

Perancangan Proteksi *Inverter* Berbasis *Arduino Uno*

Andre Jason Maabuat, Sherwin R.U.A. Sompie, Meita Rumbayan
Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115, Indonesia
amaabuat@gmail.com, aldo@unsrat.ac.id, Meita.Rumbayan@unsrat.ac.id
Diterima: Desember 2019; direvisi: Februari 2020; disetujui: April 2020

Abstract — Protection system is the safety of electrical equipment in the event of an interruption in the installed system. Inverter one device to convert DC voltage into AC. The use of accumulators and inverters will be effective in the event of a power outage in anticipation of a supply voltage, so that the equipment can be reused. Each inverter has a limit on the value of the power that can be used, in this study made a tool that can protect in case of excessive power consumption so that it does not cause components on the inverter to be damaged quickly. One of the results of this research is that the value of this protection device is not far from the wattmeter used as a comparison and for a long time the use of the device to adjust the battery capacity.

Keywords — Accumulators; Inverters; Protection; Voltage.

Abstrak — Sistem proteksi merupakan pengamanan peralatan listrik apabila terjadi suatu gangguan sistem yang terpasang. *Inverter* salah satu perangkat untuk merubah tegangan DC menjadi AC. Penggunaan akumulator dan *inverter* efektif apabila terjadi pemadaman listrik sebagai antisipasi suplai tegangan sehingga peralatan dapat digunakan kembali. Setiap *inverter* mempunyai batas nilai daya yang bisa dipakai, dalam penelitian ini dibuat alat yang dapat memproteksi apabila terjadi pemakaian daya berlebih sehingga tidak menyebabkan komponen pada *inverter* cepat rusak. Hasil penelitian yang didapatkan salah satunya nilai dari alat proteksi ini tidak berbanding jauh dari *wattmeter* yang digunakan sebagai pembandingan dan untuk lama penggunaan alat menyesuaikan kapasitas aki.

Kata Kunci — Akumulator; *Inverter*; Proteksi; Tegangan

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik telah menjadi hal yang mutlak seiring dengan berkembangnya perangkat elektronik. Namun seringkali kita mengalami kondisi dimana ada pemadaman listrik secara tiba-tiba karena disebabkan oleh berbagai hal maka dari itu solusinya kita harus menggunakan cadangan suplai listrik salah satunya yaitu panel surya. Panel surya adalah peralatan utama sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi untuk mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Kemudian hasil konversi dari panel surya akan melewati kontroler yang mempunyai batasan yang bisa di suplai yaitu 12 Volt DC / 24

Volt DC selanjutnya digunakan untuk pemakaian lampu dan mengisi akumulator/aki.

Pada umumnya untuk menggunakan sebuah energi listrik dari akumulator/aki dibutuhkan sebuah perangkat *inverter* gunanya merubah tegangan DC menjadi AC agar barang elektronik yang akan memakai tegangan AC bisa digunakan. Setiap *inverter* mempunyai batas jumlah daya maksimal yang bisa dipakai i seringkali penggunaan barang elektronik tidak memperhatikan jumlah daya dari sebuah beban yang akan dipakai bisa saja jumlah yang akan dipakai melewati batas ketentuan dari sebuah *inverter*. Adapun kerusakan yang akan terjadi yaitu komponen yang ada didalam *inverter* akan rusak untuk mencegah kerusakan pada *inverter* diperlukan sebuah alat yang gunanya memproteksi *inverter*. Alat ini dapat membaca jumlah daya total yang sedang dipakai dari suatu beban, alat ini akan memutuskan aliran listrik dari *inverter* ke beban apabila melewati batas daya yang sudah diatur dalam program pada alat elektronik yaitu *Arduino Uno* akan tetapi penggunaan tidak bisa dilakukan secara terus menerus harus diperhatikan juga kondisi dari akumulator/aki apakah persentase masih dalam keadaan normal untuk dipakai >55%, jika <50% kondisi aki akan *drop* begitu juga tegangan yang dihasilkan maka dari itu harus melakukan *charger* pada akumulator/aki apabila tidak melakukan *charger* maka dapat memperpendek usia aki bahkan merusak isi yang ada didalam akumulator/aki.

Seiring dengan berkembangnya teknologi semua akan serba otomatis apalagi menyangkut sebuah sistem. Sistem yang dimaksud disini adalah sistem proteksi yang sederhana maupun yang sudah lebih besar. Alat yang akan dibuat kali ini yaitu alat proteksi *inverter* adapun penggunaan alat elektronik yaitu mikrokontroler ATmega328 sebagai pengendali utama, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B dan *Relai* untuk memutuskan arus listrik ketika terjadi beban lebih. Selain itu digunakan juga LCD untuk menampilkan data yang terbaca oleh sensor. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan bahwa alat ini tidak selalu bekerja hanya akan bekerja pada saat menggunakan sumber listrik yang sudah diubah oleh *inverter* lalu disalurkan ke beban.

A. Akumulator

Pada umumnya di Indonesia, kata Akumulator (sebagai *accu*, aki) hanya dimengerti sebagai "baterai". Dalam standar internasional setiap satu cell akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt sehingga aki 12 volt memiliki 6 cell sedangkan aki 24 volt memiliki 12 cell. Pada dasarnya baterai tipe kering

sama seperti baterai tipe basah. Elemen-elemen baterai ini diisi secara kh usus dengan cara memberikan arus DC pada plat yang direndamkan ke dalam larutan elektrolit lema h. Kemudian plat-plat tersebut dirangkai dalam case baterai. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbale, sedang kan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat [1]. Bentuk fisik akumulator dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Inverter

Power Inverter atau biasanya disebut dengan *Inverter* adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (Solar Cell). *Inverter* ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya *Power Inverter*, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti lampu, kipas angin atau yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V. Tetapi tidak semua *inverter* mempunyai spesifikasi yang sama mulai dari komponen yang di gunakan dalam *inverter* maupun hasil keluaran dari *inverter* seperti gelombang. Untuk gelombang ada 3 jenis yaitu *Square Wave*, *Modified Square Wave* dan *Sine Wave*[2]. Sedangkan untuk daya *inverter* yang dijualpun berbeda-beda, daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

Daya Aktif / Nyata (Active / Real Power) Daya dengan satuan Joule/detik atau watt disebut sebagai daya aktif.

Simbolnya adalah P. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dihamburkan atau dipakai oleh beban. Daya aktif dihitung dengan persamaan (1) [3]:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \tag{1}$$

Daya Reaktif (Reactive Power) Daya reaktif Satuannya adalah VAR (*Voltampere – reactive*). Daya reaktif (Q) ini merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, daya reaktif juga dipahami sebagai daya yang tidak dihamburkan oleh beban atau dengan kata lain merupakan daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan (2) [3]:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \tag{2}$$

Daya Tampak / Semu (Apparent Power) Daya tampak merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan S. Dengan satuannya adalah VA (Voltamper). Daya tampak dapat dihitung menggunakan persamaan (3):

$$S = V \cdot I \tag{3}$$

1) *Square Wave*

Inverter yang memiliki jenis gelombang kotak bisa digunakan untuk supply tegangan namun kualitasnya tidak bagus sehingga hanya dapat dipakai pada beberapa alat tertentu saja[2].

2) *Modified Square Wave*

Inverter yang memiliki jenis gelombang hampir sama dengan *Square Wave* namun dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus namun pada gelombang ini outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif[2].

3) *Sine Wave*

Inverter yang memiliki tegangan output bentuk gelombang sinus murni atau hampir sama seperti bentuk gelombang tegangan dari PLN, *inverter* jenis ini dapat memberikan supply tegangan ke beban dengan efisiensi daya yang baik[2]. Bentuk fisik *Inverter* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Akumulator



Gambar 3. Sensor Tegangan AC



Gambar 2. Inverter



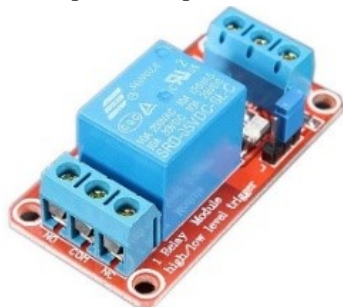
Gambar 4. Sensor Arus AC

C. Sensor Tegangan AC

Pengukuran tegangan AC dapat dilakukan dengan cara dirubah menjadi DC agar lebih mudah dibaca oleh mikrokontroler. Mikrokontroler yang dilengkapi dengan ADC (Analog to Digital Converter) tidak dapat membaca sinyal negatif, maka dari itu tegangan negatif harus dinaikan offsetnya menjadi 2,5 V sehingga terdapat perbedaan antara nilai negatif dan positif. Sensor tegangan ZMPT101B telah dilengkapi *summing amplifier* sehingga dapat digunakan untuk menaikkan tegangan negatif baik untuk pengukuran tegangan dengan menggunakan mikrokontroler. Sensor tegangan ZMPT101B merupakan komponen yang sesuai jika dihubungkan dengan mikrokontroler karena fungsi sinyal yang akurat. Sensor ini dapat digunakan pada tegangan pengoperasian sebesar 250 VAC dan mengeluarkan sinyal analog yang sesuai untuk dikonversikan menjadi sinyal digital oleh mikrokontroler. Sensor ini memiliki 4 pin diantaranya pin 1 dan pin 2 untuk input utama, pin 3 dan pin 4 untuk output. Sensor tegangan memiliki isolasi tegangan sebesar 4000 V dan bekerja optimal pada suhu 40C sampai 70C[4]. Bentuk fisik Sensor Tegangan Ac dapat dilihat pada Gambar 3.

D. Sensor Arus AC

Sensor arus ACS712-05A merupakan komponen yang digunakan untuk mendeteksi arus pada suatu kawat/kabel dalam instalasi listrik. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC) menggunakan prinsip *Hall Effect*. Sensor yang memiliki prinsip *Hall Effect* dirancang untuk mendeteksi objek magnetis dengan perubahan posisi. Adanya medan magnet secara terus menerus menimbulkan adanya pulsa yang kemudian dapat diambil frekuensinya. Sensor ACS712-05A mengeluarkan tegangan 2,5 Volt jika tidak ada arus [5]. Bentuk fisik Sensor Arus Ac dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Relai 1 Channel Optcoupler

E. Relai 1 Channel Optocoupler

Relai adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen yang terdiri dari dua bagian utama yaitu electromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Relai menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan tinggi. Sedangkan *Optocoupler* adalah sebuah komponen semi konduktor atau alat yang terdiri dari LED (*Light Emitting Diode*) dan Komponen yang sensitif terhadap cahaya. Biasanya digunakan untuk isolasi rangkaian satu ke rangkaian yang lainnya. *Optocoupler* juga sering dikenal dengan nama *Optical Coupler* dan *Opto Isolator*. Disebut sebagai *Opto Isolator* karena LED dengan komponen sensitive cahaya terpisah oleh udara, namun dua komponen ini biasanya di package dalam satu tempat [6]. Bentuk fisik Relai 1 Channel Optocoupler dapat dilihat pada Gambar 5.

