, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v15i2.1507.
- [12] S. SIMBOLON, "Pengaruh Geometri dan Kuat Medan Permanen dari Magnet Permanen NdFeB Terhadap Output Generator Fluks Aksial," *Pist. J. Tech. Eng.*, 2017, doi: 10.32493/pjte.v1i1.542.
- [13] A. Azzahra, "Rancang Bangun Prototipe Generator Axial Flux Tiga Fasa Dengan Magnet Permanen Neodymium (NdFeB) Stator Ganda Untuk Pengisian Battery 12 Volt," *Skripsi*, 2020.
- [14] Andika and A. Hamzah, "Perancangan dan Pembuatan Generator Fluks Radial Tiga Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah," *Univ. Riau*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [15] H. Herudin and W. D. Prasetyo, "Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM," *Setrum Sist. Kendali Tenaga Elektron. Telekomun. Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 11, 2016, doi: 10.36055/setrum.v5i1.886.



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Kampus Utama Umsu, Jln. Kapt.MucktarBasri no.3 Medan 20238, Telp (061) 661059

LEMBARAN ASISTENSI

Nama : MHD FAISAL ADITYA
NPM : 1507220119
Asistensi : Dosen Pembimbing I
Judul : ANALISIS PENGARUH OIL CIRCULATION
SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PANAS BERLEBIH
PADA INDUKTOR TOROID

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	20/1 - 2021.	Dec Judul	Sud
2	5/2 - 2021.	Perbaiki rumus dan Diagram Purlin	Sud
3	3/3 - 2021.	Perbaiki purlin dan Perak	Sud
4	7/4 - 2021.	Lengkapi kaji teori semi jumbo	Sud
5	1/5 - 2021.	Perbaiki BAB III, flow chart	Sud
6	15/12 - 2021	- Lengkapi gambar rafteria perantara - Bereskan data hasil pengujian & pengujian	Sud
7	30/12 - 2021	Perbaiki data, lengkapi daftar pustaka	Sud
8	5/1 - 2021	Perbaiki Metode Purlin	Sud
9	17/1 - 2021.	Perbaiki Part dan Purlin.	Sud

Dec Laminasi Panel

20/1 - 2021
Dec Laminasi Panel
Dosen Pembimbing I
(NOORLY EVALINA, S.T, M.T)



LEMBARAN ASISTENSI

Nama : MHD FAISAL ADITYA
NPM : 1507220119
Asistensi : Dosen Pembimbing II
Judul : ANALISIS PENGARUH OIL CIRCULATION
SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PANAS BERLEBIH
PADA INDUKTOR TOROID

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	15/1 ²¹	Pelajari format penulisan	
2	18/2 ²¹	Pelajari dan pahami rumusan masalah yg anda tulis	
3	20/3 ²¹	Reduksi Daftar Pustaka Dosen Internal Kampus	
4	16/4 ²¹	Pelajari tentang Prinsip Kerja dan Cara Kerja Sistem proteksi	
5	15/5 ²¹	Perbaiki dan fahami tulisan bab III	
6	10/11 ²¹	Pelajari lebih detail tentang Analisis, dan hasil pengujian	
7	3/2 ²²	Silakan Lanjut Seminar hasil	

Dosen Pembimbing II

(MUHAMMAD ADAM, ST. MT)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : MHD FAISAL ADITYA
NPM : 1507220119
Tempat/Tanggal Lahir : Saentis / 12 Februari 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum Kawin
Alamat : Semar Dusun XV Saentis
 Kecamatan : Percut Sei Tuan
 Kabupaten : Deli Serdang
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor Hp : 082374492288
E-mail : mhdfaisaladitya12@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : RUDI
 Ibu : SRI ANDAYANI SPd

PENDIDIKAN FORMAL

2003-2009 : SD MIS ISTIQOMAH Sampali
2009-2012 : SMP NEGERI 27 Medan
2012-2015 : SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan
2015-2022 : S1 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara