

**PEMBUATAN ALAT *MONITORING* ARUS DAN TEGANGAN
BERBASIS ARDUINO UNO MELALUI LCD DAN *DESKTOP*
CLIENT PADA PLTB 500 W**

(Study Penelitian di Nano Center Indonesia)



ROMARIO PURBA

5115128595

Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN ALAT *MONITORING* ARUS DAN TEGANGAN BERBASIS
ARDUINO UNO MELALUI LCD DAN *DESKTOP CLIENT* PADA PLTB

500 W

ROMARIO PURBA / 5115128595

PANITIA UJIAN SKRIPSI

| NAMA DOSEN | TANDA TANGAN | TANGGAL |
|---|--|--------------|
| Drs. Purwanto G., M.T (Ketua Penguji) |  | 16.02.2017 |
| Massus Subekti, M.T (Sekretaris) |  | 16/2 - 2017 |
| Moch. Djaohar, M.Sc (Dosen Ahli) |  | 16/02 - 2017 |
| Muhammad Rifan, S.T., M.T (Dosen Pembimbing I) |  | 17.02.2017 |
| Dr. Suyitno, M.Pd (Dosen Pembimbing II) |  | 17.02.2017 |

Tanggal Lulus : 7 Februari 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing dan pihak Nano Center Indonesia.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 10 Februari 2017
Yang membuat pernyataan



Romario Purba
5115128595

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pembuatan Alat *Monitoring* Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno Melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W” sebagai persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektro pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam mengerjakan skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, semangat, saran-saran, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Massus Subekti, M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
2. Muhammad Rif’an, S.T., M.T dan Dr. Suyitno, M.Pd selaku dosen pembimbing, dan Dr. Nurul Taufiq Rochman, M.Eng selaku pembimbing industri yang telah membimbing penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini
3. Seluruh dosen Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan nasihat guna menambah pengetahuan dan pengalaman bagi penulis
4. Ayahku tercinta Alm. Mudin Martinus Purba, Mamaku tercinta Lisbeth Dahlia Sibarani, adik-adikku tersayang Monica Purba dan Brigita Zabrina Zefanya Purba beserta seluruh keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan semangat tiada henti kepada penulis
5. Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta khususnya angkatan 2012 Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Non Reguler yang selalu memberikan semangat kepada penulis
6. Seluruh pihak Nano Center Indonesia yang telah membimbing dan memberi motivasi kepada penulis
7. Keluarga besar Fuad Hasan, Alvaro Gavriel Purba, Bekasi *Keleus*, Kontrakan, Kostan yang selalu memberikan doa, semangat dan tempat bagi penulis untuk mengerjakan skripsi
8. Serta semua pihak yang belum saya sebutkan dalam membantu penyelesaian skripsi ini

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Jakarta, 10 Februari 2017
Penulis

Romario Purba
5115128595

ABSTRAK

Romario Purba, *Pembuatan Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno Melalui LCD dan Desktop Client Pada PLTB 500 W*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing: Muhamad Rif'an, S.T.,M.T., dan Dr. Suyitno, M.Pd.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis *Arduino Uno* melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W yang akurat. Penelitian ini dilaksanakan di Nano Center Indonesia yang beralamat di Jl. Raya Bogor Km. 47, Cibinong, Kab. Bogor (Gd. Pusat Inovasi LIPI) yang dimulai pada bulan April 2016 hingga Januari 2017.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan pengukuran. Pembuatan alat terdiri dari pembuatan *hardware* dan *software*. *Hardware* sesuai dengan desain dan rencana pembuatan alat yang telah dibuat. *Software* dibuat menggunakan bahasa C Arduino pada Arduino IDE.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ACS712 20 A dapat mengukur arus dari PLTB dengan akurasi sebesar 93,45% dan *Voltage Sensor* 25 V dapat mengukur tegangan dari PLTB dengan akurasi sebesar 96,31%. Program yang telah dibuat tidak memiliki *error* dan dapat di-*upload* ke papan Arduino Uno.

Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran, dapat disimpulkan bahwa Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* ini dapat digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada PLTB 500 W dengan akurat.

Kata kunci : *Monitoring, Arus, Tegangan, Arduino Uno, PLTB*

ABSTRACT

Romario Purba, The Making of Current and Voltage Monitoring Device Based on Arduino Uno Through LCD and Desktop Client on PLTB 500 W. Paper. Jakarta, Education Program of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2017. Lecturer : Muhamad Rif'an, S.T.,M.T., and Dr. Suyitno, M.Pd

This study aims to produce accurate Current and Voltage Monitoring Device Based on Arduino Uno Through LCD and Desktop Client. This study was conducted at Nano Center Indonesia with address at Jl. Raya Bogor Km. 47, Cibinong, Kab. Bogor (Gd. Pusat Inovasi LIPI) starting from April 2016 until Januari 2017.

This study using experiment and measuring methode. The making of device consists of making of hardware and software. Hardware corresponding with design and plan that already made. Software made using C Arduino on Arduino IDE.

Result from this study show that ACS712 20 A can measure current from PLTB with accuracy 93,45% and Voltage Sensor 25 V can measure voltage from PLTB with accuracy 96,31%. Program that have been made do not have error and can be uploaded to Arduino Uno board.

After test and measurement, can be concluded that this Current and Voltage Monitoring Device Based on Arduino Uno Through LCD and Desktop Client can used to measure current and voltage at PLTB 500 W accurately.

Keywords : Monitoring, Current, Voltage, Arduino Uno, PLTB

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| HALAMAN SAMPUL (COVER) | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| | |
| BAB I | |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 3 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4 Perumusan Masalah | 4 |
| 1.5 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II | |
| TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Kajian Teoritik | 5 |
| 2.1.1 Alat..... | 5 |
| 2.1.2 <i>Monitoring</i> | 5 |
| 2.1.3 Arus | 5 |
| 2.1.4 Tegangan..... | 6 |
| 2.1.5 Hukum Ohm..... | 7 |
| 2.1.6 Alat Monitoring Arus dan Tegangan | 8 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2.1.7 | Pembangkit Listrik Tenaga Bayu..... | 8 |
| 2.1.7.1 | Energi Angin..... | 8 |
| 2.1.7.2 | Kondisi Angin..... | 9 |
| 2.1.7.3 | Turbin Angin..... | 10 |
| 2.1.7.4 | Komponen Turbin Angin | 14 |
| 2.1.8 | Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) 500 W..... | 19 |
| 2.1.9 | Arduino Uno | 19 |
| 2.1.9.1 | Arduino IDE (<i>Integrated Development Environment</i>) | 22 |
| 2.1.10 | LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) | 24 |
| 2.1.11 | Arduino <i>Ethernet Shield</i> | 25 |
| 2.1.12 | HTML | 27 |
| 2.1.12.1 | Struktur Dasar HTML..... | 27 |
| 2.1.12.2 | HTML <i>Tables</i> | 28 |
| 2.1.13 | LAN (<i>Local Area Network</i>) | 30 |
| 2.1.13.1 | Jaringan <i>Peer to Peer</i> | 31 |
| 2.1.13.2 | Jaringan <i>Client-Server</i> | 32 |
| 2.1.14 | Akurasi | 33 |
| 2.1.15 | <i>Desktop Client</i> | 34 |
| 2.1.16 | Nano Center Indonesia..... | 34 |
| 2.2 | Konsep Prosedur Penelitian | 35 |
| 2.3 | Blok Diagram..... | 36 |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | 38 |
| 3.1 | Tempat dan Waktu Penelitian | 38 |
| 3.2 | Alat dan Bahan Penelitian..... | 38 |
| 3.2.1 | Alat Penelitian..... | 38 |
| 3.2.2 | Bahan Penelitian..... | 39 |
| 3.3 | Diagram Alir Penelitian | 41 |
| 3.3.1 | Desain Alat..... | 44 |
| 3.4 | Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data | 46 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data | 51 |

| | | |
|---------------|-------------------------------------|-----------|
| BAB IV | HASIL PENELITIAN | 52 |
| 4.1 | Deskripsi Hasil Penelitian | 52 |
| 4.1.1 | Pemrograman Alat | 52 |
| 4.1.2 | <i>Hardware</i> | 52 |
| 4.1.3 | Pengujian dan Pengukuran Data | 53 |
| 4.2 | Analisa Data Penelitian | 56 |
| 4.3 | Pembahasan | 61 |
| 4.3.1 | Kelebihan dan Kekurangan Alat | 62 |
| 4.3.1.1 | Kelebihan Alat | 62 |
| 4.3.1.2 | Kekurangan Alat | 62 |
| 4.4 | Aplikasi Hasil Penelitian..... | 63 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | 64 |
| 5.1 | Kesimpulan | 64 |
| 5.2 | Saran | 65 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 66 |
| | LAMPIRAN..... | 68 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Skala Beaufort | 9 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno..... | 21 |
| Tabel 2.3 Pin-pin di LCD | 25 |
| Tabel 2.4 Versi HTML..... | 27 |
| Tabel 2.5 <i>Tag-tag</i> pada HTML <i>Table</i> | 30 |
| Tabel 3.1 Alat Penelitian | 38 |
| Tabel 3.2 Peralatan Penelitian..... | 39 |
| Tabel 3.3 Bahan Penelitian | 39 |
| Tabel 3.4 Pengujian Sensor Arus ACS712 20 A | 47 |
| Tabel 3.5 Pengujian <i>Voltage Sensor</i> | 47 |
| Tabel 3.6 Pengujian Tampilan LCD | 48 |
| Tabel 3.7 Pengujian LED Indikator | 49 |
| Tabel 3.8 Pengujian Program | 50 |
| Tabel 3.9 Pengujian <i>Desktop Client</i> | 50 |
| Tabel 3.10 Pengujian <i>Micro SD Card</i> | 51 |
| Tabel 4.1 Pengujian Sensor Arus ACS712 20 A | 57 |
| Tabel 4.2 Pengujian <i>Volatage Sensor</i> | 58 |
| Tabel 4.3 Pengujian Tampilan LCD | 59 |
| Tabel 4.4 Pengujian LED Indikator | 59 |
| Tabel 4.5 Pengujian Program..... | 60 |
| Tabel 4.6 Pengujian <i>Desktop Client</i> | 60 |
| Tabel 4.7 Pengujian <i>Micro SD Card</i> | 61 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal | 11 |
| Gambar 2.2 Spesifikasi Turbin Angin A-wing International..... | 12 |
| Gambar 2.3 Turbin Angin Sumbu Vertikal..... | 13 |
| Gambar 2.4 Luminous 12 V 100Ah..... | 16 |
| Gambar 2.5 Baterai dan Hambatan Internalnya | 17 |
| Gambar 2.6 Arduino Uno..... | 19 |
| Gambar 2.7 Tampilan Awal Arduino IDE | 22 |
| Gambar 2.8 Bagian-bagian Arduino IDE..... | 23 |
| Gambar 2.9 <i>Liquid Crystal Display</i> 2 X 16 | 24 |
| Gambar 2.10 Arduino <i>Ethernet Shield</i> | 26 |
| Gambar 2.11 Struktur Dasar Halaman HTML..... | 28 |
| Gambar 2.12 Contoh Halaman HTML Untuk Membuat Sebuah Tabel | 29 |
| Gambar 2.13 Tabel Hasil Halaman HTML..... | 30 |
| Gambar 2.14 Blok Diagram Alat | 37 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 41 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Alat Melalui LCD | 42 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Alat Melalui <i>Desktop Client</i> | 43 |
| Gambar 3.4 Desain Alat Keseluruhan..... | 44 |
| Gambar 3.5 Desain Alat Tampak Depan | 45 |
| Gambar 3.6 Desain Alat Tampak Belakang..... | 45 |
| Gambar 3.7 Rangkaian Alat..... | 46 |
| Gambar 4.1 Alat Monitoring Arus dan Tegangan | 53 |
| Gambar 4.2 Pengukuran Arus PLTB Menggunakan AVO Meter | 54 |
| Gambar 4.3 Pengukuran Tegangan PLTB menggunakan AVO Meter..... | 54 |
| Gambar 4.4 Pengujian Tampilan <i>Desktop Client</i> | 55 |
| Gambar 4.5 Pengujian <i>Verify sketch</i> | 55 |
| Gambar 4.6 Pengujian <i>Upload Sketch</i> | 55 |
| Gambar 4.7 Pengujian Tampilan LCD..... | 56 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1 : Pemasangan Sudu-sudu Turbin Angin | 68 |
| Lampiran 2 : Pemasangan Bagian Hub Turbin Angin | 68 |
| Lampiran 3 : Pemasangan Tower | 69 |
| Lampiran 4 : Pemasangan <i>Tail Vane</i> | 69 |
| Lampiran 5 : Lubang Tempat Memasang LCD dan Lampu Indikator | 70 |
| Lampiran 6 : Pemasangan kabel di pin LCD | 70 |
| Lampiran 7 : Pemasangan ACS712 20 A dan <i>Voltage Sensor 25 V</i> | 71 |
| Lampiran 8 : Pemasangan kabel di Lampu LED Indikator | 71 |
| Lampiran 9 : Pemasangan Resistor untuk Membuat <i>Voltage Divider</i> | 71 |
| Lampiran 10 : Pemasangan Resistor 220 Ω untuk Membatasi Arus pada LED | 72 |
| Lampiran 11 : Pemasangan Terminal 5 V..... | 72 |
| Lampiran 12 : Pemasangan Resistor 220 Ω dan 1 K Ω untuk LCD | 72 |
| Lampiran 13 : Pemasangan Terminal <i>Ground</i> | 73 |
| Lampiran 14 : Program melalui LCD | 73 |
| Lampiran 15 : Program melalui <i>Desktop Client</i> | 81 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah seperti minyak bumi, batu bara, air, angin dan lain-lain. Dari beberapa sumber daya alam tersebut, minyak bumi masih cukup banyak digunakan meskipun persediaannya makin menipis. Padahal masih banyak sumber daya alam lain yang masih bisa digunakan energinya dan jumlahnya berlimpah di Indonesia.

Salah satu sumber daya alam yang jumlahnya berlimpah di Indonesia adalah angin. Berdasarkan pemetaan yang dilakuakn oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) terhadap 120 lokasi yang ada di Indonesia, terdapat beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/s. Wilayah tersebut diantaranya adalah Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa. Kecepatan angin tersebut tergolong skala menengah dengan potensi kapasitas sekitar 10-100 kW. Menurut Kepala Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi yakni Marzan Aziz Iskandar, beberapa lokasi di Indonesia merupakan ladang angin yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik hingga 900 MW. Lokasi ladang angin tersebut antara lain berada di bagian selatan Pulau Jawa, Sulawesi, dan Nusa Tenggara Timur.

Beberapa daerah di Indonesia telah dibuat pembangkit listrik tenaga bayu mulai dari yang berkapasitas kecil hingga yang berkapasitas besar. Dalam pengoperasiannya, pembangkit listrik tenaga bayu memanfaatkan energi angin untuk

menggerakkan turbin angin yang telah dipasang satu *shaft* dengan poros rotor pada generator. Ketika rotor generator ikut berputar maka akan dihasilkan listrik yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu akan berfluktuatif sepanjang waktu karena kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin akan berubah-ubah. Jika pengukuran dilakukan selama satu jam menggunakan alat ukur secara manual, seluruh hasil pengukuran setiap waktu yang berbeda-beda tidak mungkin untuk diingat. Untuk alat monitoring yang membutuhkan adanya koneksi internet, pengoperasiannya juga akan terganggu apabila daerah tersebut sering atau sedang mengalami gangguan koneksi internet.

Saat ini telah banyak dijual mikrokontroler, sensor, dan komponen elektronika lain yang memiliki fungsi yang beragam untuk mempermudah kegiatan manusia, salah satunya dalam hal pengukuran. Sensor dapat memudahkan kegiatan manusia dalam hal pengukuran yang biasanya dilakukan secara manual. Salah satunya menggunakan sensor arus. Selain sensor arus untuk mengukur arus, sebuah sensor tegangan dapat digunakan untuk mengukur tegangan. Hasil pengukuran tersebut dapat ditampilkan pada sebuah *display*. Dalam hal ini dibutuhkan sebuah mikrokontroler sebagai pengendali untuk mengatur kerja sensor arus dan sensor tegangan agar dapat menampilkan hasil pengukuran ke *display*.

Oleh karena itu, perlu dibuat sebuah alat monitoring yang dapat mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan pada sebuah pembangkit listrik tenaga angin yang dapat beroperasi tanpa menggunakan koneksi internet.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat dijabarkan beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu :

1. Apakah sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu ?
2. Bagaimanakah membuat alat *monitoring* arus dan tegangan yang dapat beroperasi tanpa menggunakan koneksi internet ?
3. Apakah sensor arus dan sensor tegangan dapat mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu dengan akurat ?
4. Apakah hasil pengukuran arus dan tegangan dapat ditampilkan ke *display* ?
5. Apakah mikrokontroler yang digunakan untuk membuat alat *monitoring* arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu ?

1.3 Pembatasan Masalah

Dari uraian permasalahan yang telah diidentifikasi agar penelitian lebih spesifik dilakukan pembatasan ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. *Monitoring* melalui LCD 2 X 16 dan *Desktop Client* menggunakan 1M CAT.6 Flat UTP Cable
2. Mikrokontroller yang digunakan adalah *Arduino Uno*
3. *Arduino Ethernet Shield* sebagai pendukung *Arduino Uno* agar dapat terhubung ke LAN
4. Resistor 100K untuk membatasi arus listrik yang mengalir ke akumulator
5. *Micro SD card* sebagai media penyimpan data *monitoring*

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini apakah Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis *Arduino Uno* melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W ini dapat mengukur arus dan tegangan dengan akurat ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis *Arduino Uno* melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W yang akurat

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberi manfaat bagi kehidupan masyarakat diantaranya sebagai berikut :

1. Dari segi keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi khususnya pada pengembangan ilmu dibidang kelistrikan yang berhubungan dengan monitoring arus dan tegangan dalam pembangkit listrik tenaga angin maupun pembangkit listrik dengan tenaga lain.
2. Dari segi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pihak industri dalam mengembangkan produknya dalam bidang yang berkaitan dengan Otomasi Industri
3. Bagi dunia pendidikan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan referensi pada mata pelajaran Teknik Otomasi Industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritik

2.1.1 Alat

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2007: 27) alat adalah benda yang dipakai untuk mengerjakan sesuatu; yang dipakai untuk mencapai maksud.

2.1.2 Monitoring

Menurut *Webster's New Collegiate Dictionary* (1981) diacu dalam Soekartawi (1995: 9) monitoring adalah '*a device for observing*' or '*giving admonition or warning*'.

Sementara itu, menurut *Webstern's New World World Dictionary* diacu dalam Soekartiwi (1995: 9) monitoring adalah '*something that reminds or warns*' or '*any of various devices for checking or regulating the performance*'.

Berdasarkan pengertian dari kedua kamus internasional tersebut, dapat disimpulkan bahwa monitoring adalah suatu perangkat untuk mengingatkan, memeriksa, dan mengamati sebuah pelaksanaan.

2.1.3 Arus

Sebuah materi terdiri atas partikel-partikel yang ukurannya sangat kecil. Partikel ini disebut dengan atom yang terdiri atas partikel-partikel sub atom. Sub atom ini tersusun atas electron, proton, dan neutron. Elektron merupakan muatan negatif

listrik yang paling mendasar. Elektron-elektron pada kulit terluar suatu atom disebut elektron-elektron valensi. Jika sebuah energi diberikan pada sebuah materi, maka elektron valensinya dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Apabila energi yang diberikan cukup, sebagian dari elektron-elektron valensi paling luar tersebut akan meninggalkan atomnya dan berubah menjadi elektron bebas. Menurut Gussow (2004: 2) gerakan elektron-elektron bebas inilah yang akan menjadi arus listrik dalam konduktor logam. Besar arus listrik dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.1)$$

Keterangan :

I : Arus Listrik (A)
Q : Muatan Listrik (C)
t : Waktu(s)

2.1.4 Tegangan

Suatu muatan listrik memiliki kemampuan untuk melakukan kerja akibat tarikan atau tolakan yang disebabkan oleh gaya medan elektrostatisnya. Kemampuan melakukan kerja ini disebut potensial (Gussow, 2004: 2). Saat dua muatan terpisahkan oleh jarak akan timbul potensial listrik diantara keduanya. Jika muatan listrik sama (negatif dan negatif atau positif dan positif) potensial listrik akan saling tolak menolak sedangkan jika muatan listrik berbeda (negatif dan positif) potensial listrik akan saling tarik menarik. Ketika dua muatan positif dan negatif ditempatkan dalam suatu tempat bersama dengan muatan uji positif, muatan uji positif tersebut

akan mempengaruhi kedua muatan. Muatan uji positif tersebut akan ditarik oleh muatan negatif dan didorong muatan positif sehingga bergerak menuju muatan negatif. Ketika muatan uji positif tersebut bergerak, maka energi potensialnya akan berubah. Besarnya energi yang diperlukan dalam memindahkan muatan tersebut didefinisikan sebagai tegangan. Besar tegangan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$V = \frac{E_p}{Q} \quad (2.2)$$

Keterangan :

V : Tegangan/Beda Potensial (V)
E_p : Energi Potensial (J)
Q : Muatan listrik (C)

2.1.5 Hukum Ohm

Menurut Gussow (2004: 13) hukum Ohm mendefinisikan hubungan antara arus (I), tegangan (V), dan resistansi. Terdapat tiga cara untuk menyatakan hukum Ohm ini secara matematis.

1. Arus dalam suatu rangkaian sama dengan tegangan yang diberikan pada rangkaian tersebut dibagi dengan resistansi rangkaian bersangkutan :

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.3)$$

2. Resistansi suatu rangkaian sama dengan tegangan yang diberikan pada rangkaian tersebut dibagi dengan arus yang mengalir dalam rangkaian bersangkutan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.4)$$

3. Tegangan yang diberikan pada suatu rangkaian sama dengan hasil-kali arus dan resistansi rangkaian tersebut :

$$V = I \times R \quad (2.5)$$

2.1.6 Alat Monitoring Arus dan Tegangan

Berdasarkan beberapa pengertian di atas maka dapat disimpulkan bahwa alat monitoring arus dan tegangan adalah benda yang dipakai untuk mengamati besar arus dan tegangan listrik

2.1.7 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau sering disebut Pembangkit Listrik Tenaga Angin merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin untuk menghasilkan listrik. Pada awalnya, energi angin diterima oleh sudu-sudu pada turbin angin. Energi yang telah ditangkap tadi menyebabkan rotor pada turbin angin berputar. Putaran yang dihasilkan tersebut akan dipercepat menggunakan *gear* sehingga cukup cepat untuk memutar rotor pada generator sehingga dihasilkan listrik

2.1.7.1 Energi Angin

Pengertian angin adalah gerakan udara dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah (Daryanto, 2010: 98). Adanya perbedaan tekanan ini menyebabkan udara bergerak dari tempat yang tekanan udaranya lebih tinggi ke tempat yang tekanan udaranya lebih rendah.

Angin memiliki energi kinetik yang dapat dimanfaatkan dengan mengkonversinya menjadi energi lain seperti energi mekanik menggunakan turbin angin. Oleh karena itu, turbin angin juga sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Energi angin ditentukan oleh kecepatannya. Semakin cepat angin bertiup maka semakin besar pula energi kinetik yang dimilikinya.

2.1.7.2 Kondisi Angin

Beberapa daerah memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi seperti daerah pinggir pantai, lepas pantai, padang pasir, padang rumput dan lain-lain. Pada tahun 1805 Francis Beaufort telah membuat skala kecepatan angin yang digunakannya untuk berlayar. Skala tersebut hingga kini masih tetap digunakan secara internasional. Kecepatan angin menurut skala Beaufort dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Skala Beaufort

| Tabel kondisi angin | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
| Kelas Angin | Kecepatan Angin (m/s) | Kecepatan angin (km/jam) | Kecepatan angin (knot/jam) |
| 1 | 0,3 – 1,5 | 1 – 5,4 | 0,58 – 2,92 |
| 2 | 1,6 – 3,3 | 5,5 – 11,9 | 3,11 – 6,42 |
| 3 | 3,4 – 5,4 | 12,0 – 19,5 | 6,61 – 10,5 |
| 4 | 5,5 – 7,9 | 19,6 – 28,5 | 10,7 – 15,4 |
| 5 | 8,0 – 10,7 | 28,6 – 38,5 | 15,6 – 20,8 |
| 6 | 10,8 – 13,8 | 38,6 – 49,7 | 21 – 26,8 |
| 7 | 13,9 – 17,1 | 49,8 – 61,5 | 27,0 – 33,3 |
| 8 | 17,2 – 20,7 | 61,6 – 74,5 | 33,5 – 40,3 |
| 9 | 20,8 – 24,4 | 74,6 – 87,9 | 40,5 – 47,5 |
| 10 | 24,5 – 28,4 | 88,0 – 102,3 | 47,7 – 55,3 |
| 11 | 28,5 – 32,6 | 102,4 – 117,0 | 55,4 – 63,4 |
| 12 | >32,6 | >118 | >63,4 |

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa tidak semua kelas angin dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga bayu. Pada umumnya kecepatan angin kelas 1 dan 2 tidak dapat dimanfaatkan karena terlalu kecil kecepataannya sedangkan untuk kecepatan angin kelas 9 hingga 12 kecepataannya terlalu besar dan sudah bersifat merusak sehingga tidak mungkin untuk dimanfaatkan. Kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan dengan baik untuk pembangkit listrik tenaga bayu berada pada kelas 3 hingga 8.

2.1.7.3 Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat yang mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik. Turbin angin bekerja sebagai kebalikan dari kipas angin (Daryanto, 2010: 93). Jika kipas menggunakan listrik untuk menghasilkan angin, maka turbin angin menggunakan angin untuk menghasilkan listrik. Awal mula, turbin angin digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam pekerjaannya seperti penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Di Denmark, Belanda, dan Negara-negara Eropa lainnya turbin angin lebih dikenal dengan sebutan *Windmill*.

Menurut Andika, dkk. (2007: 18) daya turbin angin tidak sama dengan daya angin dikarenakan daya turbin angin terpengaruh oleh koefisien daya. Oleh karena itu, untuk menghitung besar daya turbin angin sebagai pembangkit listrik tenaga bayu digunakan rumus berikut :

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.6)$$

Keterangan :

P : Daya Turbin Angin (W)

C_p : Koefisien Daya

ρ : Massa Jenis Udara (kg/m^3)

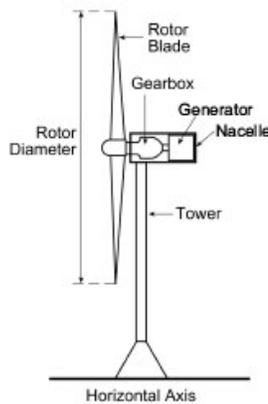
A : Luas Sapuan Rotor (m^2)

V : Kecepatan Angin (m/s)

Dari rumus di atas dapat disimpulkan jika kecepatan angin menjadi dua kali lipat misalnya dari 5 m/s menjadi 10 m/s, maka daya yang dihasilkan akan menjadi delapan kali lipat. Berdasarkan arah sumbunya, turbin angin dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal ialah turbin angin yang memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Bentuk dari Turbin Angin Sumbu Horizontal dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Sumber : Daryanto (2010: 92)

Dengan kata lain, sumbu turbin ini sejajar dengan sumbu X (garis mendatar) pada sistem koordinat Kartesius. Turbin jenis ini memiliki *gearbox* yang ditempatkan di atas *tower* sehingga dalam perawatannya cukup sulit.

Turbin angin yang digunakan pada penelitian ini juga merupakan turbin angin sumbu horizontal yang dibuat oleh A-Wing Internasional. Untuk spesifikasi dari turbin tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.

| 500W Wind Turbine A-WING5 | |
|---|---|
|  | Model No, AWI-E500T |
| | Blades 3 wooden blades, Polyurethane coatng |
| | Rotor Diameter Ø1,558mm |
| | Wind Vane Polycarbonate t=6 |
| | Weight 18 kg |
| | Main Body Aluminum die-cast, Epoxy Polyester powder paint finish |
| | Generator Three Phase Inner Rotor Core-less Generator |
| | Start-up Speed 1.0 m/s |
| | Cut-in Speed 1.5 m/s - 2.0 m/s |
| | Rated Power 500W (Wind Speed 14 m/s) |
| | Braking System Electromagnetic Braking System |
| | Survival Speed 60 m/s |
| | Noise Level 19 dB (3-4 m/s) |
| | Output 24V, Battery Charging |

Gambar 2.2 Spesifikasi Turbin Angin A-Wing Internasional
 Sumber : <http://www.awing-i.com>

Turbin angin yang memiliki tipe sumbu horizontal memiliki kekurangan sebagai berikut :

- a. Membutuhkan kontruksi *tower* yang besar dan cukup kuat untuk menopang beban *gear box, blade* dan juga generator.
- b. Memerlukan adanya *brake system* agar turbin tetap berkerja pada titik aman ketika kecepatan angin melebihi *cut out speed* dari turbin tersebut.

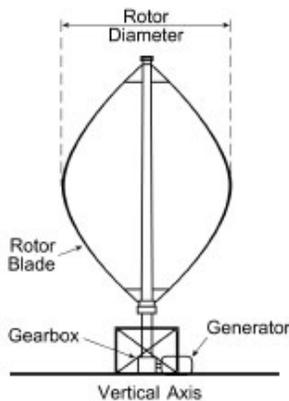
- c. Membutuhkan *passive yawing*. Salah satunya adalah menggunakan ekor pengarah (*tail vane*) untuk mengarahkan posisi turbin ke arah angin.
- d. Konstruksi tower yang tinggi mengganggu pandangan dan dapat mengganggu radar di sekitar daerah bandara.

Namun turbin angin sumbu horizontal juga memiliki kelebihan yaitu sebagai berikut :

- a. Tower yang tinggi memudahkan turbin untuk mendapatkan angin dengan kecepatan yang besar.
- b. Efisiensi lebih tinggi jika dibandingkan turbin angin sumbu vertikal.

2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Turbin angin sumbu vertikal memiliki poros atau sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Bentuk dari Turbin Angin Sumbu Vertikal dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Turbin Angin Sumbu Vertikal
Sumber : Daryanto (2010: 92)

Dengan kata lain, sumbu turbin ini sejajar dengan sumbu Y (garis tegak) pada sistem koordinat Kartesius. Turbin jenis ini memiliki *gearbox* yang ditempatkan

dekat tanah sehingga tidak memerlukan *tower* yang tinggi dan mudah dalam perawatannya. Turbin angin yang memiliki tipe sumbu vertikal memiliki kekurangan sebagai berikut :

- a. Torsi awal rendah sehingga membutuhkan dorongan dari luar untuk berputar.
- b. Hanya dapat memanfaatkan kecepatan angin yang rendah karena diletakkan dekat dengan tanah.
- c. Umumnya hanya dapat memproduksi 50% dari energi listrik yang dapat diproduksi oleh turbin angin sumbu horizontal.

Namun turbin angin sumbu horizontal juga memiliki kelebihan yaitu sebagai berikut :

- a. Tidak membutuhkan ekor pengarah (*tail vane*) karena bilah rotornya vertikal.
- b. Perawatannya mudah karena letaknya dekat dengan tanah.
- c. Memiliki *tip speed ratio* yang lebih rendah sehingga saat angin yang berhembus kencang, kecil kemungkinan rusak.

2.1.5.4 Komponen Turbin Angin

Turbin angin yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga bayu terdiri dari berbagai komponen. Komponen tersebut memiliki peran tersendiri yaitu sebagai berikut :

1. Sudu (*Blade*)

Sudu merupakan bagian dari rotor turbin angin yang berfungsi menerima energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada poros (*shaft*) rotor. Turbin angin dapat memiliki jumlah sudu 1, 2, 3 atau lebih.

2. *Hub*

Hub merupakan bagian dari rotor yang fungsinya untuk menghubungkan sudu (*blade*) dengan poros (*shaft*).

3. *Gearbox*

Gearbox merupakan alat yang fungsinya untuk mengubah putaran rendah pada rotor turbin menjadi putaran tinggi agar sesuai dengan putaran tinggi pada generator. Pada umumnya, *gearbox* yang digunakan sekitar 1 : 60. Berarti, jika putaran rendah pada rotor turbin besarnya 60 rpm maka rotor generator berputar dengan kecepatan 3600 rpm. Untuk pemeliharannya, perlu dilumasi oli agar permukaan *gear* tetap pada ukuran awal.

4. *Brake*

Brake berfungsi untuk menghentikan putaran poros (*shaft*) rotor saat perbaikan atau perawatan serta sebagai pengaman. Generator akan menghasilkan energi listrik maksimal ketika bekerja pada titik kerja yang tepat. Kecepatan angin yang terlalu besar menyebabkan putaran pada poros (*shaft*) rotor generator terlalu cepat, sehingga jika tidak ditangani maka hal ini dapat merusak generator. Putaran yang berlebihan pada generator dapat menyebabkan *overheat*, rotor *breakdown*, kawat pada generator putus dan lain-lain.

5. *Generator*

Generator adalah salah satu komponen terpenting yang fungsinya mengubah energi gerak berupa putaran pada poros (*shaft*) menjadi energi listrik. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan generator dapat berupa AC (*Alternating Current*) atau DC (*Direct Current*).

6. Ekor Pengarah (*Tail Vane*)

Ekor pengarah (*Tail vane*) merupakan salah satu *passive yawing*. Fungsi dari ekor pengarah (*tail vane*) adalah mengarahkan posisi turbin angin agar menghadap ke arah datangnya angin.

7. *Nacelle*

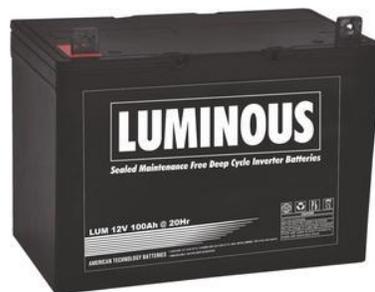
Nacelle merupakan rumah bagi beberapa komponen turbin angin, seperti : generator, *gearbox*, dan *brake*. Dengan adanya *nacelle*, komponen tersebut tidak terkena kontak fisik dengan benda asing.

8. *Tower*

Tower merupakan tiang yang berfungsi untuk menopang seluruh komponen turbin angin yang berada di atasnya, seperti : *nacelle*, *tailvane*, dan *hub*.

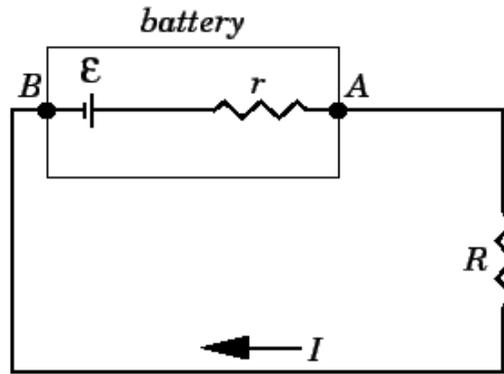
9. Baterai

Baterai adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi listrik yang dihasilkan saat turbin angin berputar. Baterai menyimpan energi listrik dengan mengubah energi tersebut menjadi energi kimia. Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah Luminous 12 V 100 Ah seperti yang tampak pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Luminous 12 V 100 Ah
Sumber : <http://www.luminous.co.id>

Baterai dapat dimodelkan sebagai emf \mathcal{E} yang dihubungkan seri dengan sebuah resistor r yang melambangkan hambatan internalnya seperti yang tampak pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Baterai dan hambatan internalnya
Sumber : <http://farside.ph.utexas.edu>

Ketika baterai digunakan maka energi kimia dirubah kembali menjadi energi listrik. Baterai perlu di-charge agar dapat digunakan kembali. Pada kenyataannya baterai bukan murni sebuah sumber tegangan saja melainkan juga memiliki hambatan internal. Sebuah sumber tegangan murni biasa disebut sebagai ggl (gaya gerak listrik) atau dalam bahasa Inggris biasa dikenal dengan emf (*electromotive force*). Apabila baterai tersebut digunakan mengalirkan arus listrik I melalui sebuah resistor/beban R maka untuk menentukan hambatan internalnya dapat menggunakan Hukum Arus Kirchhoff. Menurut Gussow (2004: 41) Hukum Arus Kirchhoff (KCL) menyatakan bahwa penjumlahan arus yang masuk satu simpul (sambungan) sama dengan penjumlahan arus yang meninggalkan simpul tersebut. Dengan kata lain, penjumlahan semua arus pada satu simpul harus sama dengan nol. Pada simpul A

yang terdapat di Gambar 2.5, Hukum Arus Kirchhoff (KCL) dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\sum I = I_r - I_R = 0 \quad (2.7)$$

$$I_r = I_R \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusi persamaan 2.3 ke dalam persamaan 2.9 :

$$\frac{V_r}{r} = \frac{V_R}{R} \quad (2.9)$$

Maka hambatan internalnya dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$r = \frac{V_r}{V_R} R \quad (2.10)$$

$$r = \frac{\varepsilon - V_R}{V_R} R \quad (2.11)$$

$$r = \left(\frac{\varepsilon}{V_R} - 1 \right) R \quad (2.12)$$

Keterangan :

r : Hambatan internal (Ω)

R : Beban (Ω)

I_r : Arus pada r (A)

I_R : Arus pada R (A)

V_r : Tegangan pada r (V)

V_R : Tegangan pada R (V)

ε : emf baterai (V)

2.1.8 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) 500 W

Berdasarkan beberapa pengertian di atas maka dapat disimpulkan pembangkit listrik tenaga bayu 500 W adalah sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin untuk menghasilkan energi listrik dengan kapasitas sebesar 500 W.

2.1.9 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah papan sirkuit (*circuit board*) berbasis mikrokontroler ATmega328 dan bersifat *open source*. Hal ini berarti kode program *software*-nya dapat dilihat oleh pengguna dan telah disediakan oleh pengembangnya, sehingga siapa saja boleh mengembangkannya untuk keperluan masing-masing. Arduino Uno memiliki ukuran sebesar kartu kredit. Bentuk fisik dari Arduino Uno ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Arduino Uno
Sumber : <https://www.arduino.cc>

Walaupun berukuran kecil seperti itu, papan tersebut mengandung mikrokontroler dan sejumlah *input/output* (I/O) yang memudahkan pemakai untuk menciptakan

berbagai proyek elektronika yang dikhususkan untuk menangani tujuan tertentu (Kadir, 2015: 3). I/O juga sering disebut dengan GPIO (*General Purpose Input Output Pins*) yang berarti : pin yang bisa kita program sebagai input atau output sesuai kebutuhan (Santoso, 2015: 1). Arduino Uno memiliki 14 *digital input/output* yang dapat digunakan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()` (6 *output* dapat digunakan untuk PWM yaitu pin 3,5,6,9,10,11), 6 *analog input*, 16 MHz quartz crystal, koneksi USB, catu daya eksternal, header ICSP, dan tombol *reset*. Beberapa pin digital memiliki fungsi sebagai berikut :

a. Serial : Pin 0 (RX) dan 1 (TX)

Pin ini digunakan untuk menerima (RX) dan (TX) mengirim data serial TTL.

b. Interupsi Eksternal : Pin 2 dan 3

Pin ini digunakan untuk memicu sebuah interupsi pada *low value*, *rising* atau *falling edge* dan perubahan nilai menggunakan fungsi `attachInterrupt()`.

c. PWM : Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11

Pin ini menyediakan output PWM 8 bit (0 hingga 255) menggunakan fungsi `analogWrite()`.

d. SPI : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), dan 13 (SCK)

Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan pustaka (*library*) `SPI.h`

e. LED : Pin 13

Pin ini dibuat untuk koneksi LED (*built-in*) ke pin digital 13. Ketika pin ini bernilai *HIGH*, maka LED menyala dan ketika bernilai *LOW*, maka LED mati.

Untuk 6 pin analog yang berlabel A0 hingga A5, masing-masing memiliki resolusi 10 bit (0 hingga 1023). Pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) mendukung komunikasi

TWI menggunakan pustaka (*library*) Wire.h. Terdapat pula pin *power* untuk kepentingan regulasi suplai untuk Arduino Uno yaitu :

a. V_{in}

Pin untuk tegangan *input* ke Arduino Uno seperti 5 V dari koneksi USB.

b. 5 V

Pin ini merupakan tegangan *output* yang besarnya 5 V yang dihasilkan oleh regulator dari Arduino Uno.

c. 3V3

Pin ini merupakan tegangan *output* yang besarnya 3,3 V yang dihasilkan oleh regulator dari Arduino Uno.

d. GND

Pin ini sebagai jalur *ground* pada Arduino Uno.

Spesifikasi dari Arduino Uno dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno

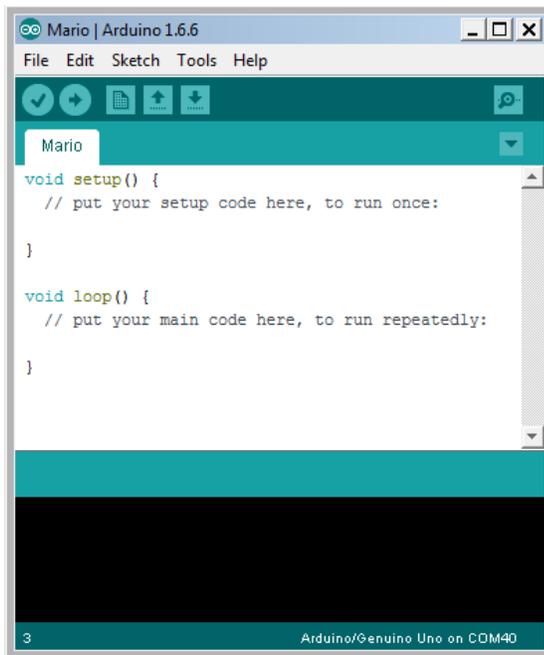
| | |
|-----------------------------|--|
| Mikrokontroler | ATMega328 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| PWM Digital I/O Pins | 6 |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50mA |
| Flash Memory | 32KB (ATMega328P of which 0.5 KB used by bootloader) |
| SRAM | 2 KB (ATMega328) |
| EEPROM | 1 KB (ATMega328) |
| Clock Speed | 16MHz |
| Length | 68.6 mm |

Tabel 2.2 (Lanjutan)

| | |
|--------|---------|
| Width | 53.4 mm |
| Weight | 25 g |

2.1.9.1 Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE merupakan sebuah *software* bawaan dari Arduino yang bersifat *open source*. Pemrogramannya menggunakan bahasa C/C++ dengan penambahan pustaka (*library*) dan fungsi-fungsi standar sehingga lebih mudah untuk dipelajari. *Library* yang tersedia dalam Arduino IDE juga telah menyediakan beberapa contoh *sketch* dan dapat di-*download* gratis di *website* Arduino . Tampilan awal dari Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Tampilan Awal Arduino IDE

Tempat yang berisi kumpulan program yang telah dibuat disebut *sketch*. *Sketch* yang telah dibuat akan di-*save* dalam format hex. Setelah itu di-*upload* ke papan

Arduino. Dari Gambar 2.7 dapat dilihat bahwa *sketch* Arduino IDE terdiri dari dua bagian utama yaitu :

1. `void setup () {}`

Pada bagian ini, *sketch* hanya dieksekusi sekali pada saat awal program dijalankan.

Pada umumnya di bagian ini berisi *sketch* untuk kepentingan inisialisasi.

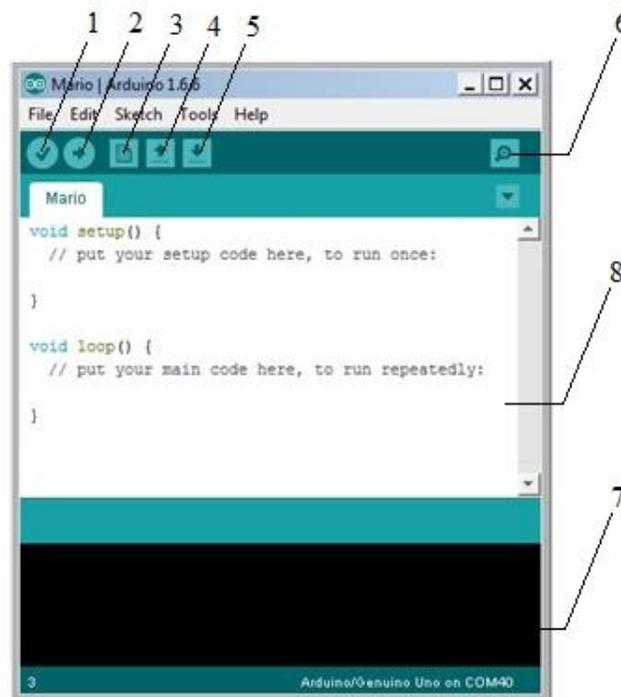
2. `void loop () {}`

Pada bagian ini, *sketch* akan dieksekusi otomatis setelah bagian `void setup () {}`

dieksekusi. Seluruh *sketch* pada bagian ini akan dieksekusi berulang kali selama papan

Arduino mendapatkan catu daya.

Arduino IDE sendiri memiliki beberapa bagian yang memiliki fungsi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Bagian-bagian Arduino IDE

Keterangan :

1. *Verify* : Memeriksa *error* dan *sketch* yang telah dibuat
2. *Upload* : Mengunggah *sketch* yang telah dibuat ke papan Arduino
3. *New* : Membuat *file* baru
4. *Open* : Membuka daftar *sketch* yang telah di-*save*
5. *Save* : Menyimpan *sketch* yang telah dibuat
6. *Serial Monitor* : Menampilkan komunikasi data serial yang dikirim oleh Arduino
7. *Message windows* : Menampilkan status dan pesan *error*
8. *Sketch* : Tempat untuk menulis program

2.1.10 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display adalah sebuah *display* yang menggunakan pemantulan cahaya dari luar untuk menampilkan karakter, huruf dan angka. Salah satunya adalah *Liquid Crystal Display Dot Matrix* HDD4780 ukuran 2 X 16. *Liquid Crystal Display* ini memiliki 2 baris dan 16 kolom. Modul ini dapat diprogram menggunakan *8 bit mode* (D0-D7) atau *4 bit mode* (D4-D7). Modul ini juga memerlukan tiga jalur kontrol (RS, R/W, E) dan menggunakan tegangan VDD sebesar 5 V DC. Bentuk fisik dari LCD 2 X 16 ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Liquid Crystal Display* 2 X 16
Sumber : <https://www.arduino.cc>

Pin RS (*Register Select*) diberi logika rendah (*LOW*) untuk mengirim perintah atau instruksi, sedangkan untuk mengirim data diberi logika tinggi (*HIGH*). Pin R/W (*Read/Write*) diberi logika rendah (*LOW*) untuk mengirim atau menuliskan data, sedangkan untuk membaca data diberi logika tinggi (*HIGH*). Pin E (*Enable*) diberi logika tinggi (*HIGH*) untuk memberi akses ke LCD. Menurut Kadir (2015: 126) keterangan dari 16 pin yang ada pada *Liquid Crystal Display* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pin-pin di LCD

| Nomor Pin | Nama Pin | Keterangan |
|-----------|----------|--|
| 1 | VSS | Dihubungkan ke <i>ground</i> |
| 2 | VDD | Catu daya positif |
| 3 | V0 | Pengatur kontras. Potensiometer 10 K Ω bisa digunakan untuk mengatur tingkat kontras |
| 4 | RS | Register Select : RS = <i>HIGH</i> untuk mengirim data RS = <i>LOW</i> untuk mengirim instruksi |
| 5 | R/W | <i>Read/Write Control Bus</i> R/W = <i>HIGH</i> untuk membaca (<i>read</i>) data di LCD R/W = <i>LOW</i> untuk menuliskan (<i>write</i>) data di LCD |
| 6 | E | <i>Data Enable</i> E = <i>HIGH</i> supaya LCD dapat diakses |
| 7 | DB0 | Data pin 0 |
| 8 | DB1 | Data pin 1 |
| 9 | DB2 | Data pin 2 |
| 10 | DB3 | Data pin 3 |
| 11 | DB4 | Data pin 4 |
| 12 | DB5 | Data pin 5 |
| 13 | DB6 | Data pin 6 |
| 14 | DB7 | Data pin 7 |
| 15 | BLA | Catu daya positif untuk layar |
| 16 | BLK | Catu daya negatif untuk layar |

2.1.11 Arduino Ethernet Shield

Arduino *Ethernet Shield* melengkapi Arduino Uno agar dapat terhubung ke jaringan internet dan berbasis *chip ethernet* Wiznet W5100. Cukup dengan menumpukkan Arduino *Ethernet Shield* di atas Arduino Uno sesuai dengan *pin socket*. Perlu disertakan *Ethernet library* pada saat menuliskan *sketch* di Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) sehingga dapat terhubung ke jaringan internet. Pada Arduino *Ethernet Shield* terdapat sebuah slot *micro SD card* yang dapat digunakan untuk menyimpan *file* untuk berbagai keperluan melalui jaringan. Bentuk fisik dari Arduino *Ethernet Shield* diperlihatkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Arduino *Ethernet Shield*
Sumber : <https://www.arduino.cc>

Slot *microSD card* diakses dengan menggunakan *SD library*. Arduino board berkomunikasi dengan W5100 dan *SD card* menggunakan bus SPI (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi ini diatur oleh *SPI.h* dan *Ethernet.h*. Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada Arduino Uno.

Pin digital 10 digunakan untuk memilih W5100 dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD card*. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan Arduino *Ethernet Shield*. Karena

W5100 dan SD card berbagi bus SPI, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu. Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program kita, hal ini akan ditangani oleh *library* yang sesuai.

2.1.12 HTML

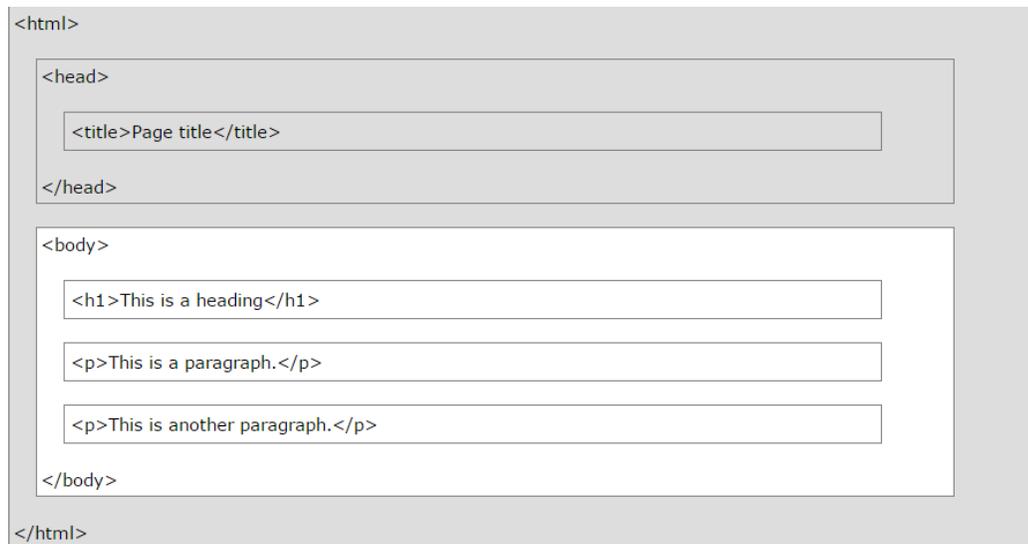
Hyper Text Markup Language merupakan sebuah bahasa yang digunakan untuk menulis atau membuat halaman web. HTML merupakan dokumen ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) yang dirancang agar dapat digunakan pada semua sistem operasi. HTML dibuat oleh Tim Berners Lee yang merupakan ketua dari *World Wide Web Consortium* (W3C). W3C merupakan sebuah badan atau organisasi yang mengontrol standarisasi internasional untuk *World Wide Web*. Versi-versi dari HTML dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Versi HTML

| Versi | Tahun |
|-----------|-------|
| HTML | 1991 |
| HTML 2.0 | 1995 |
| HTML 3.2 | 1997 |
| HTML 4.01 | 1999 |
| XHTML | 2000 |
| HTML5 | 2014 |

2.1.12.1 Struktur Dasar HTML

Pada HTML ada dua istilah yang perlu diketahui yaitu elemen dan *tag*. Elemen dapat berupa teks murni, bukan teks, dan keduanya. Tampilan struktur dasar dalam sebuah halaman HTML dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Struktur Dasar Halaman HTML

Sumber : <http://www.w3schools.com>

Beberapa elemen biasanya diapit oleh *start tag* (tag awal) dan *end tag* (tag akhir). *Tag* digunakan untuk menandai suatu elemen atau memberi sebuah intruksi. *Tag* terdiri atas nama *tag* yang diapit oleh *angle bracket* (<>).

Dari gambar 2.11 dapat dilihat beberapa contoh elemen dan *tag* yang ada pada HTML. ‘*This is a heading*’, ‘*This is a paragraph.*’, dan ‘*This is another paragraph*’ merupakan contoh sebuah elemen. ‘<h1>...</h1>’, ‘<p>...</p>’, dan ‘<body>...</body>’ merupakan contoh sebuah *start tag* dan *end tag*. Dalam sebuah *browser*, bagian yang akan terlihat hanya area yang berwarna putih atau yang berada dalam <body>...</body>.

2.1.12.2 HTML Tables

Untuk membuat sebuah halaman HTML yang memiliki tabel di dalamnya, dibutuhkan minimal tiga tag yaitu tag <table>, tag <tr>, dan tag <td>. Tabel

didefinisikan dengan menggunakan tag `<table>`. Setiap baris pada tabel didefinisikan dengan tag `<tr>` dan setiap data tabel atau setiap *cell* didefinisikan dengan menggunakan tag `<td>`. Contoh halaman HTML untuk membuat sebuah tabel dapat dilihat pada Gambar 2.12. Bagian yang akan ditampilkan nantinya hanya bagian yang berada antara tag `<body>` hingga tag `</body>`. HTML bagian tabel dimulai dengan tag `<table>` dan diakhiri dengan tag `</table>`. Elemen dan tag HTML yang telah dibuat akan menghasilkan sebuah tabel dengan jumlah empat kolom dan dua baris. Tabel yang akan dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.13.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<style>
table, th, td {
    border: 1px solid black;
}
</style>
</head>
<body>
<table style="width:100%">
  <tr>
    <td>Kolom 1 Baris 1</td>
    <td>Kolom 2 Baris 1</td>
    <td>Kolom 3 Baris 1</td>
    <td>Kolom 4 Baris 1</td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Kolom 1 Baris 2</td>
    <td>Kolom 2 Baris 2</td>
    <td>Kolom 3 Baris 2</td>
    <td>Kolom 4 Baris 2</td>
  </tr>
</table>
</body>
</html>
```

Gambar 2.12 Contoh Halaman HTML Untuk Membuat Sebuah Tabel

| | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Kolom 1 Baris 1 | Kolom 2 Baris 1 | Kolom 3 Baris 1 | Kolom 4 Baris 1 |
| Kolom 1 Baris 2 | Kolom 2 Baris 2 | Kolom 3 Baris 2 | Kolom 4 Baris 2 |

Gambar 2.13 Tabel Hasil Halaman HTML

Selain *tag-tag* yang telah disebutkan, masih ada beberapa *tag* lain yang dapat digunakan dalam membuat tabel pada sebuah halaman HTML. Untuk lebih jelasnya, *tag-tag* tersebut beserta deskripsinya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 *Tag-tag* pada HTML *Table*

| Tag | Deskripsi |
|------------|---|
| <table> | Mendefinisikan sebuah tabel |
| <th> | Mendefinisikan sebuah <i>header cell</i> dalam sebuah tabel |
| <tr> | Mendefinisikan sebuah baris dalam sebuah tabel |
| <td> | Mendefinisikan sebuah <i>cell</i> dalam sebuah tabel |
| <caption> | Mendefinisikan sebuah <i>table caption</i> |
| <colgroup> | Menentukan <i>group</i> dari satu atau lebih kolom dalam sebuah tabel untuk <i>formatting</i> |
| <col> | Menentukan <i>column properties</i> untuk tiap kolom di dalam elemen <colgroup> |
| <thead> | Mengelompokkan <i>header content</i> dalam sebuah tabel |
| <tbody> | Mengelompokkan <i>body content</i> dalam sebuah tabel |
| <tfoot> | Mengelompokkan <i>footer content</i> dalam sebuah tabel |

2.1.13 LAN (*Local Area Network*)

Local Area Network merupakan sebuah jaringan yang berskala lokal misalnya dalam satu gedung atau dalam satu ruangan. LAN biasanya dipakai untuk sebuah jaringan kecil yang memiliki satu *resource*. Contohnya adalah printer yang digunakan bersama-sama dalam suatu ruangan. Dalam sebuah LAN terdapat istilah *server* dan *client*. *Server* bertugas memberikan layanan kepada *client*, mengatur aktivitas jaringan, dan menyimpan *file*. *Server* dan *client* ini saling berhubungan dan dihubungkan melalui media kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*). Pada LAN biasa,

kecepatan pengiriman datanya sekitar 10 hingga 100 Mbps. Secara garis besar terdapat dua tipe LAN yaitu jaringan *Peer to Peer* dan jaringan *Client-Server*.

2.1.13.1 Jaringan *Peer to Peer*

Pada jaringan LAN tipe ini, *server* tidak bertindak sebagai *server* murni. Dalam hal ini, *server* disebut *non dedicated server* karena *server* sekaligus berperan sebagai *client*. Berikut merupakan keunggulan dan kelemahan yang dimiliki jaringan *Peer to Peer* :

a. Keunggulan jaringan *Peer to Peer*

- 1) Kerja jaringan tidak tergantung pada satu *server* sehingga apabila salah satu komputer mengalami masalah, tidak mengganggu kerja jaringan secara keseluruhan.
- 2) Biaya operasional yang dibutuhkan relatif kecil apabila dibandingkan dengan jaringan tipe *Client-Server*, karena dalam menyediakan fasilitas jaringan tidak memerlukan komputer yang memiliki kemampuan khusus untuk ditugaskan sebagai *server*.
- 3) Tidak memerlukan seorang *administrator* khusus karena tidak berpusat pada satu *server*

b. Kelemahan jaringan *Peer to Peer*

- 1) *Troubleshooting* jaringan relatif lebih sulit karena komunikasi melibatkan setiap komputer yang bertindak sekaligus sebagai *server* dan *client*.
- 2) Sistem keamanan jaringan lebih baik karena adanya seorang *administrator* yang bertugas sebagai pengelola jaringan, layanan, dan sistem keamanan jaringan.

- 3) Sistem *back-up* data jaringan lebih baik, karena kegiatan tersebut terpusat pada satu computer yang bertindak sebagai *server*.

2.1.13.2 Jaringan *Client-Server*

Pada jaringan LAN tipe ini, *server* bertindak sebagai *server* murni. Dalam hal ini, *server* disebut *dedicated server* karena *server* hanya berperan sebagai penyedia layanan dan fasilitas untuk *client* serta tidak bertindak sebagai *client*. Berikut merupakan keunggulan dan kelemahan yang dimiliki jaringan *Peer to Peer* :

a. Keunggulan jaringan *Client-Server*

- 1) *Troubleshooting* jaringan relatif lebih mudah karena komunikasi hanya melibatkan komputer yang bertindak sebagai *server* dan komputer yang bertindak sebagai *client*.
- 2) Sistem keamanan jaringan lebih baik karena adanya seorang *administrator* yang bertugas sebagai pengelola jaringan, layanan, dan sistem keamanan jaringan.
- 3) Sistem *back-up* data jaringan lebih baik, karena kegiatan tersebut terpusat pada satu computer yang bertindak sebagai *server*.

b. Kelemahan jaringan *Client-Server*

- 1) Kerja jaringan tergantung pada satu *server* sehingga apabila *server* mengalami gangguan, keseluruhan jaringan akan terganggu.
- 2) Biaya operasional relatif lebih mahal apabila dibandingkan dengan jaringan *Peer to Peer* karena dalam menyediakan fasilitas jaringan memerlukan adanya komputer yang memiliki kemampuan khusus untuk ditugaskan sebagai *server*.

3) Memerlukan seorang *administrator* yang bertugas sebagai pengelola jaringan, layanan, dan sistem keamanan jaringan.

2.1.14 Akurasi

Salah satu hal utama yang harus menjadi perhatian pada sebuah alat ukur adalah keakuratan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2007: 25) akurasi : kecermatan; ketelitian; ketepatan. Akurasi merupakan kemampuan dari sebuah alat ukur untuk memberikan indikasi kedekatan suatu hasil ukur terhadap hasil sebenarnya dari suatu objek yang diukur atau dengan kata lain, tingkat kesesuaian antara hasil pengukuran dengan harga/ukuran sebenarnya. Dalam pengukuran, akurasi disebut sebagai validitas yang digunakan untuk mengukur dan melihat tingkat kualitas suatu instrumen pada pengkalibrasian.

Jika suatu alat memiliki akurasi sebesar 90% maka alat tersebut memiliki *error* sebesar 10 %, sehingga dapat diungkapkan dalam persamaan :

$$A = 1 - E \quad (2.13)$$

Sedangkan *error* atau kesalahan merupakan perbedaan/selisih antara harga sebenarnya dengan hasil yang diukur oleh alat ukur sehingga dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$E = Y_n - X_n \quad (2.14)$$

Error dapat dinyatakan dalam persentase menggunakan persamaan :

$$\%E = \frac{E}{Y_n} \times 100\% \quad (2.15)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.14 ke dalam persamaan 2.15 :

$$\%E = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \quad (2.16)$$

Sedangkan akurasi dapat dinyatakan dalam persentase menggunakan persamaan :

$$\%A = \left(1 - \left|\frac{E}{Y_n}\right|\right) \times 100\% \quad (2.17)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.14 ke dalam persamaan 2.17 :

$$\%A = \left(1 - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right|\right) \times 100\% \quad (2.18)$$

Keterangan :

E : *Error*

A : Akurasi

Y_n : Harga yang diharapkan/sebenarnya

X_n : Harga pengukuran

%E : Persentase *Error*

%A : Persentasi Akurasi

2.1.15 Desktop Client

Berdasarkan penjelasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa *desktop client* merupakan penamaan sebuah komputer yang bertugas sebagai *client* dan tampilan datanya dapat diakses dari *desktop*.

2.1.16 Nano Center Indonesia

Nano Center Indonesia (NCI) adalah sebuah *social entrepreneurship* yang memiliki mimpi untuk membumikan nanoteknologi di Indonesia. NCI ingin

menjembatani sebanyak mungkin invensi teknologi di bidang material dan nanoteknologi, untuk dapat memberikan solusi bagi masyarakat.

NCI melakukan riset di bidang material dan nanoteknologi. Hingga saat ini NCI memiliki 18 paten dan lebih dari 50 jurnal publikasi ilmiah dari kinerja tim riset. Dari hasil riset tersebut, NCI mendirikan dan menginkubasi *start-up company* untuk melakukan komersialisasi atas paten yang telah diverifikasi memiliki potensi *market* yang baik. Selain itu hingga saat ini, NCI telah memfasilitasi berdirinya 4 *start-up* di bawah inkubasi NCI.

NCI juga aktif pada pendidikan bagi masyarakat luas mengenai pentingnya teknologi material dan nanoteknologi. Setiap tahun, NCI mengadakan dan terlibat pada lebih dari 50 seminar mengenai nanoteknologi di Indonesia. NCI juga menginisiasi 17 Nano Club seIndonesia, serta rutin memberikan beasiswa riset S1 dan S2 bagi mahasiswa berprestasi.

2.2 Konsep Prosedur Penelitian

Untuk membuat alat ini dibutuhkan sebuah pengendali. Pengendali yang dimaksud adalah Arduino Uno yang merupakan sebuah papan mikrokontroler yang berbasis ATmega 328. Sensor arus ACS712 20A dan *Voltage Sensor* akan diatur kerjanya oleh Arduino Uno agar dapat menghasilkan data pengukuran yang akan dikirim dan ditampilkan ke LCD dan *Desktop Client*.

Sensor arus ACS712 20A digunakan untuk mengukur besar arus yang dihasilkan oleh PLTB. Sensor tersebut akan mengirimkan tegangan yang besarnya antara 0 V hingga 5 V sebanding dengan arus yang sesungguhnya. Begitu pula dengan *Voltage*

Sensor dengan *range* tegangan input 0 V hingga 105 V. *Voltage Sensor* akan mengirimkan tegangan dengan besar antara 0 V dan 5 V yang sebanding dengan *range* tegangan input tadi sehingga tidak merusak Arduino Uno.

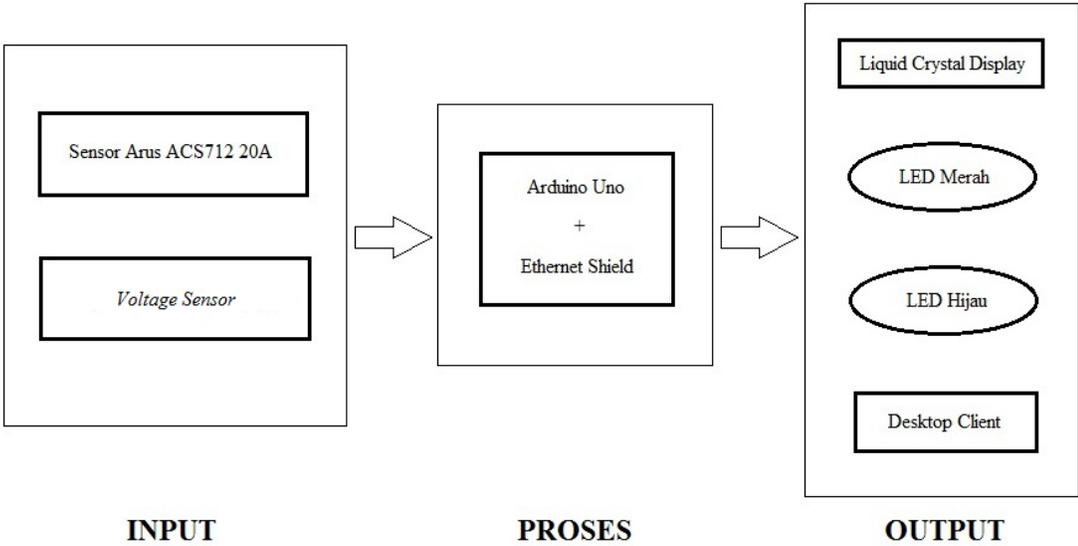
Arduino Uno sebagai mikrokontroler menerima *input* berupa tegangan dari sensor arus ACS712 20A dan *Voltage Sensor* yang akan diproses sehingga besar arus dan tegangan yang dihasilkan oleh PLTB. Hasil tersebut akan ditampilkan ke LCD dan *Desktop Client*. Selain itu lampu indikator (merah dan hijau) akan menyala sesuai dengan besar tegangan yang dihasilkan PLTB. Lampu indikator merah akan menyala jika tegangan yang dihasilkan ≤ 12 V sedangkan lampu indikator hijau akan menyala jika tegangan yang dihasilkan > 12 V.

2.3 Blok Diagram

Pada Gambar 2.12 dapat dilihat blok diagram yang menunjukkan bahwa terdapat tiga bagian penting dalam pembuatan alat ini yaitu : *input*, proses, dan *output*. Bagian input terdapat sensor arus ACS712 20A dan *Voltage Sensor*, bagian proses terdapat Arduino Uno yang sudah ditumpuk dengan *Ethernet Shield*, dan bagian output terdapat LCD, LED Merah, LED Hijau, dan *Desktop Client*.

Sensor arus ACS712 20A dan *Voltage Sensor* memberi *input* berupa tegangan ke Arduino Uno yang besarnya 0 V hingga 5 V. Tegangan ini proporsional dengan arus dan tegangan yang sesungguhnya dihasilkan oleh PLTB. Arduino Uno mengolah *input* tersebut dan melakukan proses perhitungan untuk menentukan arus dan tegangan yang sesungguhnya serta menampilkannya ke LCD dan *Desktop Client*.

Selain itu, Arduino Uno telah diprogram agar dapat menentukan lampu indikator yang menyala sesuai dengan tegangan yang dihasilkan PLTB.



Gambar 2.14 Blok Diagram Alat

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis *Arduino Uno* melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W yang akurat. Penelitian akan dilaksanakan di Nano Center Indonesia yang beralamat di Jl. Raya Bogor Km. 47, Cibinong, Kab. Bogor (Gd. Pusat Inovasi LIPI). Penelitian ini direncanakan pada bulan April 2016 – Januari 2017 dimulai dari penyusunan proposal hingga penyusunan laporan selesai dilakukan.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat alat tersebut.

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.1 Alat Penelitian

| No | Alat | Kegunaan | Jumlah |
|----|-------------------------------|--|--------|
| 1 | Turbin Angin A-Wing 500W | Turbin angin yang digunakan pada PLTB | 1 |
| 2 | Akumulator Luminous 12V 100Ah | Akumulator yang digunakan sebagai media penyimpanan energi listrik | 1 |

Tabel 3.2 Peralatan Penelitian

| No | Peralatan | Kegunaan | Jumlah |
|----|---------------------|--|--------|
| 1 | AVO meter | Untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PLTB. | 1 |
| 2 | <i>Screw Driver</i> | Untuk mengencangkan <i>Screw</i> | 1 |
| 3 | Solder Listrik | Mencairkan timah | 1 |
| 4 | Bor Tangan | Melubangi <i>Panel Box</i> sebagai tempat untuk memasang komponen lain | 1 |
| 5 | <i>Power Bank</i> | Catu daya 5V untuk <i>Arduino Uno</i> | 1 |
| 6 | <i>Laptop</i> | Sebagai <i>Desktop Client</i> untuk mengakses data hasil tegangan, arus dan daya dari PLTB | 1 |

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.3 di bawah ini :

Tabel 3.3 Bahan Penelitian

| No | Bahan | Kegunaan | Jumlah |
|----|----------------------------|---|------------|
| 1 | Timah | Untuk merekatkan sambungan antara beberapa komponen yang bersifat konduktor | Secukupnya |
| 2 | <i>Screw</i> | Untuk menyambung atau mengikat (<i>fastener</i>) beberapa komponen | Secukupnya |
| 3 | <i>Voltage Sensor 25 V</i> | Untuk mengukur tegangan keluaran dari PLTB | 1 |
| 4 | Sensor Arus ACS712 20 A | Untuk mengukur arus keluaran dari PLTB | 1 |
| 5 | Kabel <i>Male-Female</i> | Untuk menghubungkan komponen satu dengan yang lainnya | Secukupnya |
| 6 | Kabel <i>Male- Male</i> | Untuk menghubungkan komponen satu dengan yang lainnya | Secukupnya |
| 6 | <i>Header Male</i> | Sebagai <i>connector</i> untuk memudahkan saat pemasangan LCD ke dalam rangkaian | 1 |
| 7 | <i>Arduino Uno</i> | Sebagai mikrokontroler untuk membaca data dari <i>Voltage Sensor</i> dan sensor arus ACS712 20 A serta merubahnya agar dapat ditampilkan di LCD dan <i>Desktop Client</i> | 1 |

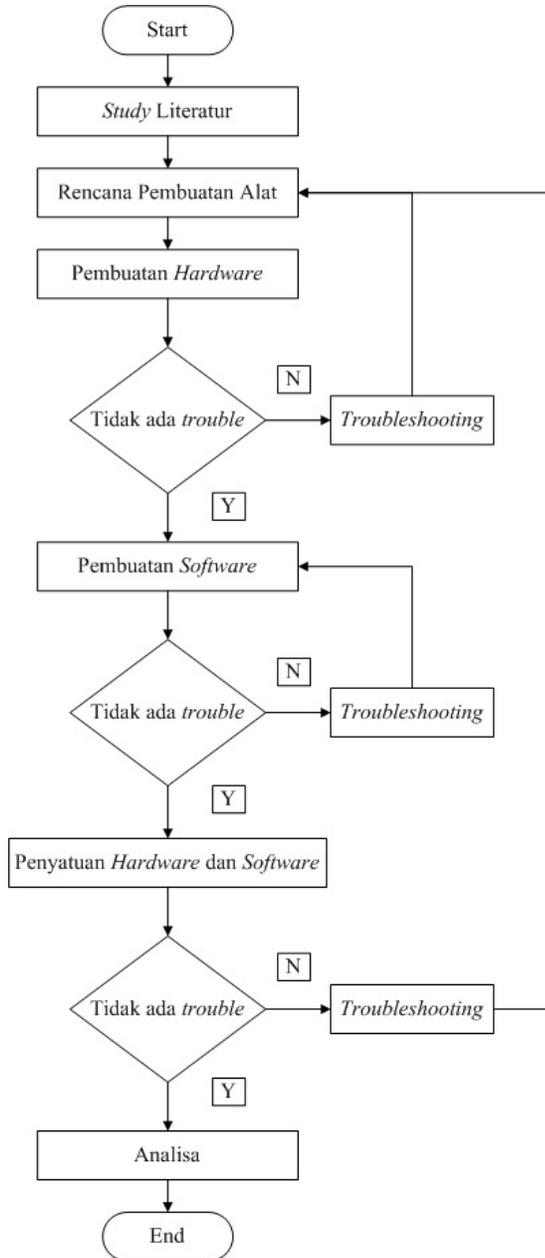
Tabel 3.3 (Lanjutan)

| No | Bahan | Kegunaan | Jumlah |
|----|---|---|-----------------|
| 8 | <i>Arduino Ethernet Shield</i> | Sebagai <i>shield</i> tambahan agar <i>Arduino Uno</i> dapat terhubung ke LAN | 1 |
| 9 | <i>Liquid Crystal Display 2 X 16</i> | Sebagai <i>display</i> untuk menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya dari PLTB | 1 |
| 10 | <i>Panel Box</i> | Sebagai panel untuk memasang LCD, lampu indikator, dan melindungi komponen di dalamnya | 1 |
| 11 | <i>Light Emitting Diode</i> | Sebagai lampu indikator untuk menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh PLTB untuk (Merah : $V \leq 12$ volt dan Hijau : $V > 12$ volt) | Masing-masing 1 |
| 12 | <i>USB A to USB B (Printer) Cable</i> | Untuk menghubungkan laptop dan <i>Arduino Uno</i> saat diprogram | 1 |
| 13 | 1M CAT.6 Flat UTP Cable with RJ45 Connector | Sebagai koneksi ke <i>Ethernet</i> | 1 |
| 14 | <i>Terminal Blocks</i> | Sebagai <i>terminal input</i> dan <i>output</i> pada <i>panel box</i> | 1 |
| 15 | <i>Micro SD card</i> | Untuk menyimpan data hasil pengukuran | 1 |
| 16 | Resistor 10 K Ω | Sebagai rangkaian pembagi tegangan | 4 |
| 17 | Resistor 1 K Ω | Sebagai rangkaian pembagi tegangan | 2 |
| 18 | Resistor 220 Ω | Untuk membatasi arus pada LED | 2 |
| 19 | Resistor 100 K Ω | Untuk membatasi arus pada Baterai | 1 |
| 20 | Dioda IN5392 | Untuk melindungi generator dari arus balik yang dihasilkan oleh baterai | 1 |

3.3 Diagram Alir Penelitian

Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan *study* literatur agar peneliti memiliki pengetahuan yang cukup dalam pembuatan alat ini. Setelah itu, peneliti dapat merencanakan pembuatan alat baik pada *hardware* dan *software* serta

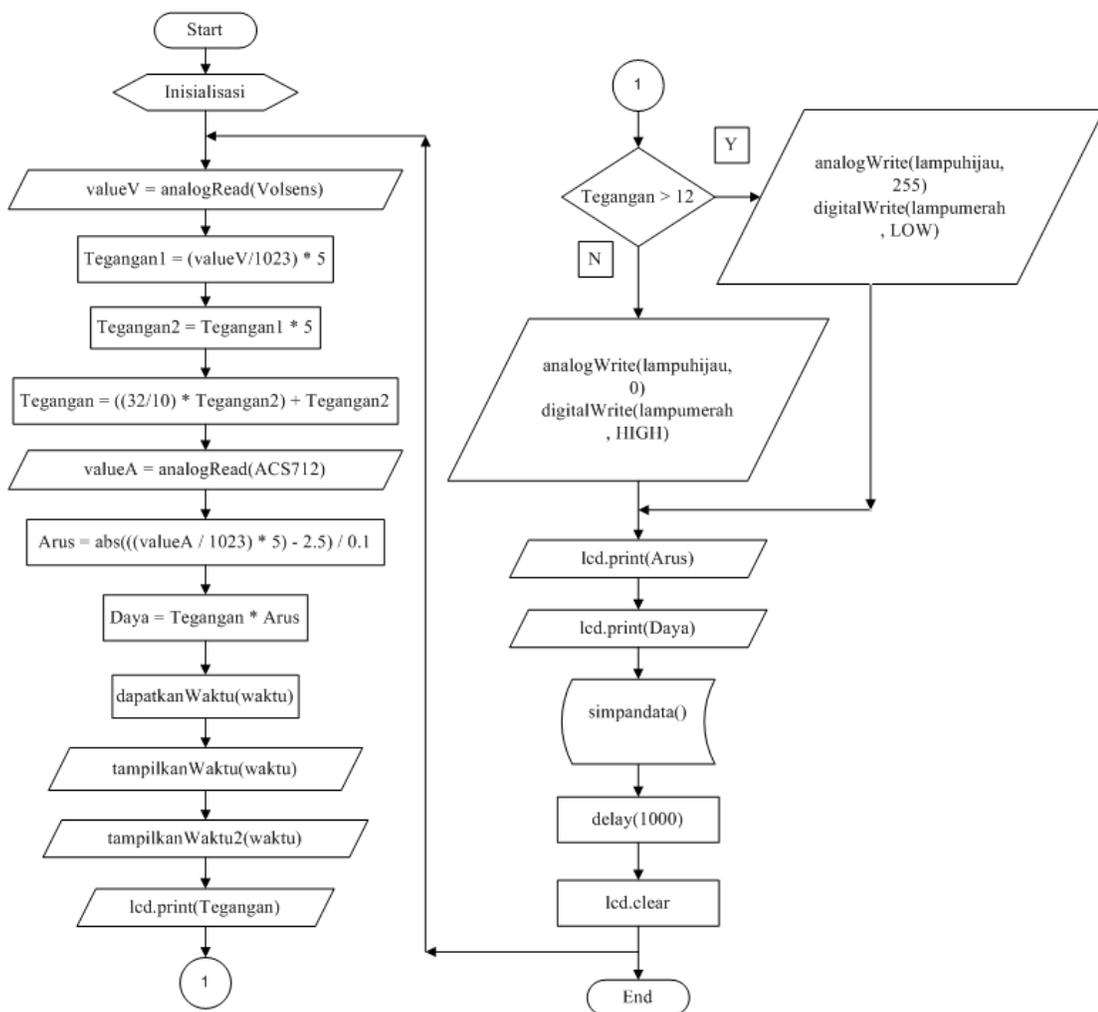
pemasangan PLTB. Proses pemasangan PLTB dapat dilihat di Lampiran 1 hingga Lampiran 4. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

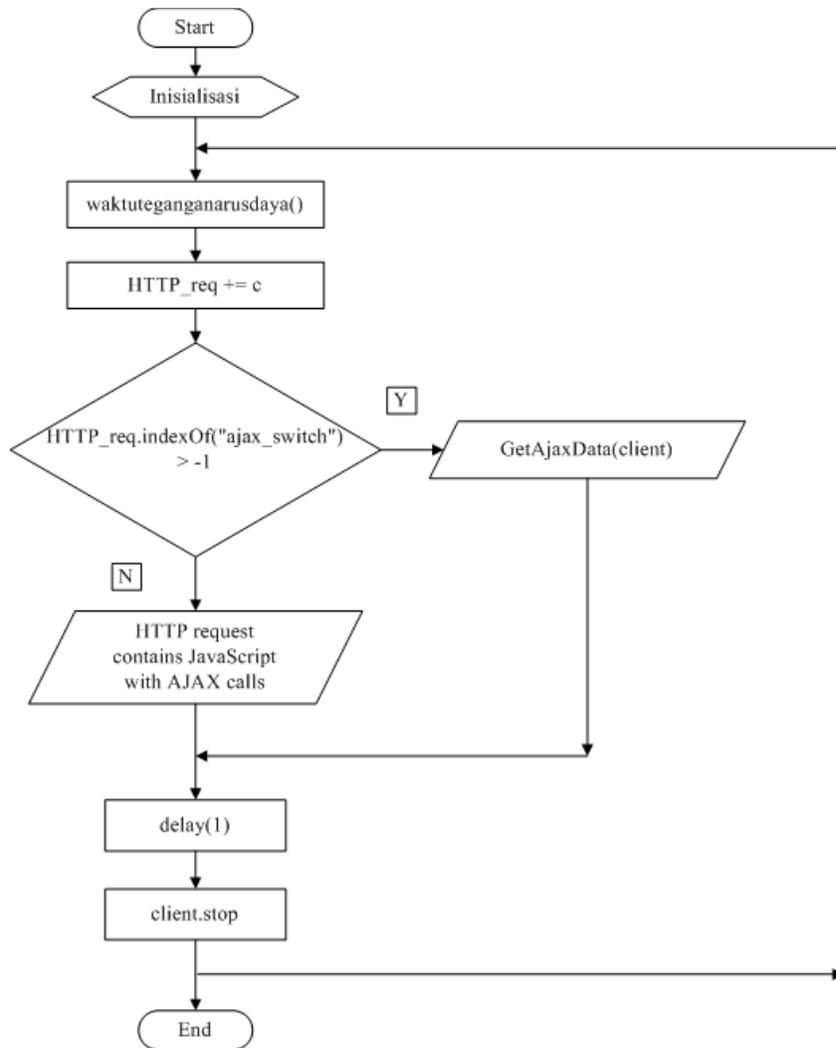
Pada pembuatan *hardware* alat, peralatan, dan bahan yang telah dipaparkan dalam tabel 3.1, 3.2, dan 3.3 dikumpulkan dan dicek terlebih dahulu ketersediaanya. Setelah

alat dan bahan telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan *input* dan *output* untuk *Arduino Uno* yaitu sensor arus ACS712 20 A, *Voltage Sensor* (*input*), LCD, lampu indikator merah dan hijau (*output*). Selanjutnya bahan-bahan tersebut dirangkai dan proses pembuatan *hardware* tersebut dapat dilihat di Lampiran 5 hingga Lampiran 13.



Gambar 3.2 Diagram Alir Alat Melalui LCD

Selanjutnya dilakukan *troubleshooting* jika terdapat *trouble* pada pembuatan *hardware* tersebut. Setelah itu, dilakukan pembuatan *software* untuk alat tersebut. *Software* yang dimaksud adalah program alat yang dibuat dengan *Arduino IDE*. Setelah itu dilakukan *troubleshooting* jika terdapat *trouble* pada pembuatan *software*. Pada langkah terakhir dilakukan *troubleshooting* baik pada bagian *hardware* dan *software* yang telah dibuat serta dihubungkan pada PLTB 500W. Sesudah itu, pengukuran dan analisis data dapat dilakukan.

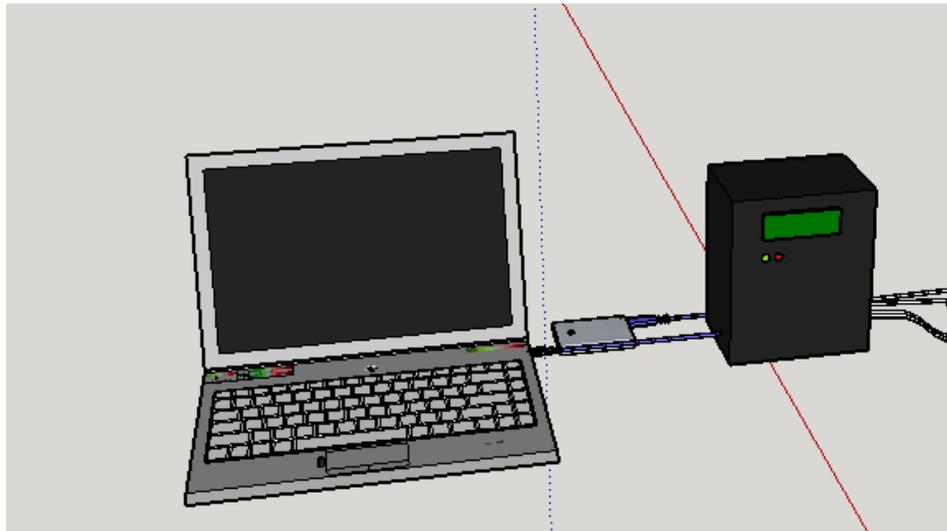


Gambar 3.3 Diagram Alir Alat Melalui *Desktop Client*

Peneliti juga membuat diagram alir untuk menjelaskan bagaimana prinsip kerja alat yang dibuat. Diagram Alir Alat melalui LCD dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan *sketch*-nya dapat dilihat di Lampiran 14. Selain itu untuk Diagram Alir Alat melalui *Desktop Client* dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan *sketch*-nya dapat dilihat di Lampiran 15.

3.3.1 Desain Alat

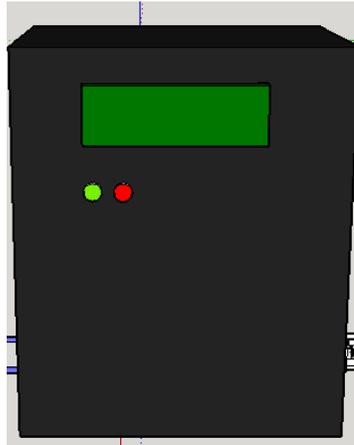
Alat akan dipasang berdampingan dengan turbin angin, laptop, dan baterai. Desain alat ini dibuat menggunakan *SketchUp 2016*. Tampilan desain alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain Alat Keseluruhan

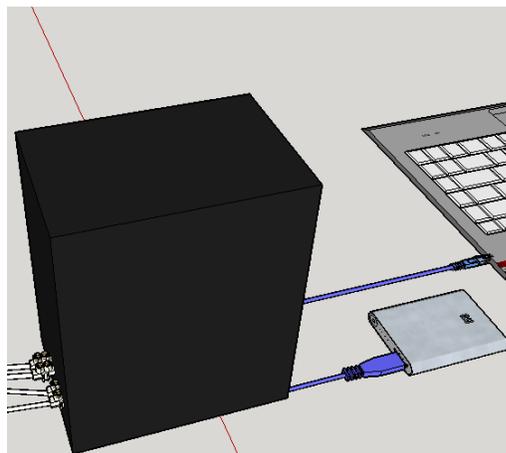
Alat yang akan dibuat menggunakan *box panel* dengan ukuran 21 cm x 13 cm x 7 cm. Jika dilihat dari depan maka akan tampak 2 lampu indikator berwarna merah dan

hijau. Di bagian atas terdapat *Liquid Crystal Display* (LCD) ukuran 2 x 16. Desain alat jika dilihat dari depan ditunjukkan pada Gambar 3.5.



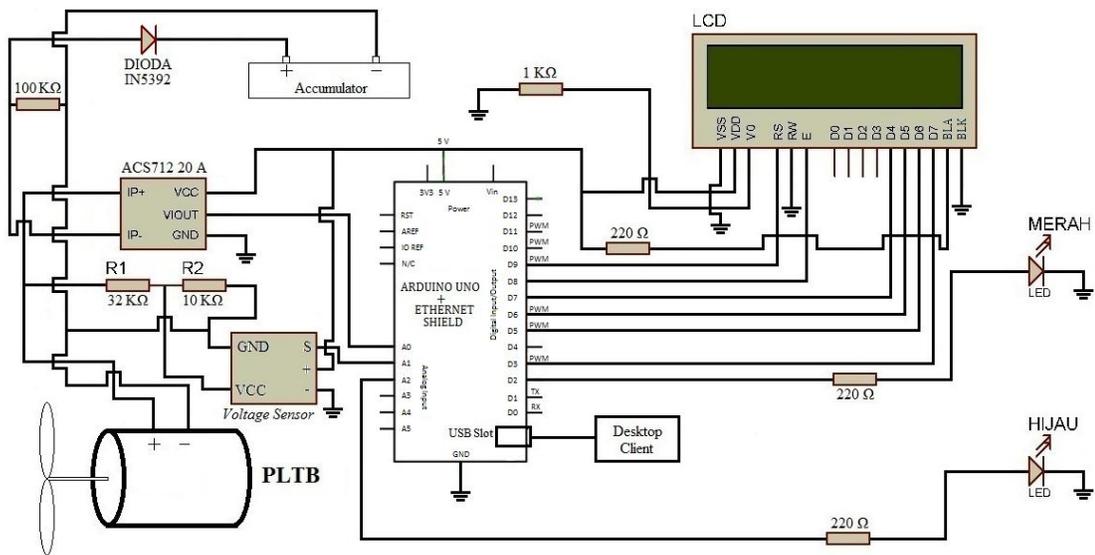
Gambar 3.5 Desain Alat Tampak Depan

Desain alat jika dilihat dari belakang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat *power bank*, *Unshielded Twisted Pair Cable* (Kabel UTP), *Universal Serial Bus A Cable* (Kabel USB A), dan *Terminal Blocks*.



Gambar 3.6 Desain Alat Tampak Belakang

Di dalam *box panel* yang telah dibuat, komponen inti dirangkai yaitu Arduino Uno yang ditumpuk dengan Arduino Ethernet Shield, sensor Arus ACS712 20 A, *Voltage Sensor*, LCD dan 2 lampu indikator dengan warna merah dan hijau. Dioda juga dipasang untuk melindungi generator dari arus balik yang dihasilkan oleh baterai. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian alat

3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dan pengukuran. Data yang telah diperoleh akan dicatat dalam bentuk tabel sehingga memudahkan proses analisis. Data yang akan dikumpulkan meliputi :

1. Pengujian Sensor Arus ACS712 20 A

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur arus menggunakan AVO meter dan membandingkannya dengan arus yang diukur menggunakan Sensor Arus ACS712 20 A. Data yang telah didapatkan akan ditabulasi ke dalam Tabel 3.4

Tabel 3.4 Pengujian Sensor Arus ACS712 20 A

| Nomor Pengukuran | I_{out} Generator (A) | ACS712 (A) | Selisih (A) | Akurasi (%) |
|------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|
| Pengukuran 1 | | | | |
| Pengukuran 2 | | | | |
| Pengukuran 3 | | | | |
| Pengukuran 4 | | | | |
| Pengukuran 5 | | | | |
| Pengukuran 6 | | | | |
| Pengukuran 7 | | | | |
| Pengukuran 8 | | | | |
| Pengukuran 9 | | | | |
| Pengukuran 10 | | | | |

2. Pengujian *Voltage Sensor* Sebagai Pengukur Tegangan

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan AVO meter dan membandingkannya dengan tegangan yang diukur menggunakan *Voltage Sensor*. *Voltage Sensor* akan mengukur tegangan keluaran dari generator dengan cara memperkecil tegangan tersebut sehingga dapat diproses Arduino Uno. *Voltage Sensor* memiliki kemampuan mengukur hingga 25 V. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian pembagi tegangan agar *Voltage Sensor* mampu mengukur hingga 105 V. Data yang telah didapatkan akan ditabulasi ke dalam Tabel 3.5

Tabel 3.5 Pengujian Voltage Sensor

| Nomor Pengukuran | V_{out} Generator (V) | Voltage Sensor (V) | Selisih (V) | Akurasi (%) |
|------------------|-------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| Pengukuran 1 | | | | |
| Pengukuran 2 | | | | |

Tabel 3.5 (Lanjutan)

| Nomor Pengukuran | V_{out} Generator (V) | Voltage Sensor (V) | Selisih (V) | Akurasi (%) |
|------------------|-------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | | | |
| Pengukuran 3 | | | | |
| Pengukuran 4 | | | | |
| Pengukuran 5 | | | | |
| Pengukuran 6 | | | | |
| Pengukuran 7 | | | | |
| Pengukuran 8 | | | | |
| Pengukuran 9 | | | | |
| Pengukuran 10 | | | | |

3. Pengujian Tampilan LCD

Pengujian ini dilakukan dengan melihat arus dan tegangan yang telah ditampilkan di LCD. Arus dan tegangan yang ditampilkan pada LCD merupakan hasil input analog dari sensor arus dan sensor tegangan yang telah diproses pada Arduino IDE. Pada *sketch* Arduino IDE akan dibuat *sketch* yang fungsinya menghitung arus dan tegangan sehingga datanya dapat dikirimkan ke LCD. Data yang telah didapatkan akan ditabulasi ke dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Pengujian Tampilan LCD

| Nomor Pengukuran | Tegangan (V) | Arus (I) |
|------------------|--------------|----------|
| Pengukuran 1 | | |
| Pengukuran 2 | | |
| Pengukuran 3 | | |
| Pengukuran 4 | | |
| Pengukuran 5 | | |
| Pengukuran 6 | | |
| Pengukuran 7 | | |

Tabel 3.6 (Lanjutan)

| Nomor Pengukuran | Tegangan (V) | Arus (I) |
|------------------|--------------|----------|
| Pengukuran 8 | | |
| Pengukuran 9 | | |
| Pengukuran 10 | | |

4. Pengujian LED indicator

Pengujian ini dilakukan dengan melihat hasil tegangan yang terukur di LCD dengan membandingkannya terhadap kedua lampu indikator warna merah dan hijau. Jika tegangannya ≤ 12 V maka lampu merah yang menyala. Jika tegangannya > 12 V maka lampu hijau yang menyala. Data yang telah didapatkan akan ditabulasi ke dalam Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pengujian LED Indikator

| Nomor Pengukuran | Voltage Sensor (V) | Lampu Indikator |
|------------------|--------------------|-----------------|
| Pengukuran 1 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 2 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 3 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 4 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 5 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 6 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 7 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 8 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 9 | | Merah/Hijau |
| Pengukuran 10 | | Merah/Hijau |

5. Pengujian Program

Pengujian ini dilakukan dengan melihat proses setelah *sketch* pada Arduino IDE telah dibuat. Setelah *sketch* telah dibuat, akan dilakukan pengecekan pada proses saat *sketch* di-*verify*, di-*upload*, dan saat *system standby*. Setiap proses yang berjalan dengan sukses ditandai dengan memberi *checklist* dan mencantumkan keterangannya pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Pengujian Program

| No. | Hal yang diuji | Sukses | Keterangan |
|-----|-----------------------|--------|------------|
| 1 | <i>Verify sketch</i> | | |
| 2 | <i>Upload sketch</i> | | |
| 3 | <i>System Standby</i> | | |

6. Pengujian Desktop Client

Pengujian ini dilakukan dengan melihat apakah dapat menampilkan data pada *Desktop Client* meliputi waktu, tegangan, dan arus. Proses yang berjalan dengan sukses ditandai dengan memberi *checklist* dan mencantumkan keterangannya pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Tabel Pengujian Desktop Client

| No. | Hal yang diuji | Sukses | Keterangan |
|-----|------------------|--------|------------|
| 1 | Menampilkan data | | |

7. Pengujian *Micro SD Card*

Pengujian ini dilakukan dengan melihat apakah dapat menampilkan dan menyimpan data pada *micro SD card* meliputi waktu, tegangan, dan arus. Proses yang berjalan dengan sukses ditandai dengan memberi *checklist* dan mencantumkan keterangannya pada Tabel 3.10

Tabel 3.10 Tabel Pengujian *Micro SD Card*

| No. | Hal yang diuji | Sukses | Keterangan |
|-----|--|--------|------------|
| 1 | Menampilkan data | | |
| 2 | Penyimpanan data pada <i>micro SD card</i> | | |

3.5 Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan pengukuran, maka teknik analisis data ini menyangkut dengan pengukuran, pengujian dan perhitungan. Setelah semua data diperoleh dari hasil pengukuran, pengujian dan perhitungan, maka langkah berikutnya adalah mengolah atau menganalisis data tersebut.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sebuah Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W yang akurat. Deskripsi penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi beberapa bagian yaitu: pemrograman alat, *hardware*, serta pengujian dan pengukuran data.

4.1.1 Pemrograman Alat

Pada pemrograman Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W menggunakan bahasa pemrograman C Arduino dengan *software* Arduino IDE.

4.1.2 Hardware

Alat yang dibuat menggunakan *box panel* dengan ukuran 21 cm x 13 cm x 7 cm, memiliki 2 lampu indikator berwarna merah dan hijau. Pada bagian atas terdapat *Liquid Crystal Display* (LCD) ukuran 2 x 16. Selain itu ada pula *power bank*, *Unshielded Twisted Pair Cable* (Kabel UTP), *Universal Serial Bus A Cable* (Kabel USB A), dan *Terminal Blocks*. Di dalam *box panel* tersebut, komponen inti dirangkai yaitu Arduino Uno yang ditumpuk dengan Arduino Ethernet Shield , sensor Arus ACS712 20 A, *Voltage Sensor*, LCD dan 2 lampu indikator dengan warna merah dan

hijau. Dipasang juga dioda untuk melindungi generator dari arus balik yang dihasilkan oleh baterai. Alat yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Alat Monitoring Arus dan Tegangan

4.1.3 Pengujian dan Pengukuran Data

Pengujian dan pengukuran data dilakukan dengan kamera *handphone*, *laptop*, dan AVO meter. Pengujian sensor Arus ACS 712 20 A dilakukan dengan mengukur arus menggunakan AVO meter dan membandingkannya dengan arus yang diukur menggunakan Sensor Arus ACS712 20 A. Pengujian *Voltage Sensor* dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan AVO meter dan membandingkannya dengan tegangan yang diukur menggunakan *Voltage Sensor*. *Voltage Sensor* akan mengukur tegangan keluaran dari generator dengan cara memperkecil tegangan

tersebut sehingga dapat diproses Arduino Uno. Pengukuran Arus dan Tegangan menggunakan AVO meter dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Pengukuran Arus PLTB menggunakan AVO meter



Gambar 4.3 Pengukuran Tegangan PLTB menggunakan AVO meter

Pengujian tampilan *Desktop Client* dilakukan dengan melihat apakah dapat menampilkan data pada meliputi waktu, tegangan, arus, dan daya. Kolom pertama menunjukkan waktu, kolom kedua menunjukkan tegangan, kolom ketiga menunjukkan arus dan kolom terakhir menunjukkan daya. Tampilan *Desktop Client* dapat dilihat pada Gambar 4.4.

| | | |
|--------------------|-------|------|
| 27/1/2017 14:13:03 | 10.05 | 0.19 |
| 27/1/2017 14:13:04 | 7.98 | 0.15 |
| 27/1/2017 14:13:05 | 11.85 | 0.23 |
| 27/1/2017 14:13:06 | 9.11 | 0.17 |
| 27/1/2017 14:13:07 | 10.30 | 0.20 |

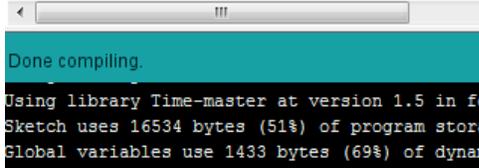
Gambar 4.4 Pengujian Tampilan *Desktop Client*

Pengujian program dilakukan dengan melihat proses setelah *sketch* pada Arduino IDE telah dibuat. Setelah *sketch* dibuat, akan dilakukan pengecekan pada proses saat *sketch* di-*verify*, di-*upload*, dan saat *system standby*. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