F. Keypad 3x4

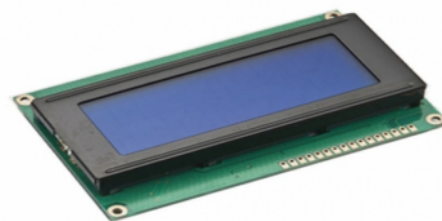
3x4 Keypad Module merupakan suatu modul keypad berukuran 3 kolom x 4 baris. Modul ini dapat difungsikan sebagai input dalam aplikasi seperti pengaman digital, absensi, pengendali kecepatan motor, robotik, dan sebagainya. Spesifikasi dari keypad adalah sebagai berikut :

1. Memiliki 12 tombol (fungsi tombol tergantung aplikasi).
2. Memiliki konfigurasi 4 baris dan 3 kolom.

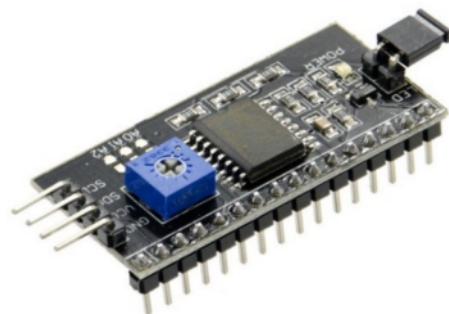
Penggunaan Keypad dilakukan dengan cara menjadikan tiga buah kolom sebagai inputan dan empat buah baris sebagai outputnya. Di bawah ini adalah rangkaian dasar keypad yang berfungsi sebagai inputan [7]. Bentuk fisik Keypad 3x4 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Keypad 3x4



Gambar 7. LCD 16 x 2



Gambar 8. I2C LCD

G. LCD 16 x 2

LCD (*Liquid Crystal Display*) atau penampil kristal cair adalah suatu media yang dapat menampilkan suatu karakter huruf, angka, maupun simbol dengan menggunakan kristal cair sebagai komponen utama penampil. LCD dibuat dengan teknologi CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap front lit atau mentransmisikan cahaya dari back -lit. Material LCD meliputi lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. LCD digunakan pada perangkat elektronik yang menampilkan gambar atau karakter seperti televisi, komputer, kalkulator, jam digital, dan alat ukur digital. LCD 16x4 dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol sebanyak 16 kolom dan 2 baris, LCD dapat beroperasi dengan tegangan sumber 5 VDC dan memiliki 16 pin interface dengan fungsi masing-masing [8]. Bentuk fisik LCD 16 x 2 dapat dilihat pada Gambar 7.

H. I2C LCD

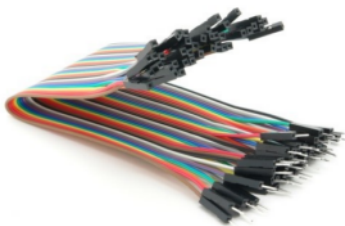
Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal Start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal Stop, dan membangkitkan sinyal clock. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master*.

Kelebihan Utama dari komunikasi I2C antara lain :

- 1) Hanya memerlukan 2 saluran/bus
- 2) Tidak diperlukan setting *baudrate*
- 3) Komunikasi bisa dilakukan dengan lebih dari 2 perangkat elektronika dalam 2 bus dan untuk membedakan setiap *slave* digunakan pengalamatan yang berbeda-beda.
- 4) Terdapat hubungan *master* dan *slave* dalam setiap komunikasi. Proses pertukaran data sepenuhnya diatur oleh *master*. 2 saluran/bus pada komunikasi serial ini dikenal dengan nama SCL dan SDA. SCL/Serial clock berfungsi untuk menyelaraskan data yang ada antara *master* dan *slave*. Sedangkan SDA/Serial Data berfungsi sebagai saluran data [9].

a. Protokol Komunikasi

Saat *master* ingin melakukan proses transfer data, maka *master* akan mengirim *signal stop* ke *slave* kemudian proses



Gambar 9. Kabel

transfer 8 bit terjadi, jika sudah selesai maka *master* harus mengirimkan *signal stop* sebagai tanda bahwa komunikasi data selesai. Untuk *signal start* dan *signal stop* hanya bisa dilakukan saat pin SCL dalam kondisi High. Yaitu Start ditandai dengan pin SDA berubah menjadi High ke Low, sedangkan stop ditandai dengan perubahan dari High ke Low. *Signal* lain yang perlu diperhatikan adalah Acknowledge. *Signal* ini dikirim oleh *slave* sebagai tanda bahwa 8 bit data sudah complete diterima dari *master*, *signal ACK* ini adalah bit ke-9 yang muncul sebelum *signal stop*. *Signal ACK* harus bernilai Low yang menunjukkan bahwa *slave* siap untuk menerima 8 bit data selanjutnya, sedangkan jika bernilai High maka *slave* harus mengirim *Signal Stop* yang menandakan proses transfer data selesai dilakukan [10]. Bentuk fisik I2C LCD dapat dilihat pada Gambar 8.

I. Kabel

Kabel *jumper* adalah kabel penghubung yang biasa digunakan untuk membuat rangkaian sistem atau prototype sistem menggunakan arduino dan breadboard. Kabel *jumper* umumnya memiliki connector atau pin di masing-masing ujungnya. Connector untuk masuk disebut *male connector*, dan connector untuk ditusuk disebut *female connector*[9]. Tergantung jenis konektornya, kabel *jumper* dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

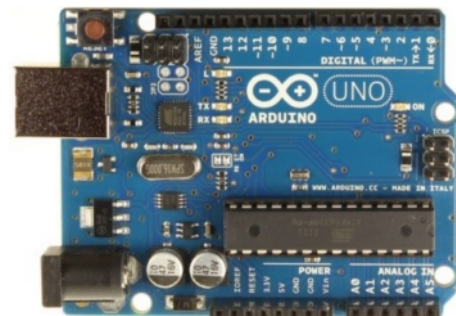
- 1) *Male-male*
- 2) *Male-female*, atau *female-male*
- 3) *Female-female*

Bentuk fisik Kabel dapat dilihat pada Gambar 9.

