

PEMBUATAN ALAT PENCATAT ARUS 3 PHASE MENGGUNAKAN SENSOR AC NON INVASIVE BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

Yuyut Adi Saputra, Herry Setyawan*, Sofia Ariyani**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata No. 49 Telepon 336728 Kotak Pos 104 Jember

Website : <http://ft.unmuhjember.ac.id> Fax.337957 Email : ft@unmuhjember.ac.id

Email : yuyut.adi@gmail.com

ABSTRAK

Sistem listrik bolak-balik 3 phase merupakan gabungan dari 3 buah sistem 1 phase yang sedemikian rupa sehingga diperoleh sistem 3 phase seimbang. Rangkaian listrik 3 Phase yang masing-masing phase berbeda 120° listrik. Ketiga GGL ini dibangkitkan dalam tiga pasang kumparan jangkar yang terpisah dalam generator AC, Tiga pasang kumparan ini dipasang terpisah 120° listrik pada jangkar generator. Pada setiap phase memiliki arus masing-masing dengan besar yang berbeda. Alat untuk menentukan besarnya arus menggunakan amperemeter. Amperemeter terdiri dari 2 macam yaitu amperemeter analog dan amperemeter digital. Untuk mengukur besar arus listrik pada rangkaian, rangkaian amperemeter disusun secara seri dengan kawat penghantar, dimana untuk melambungkan ampere meter digunakan simbol A pada skala. Setiap amperemeter mampu mendeteksi arus kecil yang melaluinya, serta memiliki hambatan yang sangat kecil sehingga hanya sedikit perubahan yang terjadi pada arus yang diukur. Namun memiliki kekurangan yaitu hanya dapat mengukur kuat arus sampai batas tertentu dan tidak dapat menyimpan data arus yang telah diukur. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis merancang sebuah alat yang dapat mencatat dan menyimpan data arus yang terbaca menggunakan sensor AC non invasive yang berbasis arduino mega 2560. Penulisan dimulai dengan menganalisis dan melakukan perancangan sistem baik hardware maupun software, kemudian dilanjutkan dengan melakukan coding pemrograman menggunakan program arduino IDE 1.8.3. serta melakukan pengujian pengambilan data arus 3 phase RST secara terpisah. Pengujian alat ini dilakukan pada gedung B dan C di lantai 2 UNMUH Jember, Pengujian alat ini dilakukan selama satu minggu dengan pengambilan data persepuluh menit dan menyimpan data arus juga persepuluh menit, pengambilan data dilakukan 1440 kali dalam bentuk normal dilakukan pada gedung B dan C di lantai 2 UNMUH Jember, pengujian alat ini dilakukan selama satu minggu dengan pengambilan data persepuluh menit dan menyimpan data arus juga persepuluh menit, pengambilan data dilakukan 1440 kali dalam waktu normal. Data disimpan dalam bentuk format text pada notepad. Sehingga didapatkan rata-rata arus RST pada masing-masing gedung yaitu Rata-Rata Arus 3 phase RST per minggu pada gedung C untuk arus R: 3.54A, S: 3.8A, T: 1.54 dan Rata-Rata Arus 3 phase RST per minggu pada gedung B untuk arus R: 3.04A, S 1.8A, T 6.24A. Rata-Rata perminggu didapatkan dari perhitungan rata-rata perhari pada phase RST di Gedung B dan C.

Kata Kunci : *Arus 3 Phase, Sensor non invasive, Amperemeter, arduino Mega 2560*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Biasanya sering kali terjadi beban tidak seimbang pada phase-phasanya (sistem distribusi merupakan sistem 3 phase) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian alat-alat listrik dari konsumen energi listrik.

Keseimbangan beban antar phase diperlukan untuk pemerataan beban sehingga meminimalkan perubahan yang diakibatkan oleh beban penuh. Hal ini juga penting karena bermanfaat pada teknik optimasi untuk menghasilkan sistem yang handal dan efisien. Sebuah konfigurasi 1 phase dengan 3 kabel dapat dikatakan tidak seimbang jika arus netral tidak bernilai nol. Hal ini terjadi karena beban

yang dikoneksikan, antara phase dan neutral tidak sama. Metoda yang dipakai untuk menganalisa keseimbangan beban salah satunya dengan menghitung jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada RST. Alat pencatat arus RST sudah mulai diteliti oleh peneliti sebelumnya. Sebagai referensi tugas akhir ini penulis mengambil beberapa jurnal skripsi sebagai acuan pembuatan alat. **Pengukuran daya listrik real time dengan menggunakan sensor ACS.712**, oleh BG Melipurbowo, tahun 2016. Pada tugas akhir ini membahas Jika tegangan sistem terlalu tinggi/rendah dapat melawati batas-batas toleransi, sehingga dapat mengganggu dan atau merusak beban dalam hal ini peralatan yang ada di konsumen. Kondisi beban mempunyai variasi dan besarnya berubah-ubah, bila beban meningkat maka tegangan diujung penerimaan menurun dan sebaliknya bila beban berkurang maka tegangan di ujung penerimaan naik.