```

    dt = month(waktu);
    th = year(waktu);
    jam = hour(waktu);
    menit = minute(waktu);
    detik = second(waktu);
}

```



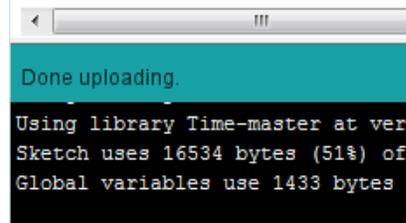
Done compiling.
Using library Time-master at version 1.5 in folder ...
Sketch uses 16534 bytes (51%) of program storage space.
Global variables use 1433 bytes (69%) of dynamic memory, leaving 606 bytes for local variables.

Gambar 4.5 Pengujian *Verify sketch*

```

    detik = second(waktu);
}

```



Done uploading.
Using library Time-master at version 1.5 in folder ...
Sketch uses 16534 bytes (51%) of program storage space.
Global variables use 1433 bytes of dynamic memory, leaving 606 bytes for local variables.

Gambar 4.6 Pengujian *Upload Sketch*

Pengujian tampilan LCD dilakukan dengan melihat arus dan tegangan yang telah ditampilkan di LCD. Arus dan tegangan yang ditampilkan pada LCD merupakan hasil input analog dari sensor arus dan sensor tegangan yang telah diproses pada Arduino IDE. Pada *sketch* Arduino IDE akan dibuat *sketch* yang fungsinya menghitung arus dan tegangan sehingga datanya dapat dikirimkan ke LCD seperti tampak pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengujian Tampilan LCD

4.2 Analisa Data Penelitian

Pada penelitian ini, penulis telah melakukan pengambilan data dengan pengujian dan pengukuran pada alat yang telah dibuat. Pengujian dan pengukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.1 Pengujian Sensor Arus ACS712 20 A

| Nomor Pengukuran | I_{out} Generator (A) | ACS712 (A) | Selisih (A) | Akurasi (%) |
|------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|
| Pengukuran 1 | 0,34 | 0,31 | 0,03 | 91,17 |
| Pengukuran 2 | 0,21 | 0,19 | 0,02 | 90,47 |
| Pengukuran 3 | 0,19 | 0,17 | 0,02 | 89,47 |
| Pengukuran 4 | 0,01 | 0,01 | 0 | 100 |
| Pengukuran 5 | 0,16 | 0,15 | 0,01 | 93,75 |
| Pengukuran 6 | 0,31 | 0,29 | 0,02 | 93,54 |
| Pengukuran 7 | 0,58 | 0,55 | 0,03 | 94,82 |
| Pengukuran 8 | 0,10 | 0,09 | 0,01 | 90 |
| Pengukuran 9 | 0,02 | 0,02 | 0 | 100 |
| Pengukuran 10 | 0,23 | 0,21 | 0,02 | 91,3 |
| | | Rerata | 0,016 | 93,45 |

Rerata dari selisih dihitung dengan menjumlahkan selisih selama 10 kali pengukuran dibagi dengan banyaknya pengukuran dilakukan :

$$\bar{x} = \frac{(0,03 + 0,02 + 0,02 + 0 + 0,01 + 0,02 + 0,03 + 0,01 + 0 + 0,02)A}{10}$$

$$= 0,016 A$$

Rerata dari akurasi dihitung dengan menjumlahkan akurasi selama 10 kali pengukuran dibagi dengan banyaknya pengukuran dilakukan :

$$\bar{x} = \frac{(91,17 + 90,47 + 89,47 + 100 + 93,75 + 93,54 + 94,82 + 90 + 100 + 91,3)\%}{10}$$

$$= 93,45\%$$

Tabel 4.2 Pengujian Voltage Sensor

| Nomor Pengukuran | V _{out} Generator (V) | Voltage Sensor (V) | Selisih (V) | Akurasi (%) |
|------------------|--------------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| Percobaan 1 | 10,49 | 10,24 | 0,25 | 97,61 |
| Percobaan 2 | 5,82 | 5,47 | 0,35 | 93,98 |
| Percobaan 3 | 1,62 | 1,50 | 0,12 | 92,59 |
| Percobaan 4 | 11,16 | 10,89 | 0,27 | 97,58 |
| Percobaan 5 | 5,77 | 5,48 | 0,29 | 94,97 |
| Percobaan 6 | 10,13 | 9,81 | 0,32 | 96,84 |
| Percobaan 7 | 30,04 | 29,68 | 0,36 | 98,80 |
| Percobaan 8 | 4,97 | 4,69 | 0,28 | 94,36 |
| Percobaan 9 | 13,17 | 12,86 | 0,31 | 97,64 |
| Percobaan 10 | 21,56 | 21,30 | 0,26 | 98,79 |
| | | Rerata | 0,281 | 96,31 |

Rerata dari selisih dihitung dengan menjumlahkan selisih selama 10 kali pengukuran dibagi dengan banyaknya pengukuran dilakukan :

$$\bar{x} = \frac{(0,25 + 0,35 + 0,12 + 0,27 + 0,29 + 0,32 + 0,36 + 0,28 + 0,31 + 0,26)V}{10}$$

$$= 0,281 V$$

Rerata dari akurasi dihitung dengan menjumlahkan akurasi selama 10 kali pengukuran dibagi dengan banyaknya pengukuran dilakukan :

$$\bar{x} = \frac{(97,61 + 93,98 + 92,59 + 97,58 + 94,97 + 96,84 + 98,80 + 94,36 + 97,64 + 98,79)\%}{10}$$

$$= 96,31\%$$

Tabel 4.3 Pengujian Tampilan LCD

| Nomor Pengukuran | Tegangan (V) | Arus (I) |
|------------------|--------------|----------|
| Percobaan 1 | 11,85 | 0,23 |
| Percobaan 2 | 23,34 | 0,45 |
| Percobaan 3 | 2,55 | 0,04 |
| Percobaan 4 | 7,29 | 0,14 |
| Percobaan 5 | 10,05 | 0,19 |
| Percobaan 6 | 9,11 | 0,17 |
| Percobaan 7 | 18,13 | 0,35 |
| Percobaan 8 | 22,97 | 0,44 |
| Percobaan 9 | 7,26 | 0,14 |
| Percobaan 10 | 7,98 | 0,15 |

Pada tampilan LCD, arus dan tegangan dihitung dari hasil input analog sensor tegangan dan sensor arus yang telah diproses oleh Arduino Uno dan ditampilkan pada LCD.

Tabel 4.4 Pengujian LED Indikator

| Nomor Pengukuran | Voltage Sensor (V) | Lampu Indikator |
|------------------|--------------------|-----------------|
| Percobaan 1 | 19,67 | Hijau |
| Percobaan 2 | 2,32 | Merah |
| Percobaan 3 | 9,14 | Merah |
| Percobaan 4 | 17,36 | Hijau |
| Percobaan 5 | 2,88 | Merah |
| Percobaan 6 | 1,44 | Merah |
| Percobaan 7 | 7,98 | Merah |
| Percobaan 8 | 4,58 | Merah |
| Percobaan 9 | 8,95 | Merah |
| Percobaan 10 | 4,61 | Merah |

Lampu indikator hijau akan menyala jika tegangan yang dihasilkan oleh PLTB lebih besar dari 12 V sedangkan jika tidak maka lampu merah yang akan menyala.

Tabel 4.5 Pengujian Program

| No. | Hal yang diuji | Sukses | Keterangan |
|-----|-----------------------|--------|---|
| 1 | <i>Verify sketch</i> | ✓ | Penulisan program tidak memiliki <i>error</i> |
| 2 | <i>Upload sketch</i> | ✓ | <i>Sketch</i> berhasil di- <i>upload</i> |
| 3 | <i>System Standby</i> | ✓ | Tidak ada gangguan saat <i>System Standby</i> |

Pada pengujian program, pertama-tama program berhasil pada saat *Verify sketch* yang artinya tidak memiliki *error*. Lalu setelah proses *Upload sketch*, program yang dibuat berhasil di-*upload* ke papan Arduino Uno dan saat *System Standby* tidak menunjukkan adanya gangguan.

Tabel 4.6 Pengujian *Desktop Client*

| No. | Hal yang diuji | Sukses | Keterangan |
|-----|------------------|--------|--|
| 1 | Menampilkan data | ✓ | Menampilkan data waktu, tegangan, dan arus |

Pada tampilan *Desktop Client*, data waktu, tegangan, dan arus didapat dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *sketch* Arduino Uno. Tampilan tersebut memungkinkan untuk melihat data yang beberapa detik, menit, jam yang lalu selama Arduino Uno tidak di-*reset* atau tidak kehilangan catu daya 5 V.

Tabel 4.7 Pengujian *Micro SD Card*

| No. | Hal yang diuji | Sukses | Keterangan |
|-----|--|--------|--|
| 1 | Menampilkan data | ✓ | Menampilkan data waktu, tegangan, dan arus |
| 2 | Penyimpanan data pada <i>micro SD card</i> | ✓ | Menyimpan data waktu, tegangan, dan arus |

Micro SD card menampilkan data dalam bentuk CSV (*Comma Separated Value*) dan menyimpannya sehingga dapat digunakan dalam *Microsoft Excel*.

4.3 Pembahasan

Setelah melakukan pengujian dan pengukuran, penulis menyimpulkan Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno mampu mengukur arus dan tegangan dengan akurat pada PLTB 500 W. Selain itu juga mampu menampilkannya melalui LCD dan *Desktop Client*. Lampu indikator juga dapat menunjukkan apakah tegangan yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengisi baterai (lampu hijau menyala) atau tidak (lampu merah menyala). Data waktu, tegangan, dan arus juga dapat disimpan dalam *micro SD card*.

Sensor Arus ACS 712 20 A juga telah diuji dapat mengukur arus dengan rerata akurasi sebesar 93,45% jika dibandingkan dengan arus yang diukur menggunakan AVO meter. Sementara itu *Voltage Sensor* 25 V juga telah diuji dapat mengukur tegangan dengan rerata akurasi sebesar 96,31% jika dibandingkan dengan tegangan yang diukur menggunakan AVO meter.

4.3.1 Kelebihan dan Kekurangan Alat

Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W ini memiliki beberapa kelebihan dan juga kekurangan berdasarkan pengukuran dan pengujian yang telah dilakukan oleh penulis.

4.3.1.1 Kelebihan Alat

Kelebihan dari Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W ini adalah sebagai berikut :

1. Data hasil monitoring dapat disimpan ke dalam *Micro SD card* sehingga dapat diakses dengan menggunakan komputer, laptop, dan *handphone*
2. Bentuknya tidak terlalu besar dan berat sehingga mudah dibawa dan mudah dalam pemasangannya
3. Dapat beroperasi meski hanya dengan menggunakan catu daya dari *power bank* sebesar 5 V
4. Tidak memerlukan koneksi internet karena pengiriman data menggunakan 1M CAT.6 Flat UTP *Cable*

4.3.1.2 Kekurangan Alat

Kekurangan dari Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W ini adalah sebagai berikut :

1. Desain alat kurang menarik, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut jika digunakan untuk kepentingan komersial

2. Mode pengiriman data ke LCD dan *Desktop Client* tidak dapat dijalankan bersamaan karena memori yang tidak cukup untuk menampung *global variable* pada *sketch* Arduino IDE
3. Ketika alat di-*reset*, maka waktu harus disetting secara manual agar sesuai dengan waktu yang sebenarnya

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W dapat mengukur arus dan tegangan dengan akurat. Hasil pengukuran tersebut juga dapat ditampilkan di LCD dan *Desktop Client* menggunakan jaringan LAN. Selain itu data tersebut dapat disimpan ke dalam *micro SD card*. Dengan menggunakan kabel UTP, maka alat ini dapat tetap bekerja di tempat yang mengalami masalah dengan koneksi internet atau daerah yang memang masih belum terjangkau oleh koneksi internet dan dengan menggunakan Arduino Uno sebagai pengendalinya, dapat diaplikasikan pada PLTB 500 W atau juga PLTB dengan kapasitas lain bahkan pembangkit listrik tenaga lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembuatan Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno dapat mengukur arus dan tegangan pada PLTB 500 W dengan akurat. Alat ini menggunakan *box panel* dengan ukuran 21 cm x 13 cm x 7 cm dan dilengkapi dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang di program menggunakan bahasa C arduino, LCD sebagai *display* dan *Desktop Client* untuk menampilkan waktu, tegangan, dan arus, lampu indikator merah yang akan menyala jika tegangan lebih dari 12 V dan lampu hijau yang akan menyala jika tegangan kurang dari sama dengan 12 V, serta *micro SD card* sebagai media penyimpanan data.
2. Dari hasil penelitian, data tegangan dan arus dapat ditampilkan di LCD dan *Desktop Client* dapat pula menampilkan waktu. *Micro SD card* dapat menyimpan data waktu, tegangan, dan arus dalam bentuk file CSV. ACS712 20 A dapat mengukur arus dari PLTB dengan akurasi sebesar 93,45% jika dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan AVO meter. *Voltage Sensor 25 V* dapat mengukur tegangan dari PLTB dengan akurasi sebesar 96,31% jika dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan AVO meter.
3. Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran, Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino Uno melalui LCD dan *Desktop Client* pada PLTB 500 W dapat

digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dengan akurat sehingga dapat memudahkan manusia untuk mengukurnya serta menyimpannya dalam sebuah *micro SD card* dalam bentuk file CSV.

5.2 Saran

Pada penelitian yang akan datang diharapkan alat monitoring dibuat menggunakan sensor yang lebih akurat sehingga lebih akurat dalam mengukur arus dan tegangan. Desain alat juga diharapkan dapat diperbaiki pada penelitian selanjutnya jika ingin digunakan untuk kepentingan komersial serta memperbesar kapasitas media penyimpan data yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shemmeri, T. 2010. Wind Turbines. *Ebook*. Di-*download* pada 23 Mei 2016
- Amariei, Cornel. 2015. Arduino Development Cookbook. *Ebook*. Di-*download* pada 29 April 2016
- Andika, Markus Nanda., Triharyanto, Y. Teguh., & Prasetya, Ricky Octavianus. 2007. Kincir Angin Sumbu Horisontal Bersudu Banyak. [*Skripsi*]. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
- Daryanto. 2010. *Teknik Konversi Energi*. Bandung: Satu Nusa
- Gussow, Milton. 2004. *Dasar-dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Erlangga
- Hayt, William H., Jack E. Kemmerly., & Steven M. Durbin. 2005. *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga
- Kadir, Abdul. 2015. *From Zero to a Pro*. Yogyakarta: Andi
- Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. 2007. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
- Santoso, Hari. 2015. Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula. *Ebook*. Di-*download* pada 3 April 2016
- Soekartawi. 1995. *Monitoring dan Evaluasi Proyek Pendidikan*. Jakarta: Pustaka Jaya
- Susanti, Ria. 2014. Peningkatan Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Pemrograman Dasar HTML dengan Menggunakan Model Belajar Berbasis Proyek di SMK BPSK. II Jakarta. [*Skripsi*]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
- Widianto, Ardhi Tris. 2015. Sistem Kontrol Kunci Pintu Rumah Menggunakan Jaringan Internet Berbasis Mikrokontroler Arduino. [*Skripsi*]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
- Widiatmoko, Astiyan. 2010. Studi Konfigurasi Jaringan Local Area Network (LAN) di Pusat Informasi Keagamaan dan Kehumasan Kementerian Agama. [*Skripsi*]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
- <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> diakses 20 Juni 2016 pukul 20:14

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield> diakses 23 Juni 2016 pukul 16:10

http://www.w3schools.com/html/html_intro.asp diakses 9 Juli 2016 pukul 19:19

<http://center.nano.or.id/apa-itu-nci> diakses 5 Januari 2017

<http://dokumen.tips/download/link/contoh-data-pengukuran-penjumlahan-akurasi-presisi> diakses 14 Februari 2017 pukul 4:02

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Pemasangan Sudu-sudu Turbin Angin



Lampiran 2 : Pemasangan Bagian *Hub* Turbin Angin



Lampiran 3 : Pemasangan *Tower*



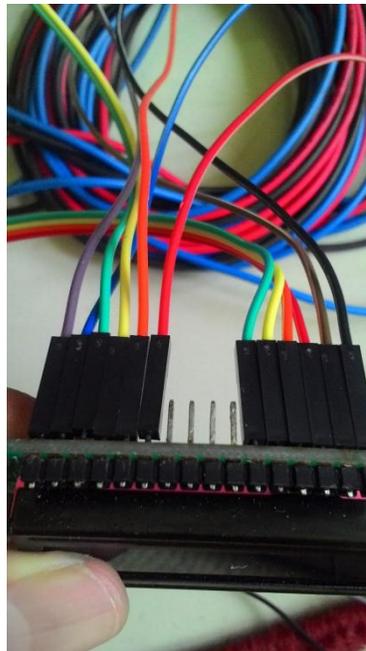
Lampiran 4 : Pemasangan *Tail Vane*



Lampiran 5 : Lubang Tempat Memasang LCD dan Lampu Indikator



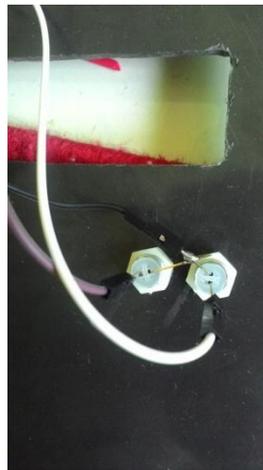
Lampiran 6 : Pemasangan kabel di pin LCD



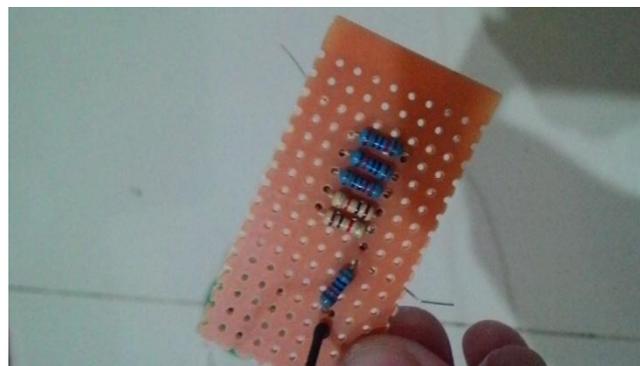
Lampiran 7 : Pemasangan ACS712 20 A dan *Voltage Sensor* 25 V



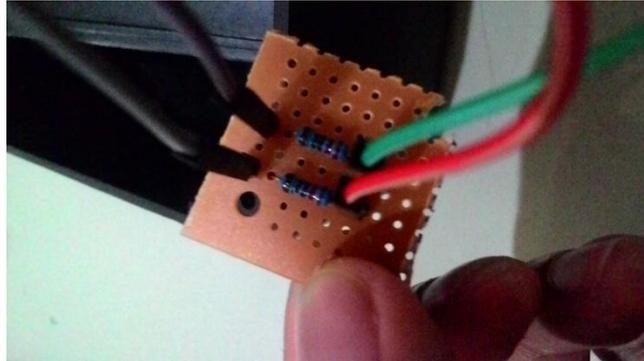
Lampiran 8 : Pemasangan kabel di Lampu LED Indikator



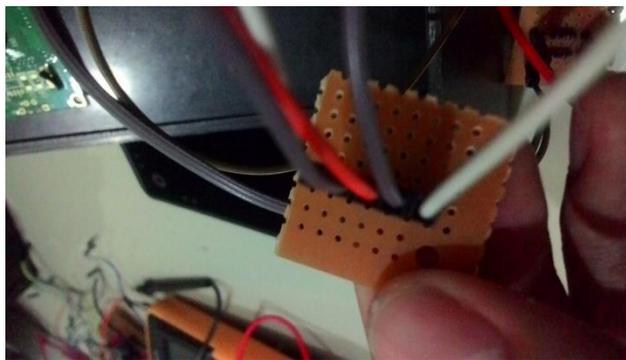
Lampiran 9 : Pemasangan Resistor untuk Membuat *Voltage Divider*



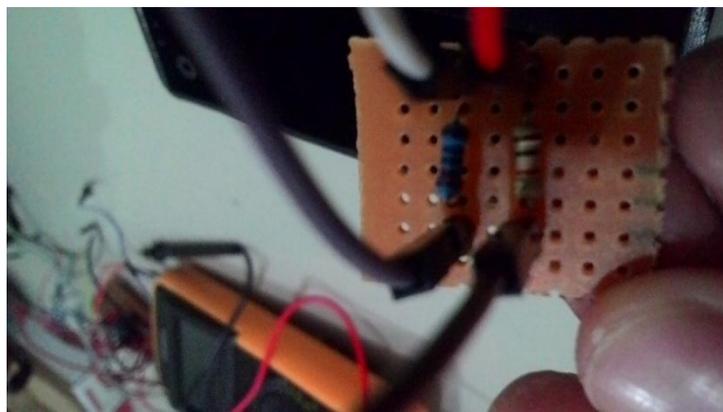
Lampiran 10 : Pemasangan Resistor 220 Ω untuk Membatasi Arus pada LED



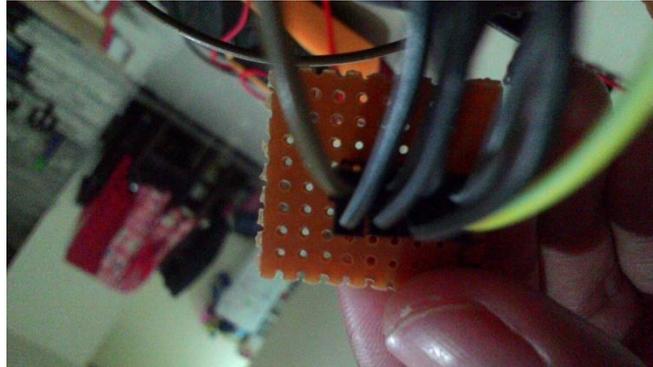
Lampiran 11 : Pemasangan Terminal 5 V



Lampiran 12 : Pemasangan Resistor 220 Ω dan 1 K Ω untuk LCD



Lampiran 13 : Pemasangan Terminal *Ground*



Lampiran 14 : Program melalui LCD

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
#include <TimeLib.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