J. Arduino

Arduino merupakan sebuah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform* dan dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor Atmel AVR atau Atmel ARM dan *software*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Untuk memahami Arduino, terlebih dahulu kita harus memahami terlebih dahulu apa yang dimaksud dengan *physical computing*. *Physical computing* adalah membuat sebuah sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan *software* dan *hardware* yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik [10]. Bentuk fisik Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 10.

Physical computing adalah sebuah konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital. Pada praktiknya



Gambar 10. Arduino Uno

konsep ini diaplikasikan dalam desain-desain alat atau proyek-proyek yang menggunakan sensor dan mikrokontroler untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem *software* untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro-mekanik seperti lampu, motor dan sebagainya

Arduino adalah sebagai sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Disebut sebagai Platform karena, Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah suatu kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Dari beberapa jenis papan Arduino yang tersedia yaitu jenis papan Arduino UNO R3. Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari *board* Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino. Arduino Uno berbeda dari semua *board* Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur ATmega16U2 (ATmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari *board* Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke *ground*, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode. Revisi 3 dari *board* Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- 1) Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin RESET, IOREF yang memungkinkan shield untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan *board* yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan ke depannya.
- 2) Sirkuit RESET yang lebih kuat.
- 3) ATmega 16U2 menggantikan 8U2.
- 4) 14 pin input/output digital (0-13)
 - a. Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program.
 - b. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.
- 5) USB
Berfungsi untuk memuat program dari komputer ke dalam papan, komunikasi serial antara papan dan komputer, memberi daya listrik kepada papan.
- 6) Q1 – Kristal (*quartz crystal oscillator*)

Jika *microcontroller* dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada *microcontroller* agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

7) Tombol Reset S1

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan *microcontroller*.

8) In-Circuit Serial Programming (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung, tanpa melalui bootloader. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

9) IC1 – Microcontroller Atmega

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

10) X1 – sumber daya eksternal

Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

11) 6 pin input analog (0-5)

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

Spesifikasi ARDUINO UNO R3

Secara ringkas berikut spesifikasi dari arduino UNO R3 :

Mikrokontroler	: ATmega328
Tegangan pengoperasian	: 5V
Tegangan input yang disarankan	: 7-12V
Batas tegangan input	: 6-20V
Jumlah pin I/O digital	: 14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	: 6
Arus DC tiap pin I/O	: 40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	: 50 mA
Memori Flash	: 32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB
SRAM	: 2 KB (ATmega328)
EEPROM	: 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	: 16 MHz

Dari pada mengharuskan sebuah penekanan fisik dari tombol reset sebelum sebuah *upload*, Arduino Uno didesain pada sebuah cara yang memungkinkannya untuk direset dengan *software* yang sedang berjalan pada komputer yang sedang terhubung. Salah satu garis kontrol aliran *hardware* (DTR) dari ATmega8U2/16U2 dihubungkan ke garis reset dari ATmega328 melalui sebuah kapasitor 100 nanofarad. Ketika saluran ini dipaksakan (diambil rendah), garis reset jatuh cukup panjang untuk mereset chip *Software* Arduino menggunakan kemampuan ini untuk memungkinkan kita untuk *upload* kode dengan mudah menekan tombol *upload* di *software* Arduino. Ini berarti bahwa *bootloader* dapat mempunyai sebuah batas waktu yang lebih singkat, sebagai penurunan dari DTR yang dapat menjadi koordinasi yang baik dengan memulai *upload*.

Pengaturan ini mempunyai implikasi. Ketika Arduino Uno dihubungkan ke sebuah komputer lain yang sedang running menggunakan OS Mac X atau Linux, Arduino Uno mereset setiap kali sebuah koneksi dibuat dari *software* (melalui USB). Untuk berikutnya, setengah-detik atau lebih, *bootloader* sedang berjalan pada Arduino UNO. Ketika Arduino UNO diprogram untuk mengabaikan data yang cacat/salah (contohnya apa saja selain sebuah *penguploadan* kode bar u) untuk menahan beberapa bit pertama dari data yang dikirim ke *board* setelah sebuah koneksi dibuka. Jika sebuah *sketch* sedang berjalan pada *board* menerima satu kali konfigurasi atau data lain ketika *sketch* pertama mulai, memastikan bahwa *software* yang ber komunikasi menunggu satu detik setelah membuka koneksi dan sebelum mengirim data ini.

Arduino Uno berisikan sebuah jejak yang dapat dihapus untuk mencegah reset otomatis. Pad pada salah satu sisi dari jejak dapat disolder bersama untuk mengaktifkan kembali. Pad itu diberi label “RESET -RN” Kita juga dapat menonaktifkan reset otomatis dengan menghubungkan sebuah resistor 110 ohm dari tegangan 5V ke garis reset.

Untuk mulai memprogram, dibutuhkan IDE Arduino. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari :

1) Editor program

sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.

2) Compiler

sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah *microcontroller* tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh *microcontroller* adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.

3) Uploader

sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory di dalam papan Arduino. Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini adalah sedikit penjelasan singkat mengenai karakter bahasa C dan *software* Arduino.

Verify : Cek *error* dan lakukan kompilasi kode

Upload : *Upload* kode an da ke board/kontroler. Asumsi bahwa *board* dan serial port telah disetting dengan benar.

New : Membuat aplikasi baru.

Open : Buka proyek yang telah ada atau dari contoh - contoh/*examples*.

Save : Simpan proyek anda.

Serial Monitor: Me mbuka serial po rt monitor untuk melihat feedback/umpan balik dari *Board* anda.

Proses kerja Arduino ialah anda melakukan pemrograman pada IDE, compile, dan *upload* binary/hex file ke kontroler. Berbeda dengan *Processing* yang kode hasil *compile* langsung dijalankan di komput er, kode hasil *compile* Arduino harus *upload* ke kontroler sehingga dapat dijalankan.

Kode-Kode Dasar Program pada IDE Arduino

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa untuk memprogram Arduino kita menggunakan sebuah kode program khusus yang mirip dengan struktur bahasa C.

1) Struktur

Setiap program Arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada.

a. `void setup() { }`

Semua kode didalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

b. `void loop() { }`

Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi void setup) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (power) dilepaskan.

3) Syntax

Berikut ini adalah elem en bahasa C yang dibutuhkan untuk format penulisan.

a. `// (komentar satu baris)`

Kadang diperlukan untuk memberi catatan pada diri sendiri apa arti dari kode -kode yang dituliskan. Cukup menuliskan dua buah garis miring dan apapun yang kita ketikkan dibelakangnya akan diabaikan oleh program.

b. `/* */ (komentar banyak baris)`

Jika anda punya banyak catatan, maka hal itu dapat dituliskan pada beberapa baris sebagai komentar. Semua hal yang terletak di antara dua simbol tersebut akan diabaikan oleh program.

c. `{ } (kurung kurawal)`

Digunakan untuk mendefinisikan kapan blok program mulai dan berakhir (digunakan juga pada fungsi dan pengulangan).

d. `;` (titik koma)

Setiap baris kode harus diakhiri dengan tanda titik koma (jika ada titik koma yang hilang maka program tidak akan bisa dijalankan).

4) Variabel

Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan cara yang cerdas. Variabel inilah yang digunakan untuk memindahkannya.

a. `int (integer)`

Digunakan untuk menyimpan angka dalam 2 byte (16 bit). Tidak mempunyai angka desimal dan menyimpan nilai dari -32,768 dan 32,767.

b. `long (long)`

Digunakan ketika integer tidak mencukupi lagi. Memakai 4 byte (32 bit) dari memori (RAM) dan mempunyai rentang dari -2,147,483,648 dan 2,147,483,647.

c. `boolean (boolean)`

Variabel sederhana yang digunakan untuk menyimpan nilai TRUE (benar) atau FALSE (salah). Sangat berguna karena hanya menggunakan 1 bit dari RAM.

d. `float (float)`

Digunakan untuk angka desimal (floating point). Memakai 4 byte (32 bit) dari RAM dan mempunyai rentang dari 3.4028235E+38 dan 3.4028235E-38.

e. `char (character)`

Menyimpan 1 karakter menggunakan kode ASCII (misalnya 'A' = 65). Hanya memakai 1 byte (8 bit) dari RAM.

5) Operator Matematika

Operator yang digunakan untuk memanipulasi angka (bekerja seperti matematika yang sederhana).

a. *Operator Kondisi*

< Lebih kecil

<= Lebih kecil atau sama dengan

> Lebih besar

>= Lebih besar atau sama dengan

- = = Sama dengan
- != Tidak sama dengan
- b. *Operator Aritmatika*
- + Penjumlahan
- Pengurangan
- * Perkalian
- / Pembagian
- % Sisa bagi
- c. *Operator Logika*
- ! Boolean NOT
- && Boolean AND
- ? Boolean OR

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu perancangan dan penelitian alat ini dilakukan selama beberapa bulan. Penelitian dimulai pada bulan Oktober 2018. Tempat perancangan dan pengujian alat dilakukan di tempat tinggal penulis dan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) Manado.

B. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dari perancangan penelitian yaitu dimulai dengan :

- 1) Mengumpulkan data dan informasi yang berhubungan dengan sistem yang akan dibuat.
- 2) Merancang cara kerja dari alat proteksi *inverter* berbasis arduino uno.
- 3) Merancang *hardware* dari alat proteksi *inverter* berbasis arduino uno.
- 4) Merancang *software* dan men *download* program ke mikrokontroler arduino uno.
- 5) Mengkalibrasi dan menganalisa tingkat keakuratan sensor yang digunakan serta kinerja dari alat.
- 6) Membuat laporan dari hasil penelitian yang digunakan.

C. Alat Yang Digunakan

Pada perancangan sistem ini, dibutuhkan beberapa komponen elektronika, peralatan pendukung, *device* serta program aplikasi penunjang yang dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*).

1) Perangkat Keras (*Hardware*)

Berikut perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

- a) Tools yang digunakan untuk pembuatan alat yaitu obeng, solder, tang, tang, cucut, tang, jepit, bor, grinda, mur, baut, sekrup, spacer.
 - b) Akrilik digunakan sebagai wadah alat yang dibuat.
 - c) *Stopwatch* digunakan untuk menentukan lama pengujian dari alat yang dibuat
 - d) Untuk pengukuran digunakan *multimeter* dan *wattmeter*.
- #### 2) Perangkat Lunak (*Software*)
- a) *Software* IDE Arduino digunakan untuk menulis program dan mengupload ke mikrokontroler Arduino Uno
 - b) Microsoft Office 2016 digunakan untuk penyusunan skripsi.
 - c) *Software* fritzing digunakan untuk pembuatan skematik alat

D. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perancangan sistem proteksi *inverter* ini menggunakan program Arduino Uno R3 di jalankan lewat *computer*, PC maupun laptop dengan sistem operasi windows. Program Arduino IDE ini menggunakan Bahasa C modifikasi yang dikembangkan oleh Arduino dan cukup mudah untuk dipelajari. Program Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang akan dipakai untuk membuat atau menulis kode program untuk mikrokontroler *board* Arduino. Untuk langkah – langkah awal menggunakan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 11.