```
const int RSpin = 9;
```

```
const int Epin = 8;
```

```
const int D4pin = 7;
```

```
const int D5pin = 6;
```

```
const int D6pin = 5;
```

```
const int D7pin = 3;
```

```
const int PINCS = 4;
```

```
char NAMAFILE[] = "turbin.csv";
```

```
const int lampuhijau = A2;
```

```
const int lampumerah = 2;
```

```
float valueV;
```

```
float valueA;
```

```
const int Volsens = A1;
```

```
const int ACS712 = A0;
```

```
float Tegangan1;
```

```
float Tegangan2;
```

```
float Tegangan;
```

```
float Vout;
```

```
float Arus;
```

```
float Daya;
```

```
int tg;
```

```
int bl;
```

```
int th;
```

```
int jam;
```

```
int menit;
```

```
int detik;
```

```
//buat LCD

LiquidCrystal lcd(RSpin, Epin, D4pin, D5pin, D6pin, D7pin);

void setup() {

    // put your setup code here, to run once:

    lcd.begin(16, 2);

    pinMode(A1, INPUT);

    pinMode(A0, INPUT);

    pinMode(lampuhijau,OUTPUT);

    pinMode(lampumerah, OUTPUT);

    setTime(14,59,50,24,01,2017);//jam menit detik tanggal bulan tahun

    Serial.begin(9600);

    // see if the card is present and can be initialized:

    if (!SD.begin(PINCS))

    {

        Serial.println("Problem di SD card");

        // don't do anything more:

        return;

    }

    Serial.println("Siap menyimpan data.");

}
```

```

void loop() {

    // put your main code here, to run repeatedly:

    valueV = analogRead (Volsens);

    Tegangan1 = (valueV/1023) * 5;

    Tegangan2 = Tegangan1 * 5;

    Tegangan = Tegangan2 * 4,2;

    //ACS712

    valueA = analogRead (ACS712);

    Vout = (valueA/1023) *5;

    Arus = (Vout/5 * 40) - 20;

    Daya = Tegangan * Arus;

    time_t waktu = now();

    dapatkanWaktu(waktu);

    //tampilkan waktu

    tampilkanWaktu(waktu);

    tampilkanWaktu2(waktu);

    //tampilkan tegangan di LCD

    lcd.print("V=  V");

    lcd.setCursor(2, 0);

    lcd.print(Tegangan);

    Serial.print(Tegangan);

    Serial.print(" ");

```

```
lcd.setCursor(0, 1);  
if (Tegangan > 12)  
{  
    analogWrite(lampuhijau, 255);  
    digitalWrite(lampumerah, LOW);  
}  
else  
{  
    analogWrite(lampuhijau, 0);  
    digitalWrite(lampumerah, HIGH);  
}  
  
//tampilkan arus di LCD  
lcd.print("I=  A");  
lcd.setCursor(2, 1);  
lcd.print(Arus);  
Serial.print(Arus);  
Serial.print(" ");  
lcd.setCursor(8, 0);  
  
//tampilkan daya di LCD  
lcd.print("P=  W");  
lcd.setCursor(10, 0);  
lcd.print(Daya);  
Serial.println(Daya);
```

```
simpandata();
```

```
delay (1000);
```

```
lcd.clear();
```

```
}
```

```
void dapatkanWaktu(time_t waktu)
```

```
{
```

```
    tg = day(waktu);
```

```
    bl = month(waktu);
```

```
    th = year(waktu);
```

```
    jam = hour(waktu);
```

```
    menit = minute(waktu);
```

```
    detik = second(waktu);
```

```
}
```

```
void tampilkanWaktu(time_t waktu)
```

```
{
```

```
    Serial.print(tg);
```

```
    Serial.print("/");
```

```
    Serial.print(bl);
```

```
    Serial.print("/");
```

```
    Serial.print(th);
```

```
    Serial.print(" ");
```

```
}
```

```
void tampilkanWaktu2(time_t waktu)
```

```
{
```

```
    tampil2digit(jam);
```

```
    Serial.print(':');
```

```
    tampil2digit(menit);
```

```
    Serial.print(':');
```

```
    tampil2digit(detik);
```

```
    Serial.print(" ");
```

```
}
```

```
void tampil2digit(int bil)
```

```
{
```

```
    if (bil < 10 && bil >= 0)
```

```
    // fileturbin.print('0');
```

```
    Serial.print('0');
```

```
    Serial.print(bil);
```

```
}
```

```
void simpandata()
```

```
{
```

```
    // open the file
```

```
    File fileturbin = SD.open(NAMAFILE, FILE_WRITE);
```

```
// jika tidak terdeteksi tidak dapat membuka file
if (!fileturbin)
{
    Serial.println("Tak dapat membuka file!");
    // ulangi jika tidak membuka
    return;
}
fileturbin.print(tg);
fileturbin.print('/');
fileturbin.print(bl);
fileturbin.print('/');
fileturbin.print(th);
fileturbin.print(" ");
fileturbin.print(jam);
fileturbin.print(':');
fileturbin.print(menit);
fileturbin.print(':');
fileturbin.print(detik);

fileturbin.print(",");

fileturbin.print(Tegangan);
```

```
fileturbin.print(",");

fileturbin.print(Arus);

fileturbin.print(",");

fileturbin.println(Daya);

fileturbin.close();
}
```

Lampiran 15 : Program melalui *Desktop Client*

```
#include <SPI.h>

#include <Ethernet.h>

#include <TimeLib.h>

// MAC address from Ethernet shield sticker under board
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

IPAddress ip(192, 168, 1, 177); // IP address, may need to change depending on
network

EthernetServer server(80); // create a server at port 80
```

```
String HTTP_req;      // stores the HTTP request

float valueV;

float valueA;

const int Volsens = A1;

const int ACS712 = A0;

float Tegangan1;

float Tegangan2;

float Tegangan;

float Vout;

float Arus;

float Daya;

int tg;

int bl;

int th;

int jam;

int menit;

int detik;

void setup()

{

    Ethernet.begin(mac, ip); // initialize Ethernet device
```

```

server.begin();      // start to listen for clients

Serial.begin(9600);  // for diagnostics

pinMode(A1, INPUT);

pinMode(A0, INPUT);

setTime(15,56,00,27,01,2017);//jam menit detik tanggal bulan tahun

}

void loop()
{
waktuteganganarusdaya();

EthernetClient client = server.available(); // try to get client

if (client) { // got client?

    boolean currentLineIsBlank = true;

    while (client.connected()) {

        if (client.available()) { // client data available to read

            char c = client.read(); // read 1 byte (character) from client

            HTTP_req += c; // save the HTTP request 1 char at a time

            // last line of client request is blank and ends with \n

            // respond to client only after last line received

            if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {

                // send a standard http response header

```

```
client.println("HTTP/1.1 200 OK");

client.println("Content-Type: text/html");

client.println("Connection: keep-alive");

client.println();

// AJAX request for switch state

if (HTTP_req.indexOf("ajax_switch") > -1) {

    // read switch state and analog input

    GetAjaxData(client);

}

else { // HTTP request for web page

    // send web page - contains JavaScript with AJAX calls

    client.println("<!DOCTYPE html>");

    client.println("<html>");

    client.println("<head>");

    client.println("<title>Desktop Client</title>");

    client.println("<script>");

    client.println("function GetSwitchAnalogData() {");

    client.println(

        "nocache = \"&nocache=\" + Math.random() * 1000000;");

    client.println("var request = new XMLHttpRequest());");

    client.println("request.onreadystatechange = function() {");

    client.println("if (this.readyState == 4) {");

    client.println("if (this.status == 200) {");
```

```

client.println("if (this.responseText != null) {");

client.println("document.getElementById(\"sw_an_data\").innerHTML += this.responseText;");

client.println("} } }");

client.println("request.open(\"GET\", \"ajax_switch\" + nocache,

true);");

client.println("request.send(null);");

client.println("setTimeout('GetSwitchAnalogData()', 1000);");

client.println("}");

client.println("</script>");

client.println("</head>");

client.println("<body onload=\"GetSwitchAnalogData()\">");

client.println("<h1>Monitoring Turbin Angin 500 W</h1>");

client.println("<div id=\"sw_an_data\">");

client.println("</div>");

client.println("</body>");

client.println("</html>");

}

// display received HTTP request on serial port

Serial.print(HTTP_req);

HTTP_req = ""; // finished with request, empty string

break;

```

```

    }

    // every line of text received from the client ends with \r\n

    if (c == '\n') {

        // last character on line of received text

        // starting new line with next character read

        currentLineIsBlank = true;

    }

    else if (c != '\r') {

        // a text character was received from client

        currentLineIsBlank = false;

    }

} // end if (client.available())

} // end while (client.connected())

delay(1); // give the web browser time to receive the data

client.stop(); // close the connection

} // end if (client)

}

// send the state of the switch to the web browser

void GetAjaxData(EthernetClient cl)

{

time_t waktu = now();

```

```
cl.println("<style>");
cl.println("table, th, td {");
cl.println("border: 1px solid black;");
cl.println("}");
cl.println("</style>");
cl.println("</head>");
cl.println("<body>");
cl.println("<table style=\"width:100%\">");

    cl.println("<tr>");
    cl.println("<td>");
    cl.println(day(waktu));
    cl.println(month(waktu));
    cl.println(year(waktu));
    cl.println(hour(waktu));
    cl.println(minute(waktu));
    cl.println(second(waktu));
    cl.println("</td>");
    cl.println("<td>");
    cl.print(Tegangan);
    cl.println("</td>");
    cl.println("<td>");
    cl.println(Arus);
```

```
cl.println("</td>");  
cl.println("<td>");  
cl.println(Daya);  
cl.println("</td>");  
cl.println("</tr>");  
cl.println("</table>");  
}
```

```
void waktuteganganarusdaya()  
{  
valueV = analogRead (Volsens);  
Tegangan1 = (valueV/1023) * 5;  
Tegangan2 = Tegangan1 * 5;  
Tegangan = Tegangan2 * 4,2;  
//ACS712  
valueA = analogRead (ACS712);  
Vout = (valueA/1023) * 5);  
Arus = (Vout/5 * 40) - 20;  
Daya = Tegangan * Arus;  
time_t waktu = now();  
dapatkanWaktu(waktu);  
}
```

```
void dapatkanWaktu(time_t waktu)
{
    tg = day(waktu);
    bl = month(waktu);
    th = year(waktu);
    jam = hour(waktu);
    menit = minute(waktu);
    detik = second(waktu);
}
```

RIWAYAT HIDUP



Romario Purba, lahir di Batam pada tanggal 16 Oktober 1994 yang merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Mudin Martinus Purba dan Ibu Lisbeth Dahlia Sibarani. Riwayat pendidikan SDS Citra Bahtera Hayat Batam tahun 2000-2006, SMP Negeri 9 Batam tahun 2006-2009, dan SMA Negeri 5 Batam tahun 2009-2012. Selanjutnya pada tahun ajaran 2012 peneliti mengikuti tes Seleksi Mandiri UNJ yang mengantarkannya ke Universitas Negeri Jakarta pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Konsentrasi Pembangkit Listrik. Selama masa perkuliahan peneliti menjalani program PKL (PraktikKerjaLapangan) di PT. Bright PLN Batam pada bagian Electrical Engineering selama satu bulan yaitu mulai 19 Januari 2015 sampai 20 Februari 2015. Peneliti juga menjalani program KKN (KuliahKerjaNyata) Desa Wantilan , Purwakarta selama satu bulan dari bulan Juli sampai Agustus 2015. Selain itu, peneliti menjalani program PKM (Praktik Keterampilan Mengajar) di SMK Bina Karya Mandiri Bekasi sebagai guru mata pelajaran Teknik Instalasi Tenaga Listrik dan terhitung dari bulan September sampai bulan Desember 2015.