E. Perancangan Alat

Diagram blok perancangan alat proteksi *inverter* berbasis arduino uno.

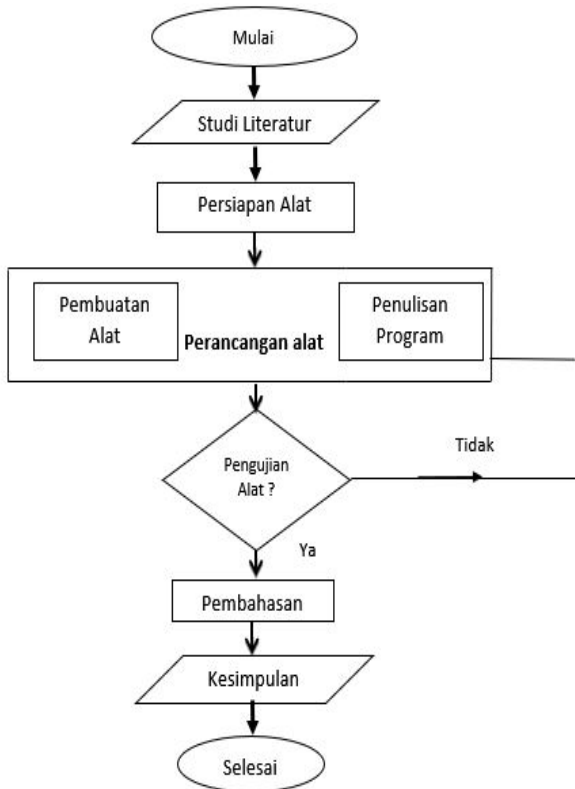
- 1) Aki 12VDC : Sebagai suplai utama 12VDC ke *inverter* sekaligus juga untuk menghidupkan alat yang dibuat.
- 2) *Inverter* : Digunakan untuk konversi tegangan awal 12 VDC menjadi 220 VAC.
- 3) *Keypad* 3x4 : Digunakan sebagai input nilai daya.
- 4) Relai : Menghubungkan/memutuskan aliran listrik dan bekerja berdasarkan perintah dari Arduino apabila terjadi penggunaan nilai daya berlebih.
- 5) Sensor Arus : Sensor untuk melakukan pembacaan nilai arus.
- 6) Sensor Tegangan : Sensor untuk melakukan pembacaan tegangan 220 VAC.
- 7) Arduino Uno : Mikrokontroler yang digunakan pada alat ini yang berfungsi untuk melakukan pengontrolan/pemrosesan serta perintah pada komponen ataupun sensor berdasarkan program yang sudah dibuat.
- 8) Beban : Terdapat pada peralatan elektronik yang akan dicoba pada alat proteksi.

Dari blok diagram dapat dijelaskan bahwa agar beban mendapatkan aliran listrik, alat proteksi harus mendapatkan suplai tegangan yang awalnya 12 VDC kemudian dikonversikan *inverter* menjadi tegangan 220 VAC. Kemudian *Relai* dan sensor arus dihubungkan secara paralel apabila sudah ada tegangan masuk maka sensor tegangan membaca nilai tegangan yang dihasilkan dari *inverter* untuk nilai arus akan didapat apabila sudah ada beban pada alat . Selanjutnya digunakan peralatan elektronik sebagai beban, ada dua kondisi *inverter* tetap bekerja yaitu saat nilai daya beban yang di coba tidak melebihi nilai daya yang di set maka tegangan tetap mengalir ataupun sebaliknya. Untuk nilai daya set bisa diatur menggunakan *keypad* 3x4.

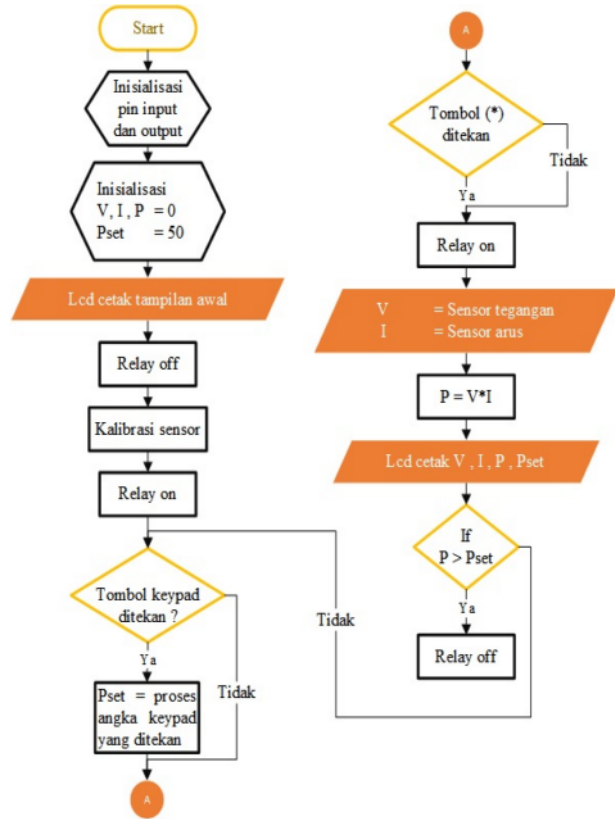
Untuk *flowchart* penggunaan alat dalam kondisi digunakan dapat dilihat pada Gambar 12 sedangkan diagram blok alat pada Gambar 13.

F. Perancangan Perangkat Keras

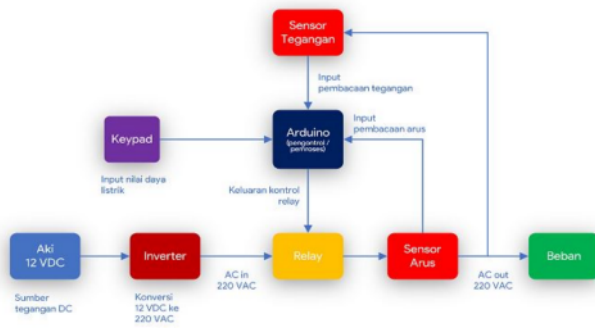
Pada perancangan perangkat keras ini akan dijelaskan mengenai hubungan keseluruhan antara setiap komponen yang digunakan. Seperti pada Gambar 14.



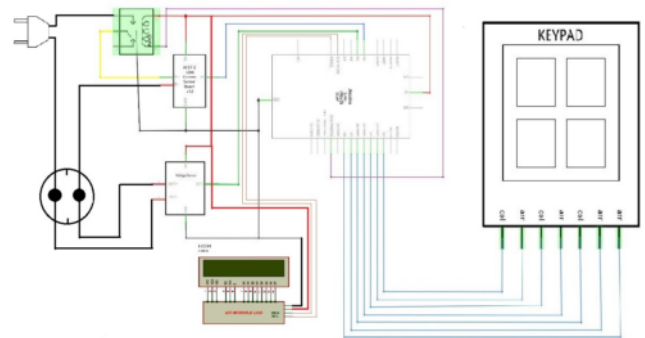
Gambar 11. Flowchart Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 12. Flowchart Alat



Gambar 13. Diagram Blok Alat



Gambar 12. Perancangan Perangkat Keras

1) *Relai 1 Channel Optocoupler*

Proses bagian ini menjelaskan tentang hubungan *Relai* ke arduino uno serta data logika masuk ke Arduino,DC+ ke VCC,DC- ke GND,dan IN ke D10.

2) *Sensor Arus AC*

Proses bagian ini menjelaskan tentang hubungan sensor arus ke arduino Uno, VCC ke 5V,GND ke GND,dan OUT ke A0

3) *LCD 16x2*

Pada Proses ini menjelaskan tentang hubungan LCD 16x2 ke Arduino Uno,VCC ke 5V,GND ke GND,SDA ke A4,SCL ke A5.

4) *Sensor Tegangan AC*

Pada Proses ini menjelaskan tentang hubungan sensor tegangan disambungkan ke Arduino Uno,VCC ke 5V,GND ke GND,dan OUTPUT ke A1.

5) *Keypad 3x4*

Pada Proses ini menjelaskan tentang hubungan dari keypad 3x4 ke pin digital Arduino Uno yang dimulai dari D2 sam pai D10.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perancangan yang dibahas pada bab sebelumnya dimana untuk mengetahui kinerja, hasil dan manfaat dari alat yang telah dibuat maka dilakukan proses pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu membaca nilai tegangan *inverter*, arus, daya dari sebuah beban serta memasukan nilai daya set yang berguna sebagai pembatas yang bisa digunakan.

A. *Pengujian Menggunakan Kipas Angin*

Dari hasil data yang didapat bahwa perbedaan dari alat

proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan berkisar 11 (V), arus 0,03 (A), dan daya 7 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 50 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Untuk spesifikasi dari kipas angin yang digunakan 220V – 240V 45W. Hasil dapat dilihat pada Table 1.

B. Pengujian Menggunakan 1 Balon Lampu

Dari hasil data yang didapat bahwa perbedaan dari alat proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan 8 (V), arus 0,04 (A) dan daya 8 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 50 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Untuk spesifikasi lampu yaitu 220V – 240V 15 W. Terlihat jelas selisih daya yang lumayan besar dari kedua alat yang diuji, ini membuktikan bahwa kalibrasi dari sensor arus yang masih kurang tepat. Hasil dapat dilihat pada Tabel II.

C. Pengujian Menggunakan 2 Balon Lampu

Dari hasil data yang didapat bahwa perbedaan antara alat proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan 8 (V), arus 0,06 (A), dan daya 14 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 50 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Dengan perbedaan yang jauh dari kedua alat tersebut ini membuktikan bahwa nilai tegangan dan arus berpengaruh pada nilai daya yang didapat. Selisih nilai arus pada alat proteksi bisa dipengaruhi oleh kalibrasi atau nilai *error* dari sebuah komponen. Hasil dapat dilihat pada Tabel III.

D. Pengujian Menggunakan 3 Balon Lampu

Dari hasil data yang didapat bahwa perbedaan antara alat proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan 7 (V), arus 0,01 (A), dan daya 1 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 50 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan

terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Untuk nilai yang didapat ini perbedaannya hanya sedikit. Hasil dapat dilihat pada Tabel IV.

E. Pengujian Menggunakan 4 Balon Lampu

Dari hasil yang didapat bahwa perbedaan antara alat proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan 6 (V), arus 0,02 (A), dan daya 6 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 50 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Nilai selisih dari kedua alat tersebut tidak jauh. Hasil dapat dilihat pada Tabel V.

F. Pengujian Menggunakan Lampu Halogen

Dari hasil yang didapat bahwa perbedaan antara alat proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan 11 (V), arus 0,08 (A), dan daya 20 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 200 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Nilai selisih dari kedua alat tersebut tidak jauh. Hasil dapat dilihat pada Tabel VI.

G. Pengujian Menggunakan Hairdryer

Dari hasil yang didapat bahwa perbedaan antara alat proteksi dan *wattmeter* yaitu tegangan 4 (V), arus 0,03 (A), dan daya 10 (W). Daya set yang digunakan pada alat proteksi yaitu 450 (W), sementara untuk nilai pada saat tidak ada tegangan, arus dan daya yaitu 0. Keadaan mati akan terjadi apabila daya dari beban melewati batas daya set. Nilai selisih dari kedua alat tersebut tidak jauh.

TABEL I
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN KIPAS ANGIN

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	235	224	0,20	0,17	47	40	15 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

TABEL II
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN 1 BALON LAMPU

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	233	225	0,10	0,06	23	15	10 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

TABEL III
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN 2 BALON LAMPU

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	231	223	0,20	0,14	46	32	10 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

TABEL IV
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN 3 BALON LAMPU

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	230	223	0,20	0,21	46	47	10 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

TABEL V
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN 4 BALON LAMPU

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	228	222	0,30	0,28	68	62	10 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

TABEL VI
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN LAMPU HALOGEN

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	226	215	0,70	0,62	158	135	10 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

TABEL VII
 PENGAMATAN MENGGUNAKAN HAIRDRYER

No	Tegangan (V)		Arus (I)		Daya (W)		Waktu
	A P	W M	A P	W M	A P	W M	
1.	209	205	1,20	1,17	250	240	10 Menit
2.	0		0		0		3 Detik

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian serta pembahasan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan yaitu : Sistem yang dirancang telah dapat melakukan tahap pembacaan nilai dari tegangan arus daya serta melakukan proteksi berdasarkan tujuan dari alat ini dibuat.

Nilai yang didapat dari alat proteksi ini tidak berbanding jauh dari alat *wattmeter* yang digunakan sebagai pembandingan. Nilai yang didapat yaitu tegangan 4V - 11V, arus 0,01A – 0,08A, dan daya 1W – 20W.

Nilai yang didapat tidak sama persis dengan alat pembandingan bisa disebabkan range *error* atau kalibrasi pada sensor tersebut. Waktu yang dipakai untuk menguji alat dalam keadaan ON dan terhubung dengan beban yaitu selama 0 - 15 menit sedangkan pada saat keadaan OFF yaitu 3 detik. Untuk waktu OFF tergantung dari seberapa lama kita memasukan kembali daya set dan lama penggunaan alat proteksi ini menyesuaikan kapasitas berapa lama aki yang bisa digunakan.

B. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut kedepannya disarankan untuk dicoba pada skala penggunaan daya yang lebih besar dan nilai yang didapat bisa ditampilkan pada aplikasi

Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD Ebenhaezer Melonguane (2002-2008), SMP Negeri 1 Melonguane (2008 - 2011), SMA Negeri 1 Melonguane (2011-2014).

Pada tahun 2014, penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Elektronika dan Instrumentasi. Dalam menempuh pendidikan penulis aktif



dalam beberapa kegiatan di dalam dan luar lingkungan kampus terutama dalam kegiatan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi UNSRAT Manado.

Pada tahun 2018 penulis melaksanakan kerja praktek di PT. PLN Area Ternate. Penulis selesai melaksanakan pendidikan di fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada bulan Oktober 2019.

V. KUTIPAN

- [1] V. T. Bawotong, D. J. Mamahit, M. Eng, and S. R. U. A. Sompie, "Rancang Bangun Uninterruptible Power Supply Menggunakan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 1-7, 2015.
- [2] Dickson Kho, "Pengertian *Inverter* dan Prinsip Kerjanya." [Online]. Available: https://teknikelektronika.com/pengertian_inverter-prinsip-kerja-power_inverter/.
- [3] T. Nusa, S. R. U. A. Sompie, and E. M. Rumbayan, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. 5, pp. 19-26, 2015.
- [4] Mario, B. P. Lapanporo, and Muliadi, "Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATmega328P," *ProQuest Diss. Theses*, vol. VI, no. 01, p. 329, 1997.
- [5] "Karakteristik Sensor Arus ACS712." [Online]. Available: <http://www.andalanelektro.id/2018/11/karakteristik-sensor-arus-ac712.html>.
- [6] J. Sitepu, "Fungsi Rangkaian *Optocoupler* Sebagai *Switch*," 2018.
- [7] TUTORIAL KEYPAD 4x4 ARDUINO DAN 4x4 TAMPIL LCD
[HTTPS://MIKROAVR.COM/TUTORIAL-KEYPAD-ARDUINO-LCD/](https://mikroavr.com/tutorial-keypad-arduino-lcd/)
- [8] Dickson Kho, "Pengertian Dan Prinsip Kerja LCD." [Online]. Available: <http://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd>.
- [9] M. Junaldy *et al.*, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 9-14, 2019.
- [10] T. Elektro, U. Sam, R. Manado, and J. K. B. Manado, "Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 167-174, 2018.

TENTANG PENULIS

Penulis bernama lengkap Andre Jason Maabuat, anak ke 3 dari 3 bersaudara dari pasangan suami istri Drs. Marthin Luther Maabuat (ayah) dan Almh. Lientje Hertha Lungari (ibu), lahir di Lirung pada tanggal 14 April 1997.