Berdasarkan hal ini maka akan dibuat **“Pembuatan Alat Pencatat Arus 3 Phase Menggunakan Sensor Ac Non Invasive Berbasis Arduino Mega 2560”**. Kontrol otomatis pada alat ini menggunakan system mikrokontroller Arduino.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat untuk mencatat dan menyimpan arus 3 phase menggunakan sensor arus AC Non Invasive berbasis Arduino Mega 2560.
2. Bagaimana mengetahui dan mencatat rata-rata arus yang diketahui pada masing-masing phase RST.

1.2 Batasan Masalah

Sebuah penelitian akan meluas masalahnya apabila tidak ada batasan. Dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah penelitian sebagai berikut :

1. Menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai kendali utama untuk menjalankan/mengirimkan perintah pada setiap blok.
2. Menggunakan sensor arus AC non-invasive untuk menampilkan arus yang terbaca pada setiap phase.
3. Menggunakan memori SD Card 8 GB untuk menyimpan data yang terbaca oleh sensor arus AC non-invasive dalam bentuk text pada notepad.

1.3 Tujuan

Tujuan dari perancangan alat Pencatat Arus 3 Phase Menggunakan Sensor AC Non-Invasive Berbasis Arduino Mega 2560 ini adalah untuk mengukur dan mencatat besaran arus pada masing-masing phase (RST) serta dapat menyimpan data besaran arus yang terbaca oleh sensor arus AC Non-Invasive, menggunakan memori SD Card dalam format text pada notepad.

1.4 Metodologi

Perancangan dan Pembuatan Alat Pencatat Arus 3 Phase Menggunakan Sensor AC Non-Invasive Berbasis Arduino Mega 2560 memerlukan langkah-langkah penyelesaian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mempelajari referensi baik dari jurnal maupun internet tentang prinsip kerja sensor arus AC Non-Invasive dan dilanjutkan dengan mencari datasheet dan karakteristik pada setiap komponen yang akan digunakan dalam penelitian

2. Perencanaan Dan Pembuatan

Merencanakan dan membuat peralatan sistem yang dibutuhkan baik perangkat keras dan perangkat lunak.

3. Pengujian Alat

Mengintegrasikan alat yang berupa perangkat keras dengan sistem perangkat lunak dan melakukan pengujian pada setiap bagian yang telah ditentukan serta pengambilan data.

4. Analisa dan pembahasan

Menganalisa dan membahas secara keseluruhan dari alat yang dibuat.

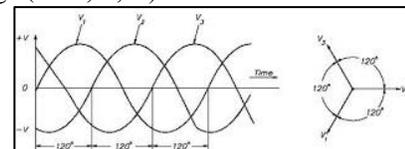
5. Penarikan kesimpulan

Berisi tentang kesimpulan dari alat yang dibuat kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan analisa sistem, kekurangan / kelebihan serta saran yang sifatnya membangun untuk penyempurnaan penelitian yang akan datang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem 3 Phase (RST)

Pada sistem tenaga listrik 3 phase, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang, P pembangkitan = P pemakaian, dan juga pada tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 phase yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 phase dengan yang lainnya mempunyai beda phase sebesar 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , dan dapat dihubungkan secara bintang (Y, wye) atau segitiga (delta, Δ , D).



Gambar 2.1 Sistem 3 Phase.

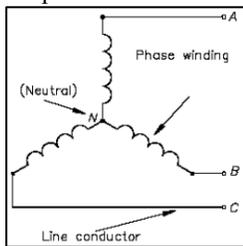
(Sumber : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

Gambar 2.1 menunjukkan fasor diagram dari tegangan phase. Bila fasor-fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan

sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari phase terjadi berturut-turut untuk phase V1, V2 dan V3. sistem 3 phase ini dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa a – b – c . sistem tegangan 3 phase dibangkitkan oleh generator sinkron 3 phase.

2.1.1 Hubungan Bintang (Y, wye)

Pada hubungan bintang (Y, wye), ujung-ujung tiap phase dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal a – b – c mempunyai besar magnitude dan beda fasa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral. Tegangan Va, Vb dan Vc disebut tegangan “phase” atau Vf.

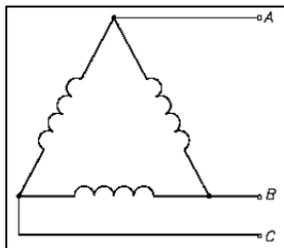


Gambar 2.2 Hubungan Bintang (Y, wye)
(Sumber : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

Dengan adanya saluran / titik netral maka besaran tegangan phase dihitung terhadap saluran / titik netralnya, juga membentuk sistem tegangan 3 phase yang seimbang dengan magnitudenya (akar 3 dikali magnitude dari tegangan phase). $V_{line} = \text{akar } 3 \text{ } V_{Phase} = 1,73V_{Phase}$. Sedangkan untuk arus yang mengalir pada semua phase mempunyai nilai yang sama yaitu $I_{Line} = I_{Phase}$ dan $I_a = I_b = I_c$.

2.1.2 Hubungan Segitiga

Pada hubungan segitiga (delta, Δ, D) ketiga phase saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 phase.



Gambar 2.3 Hubungan Segitiga (delta, Δ, D).
(Sumber : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

Dengan tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung

antar phase, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama, maka:

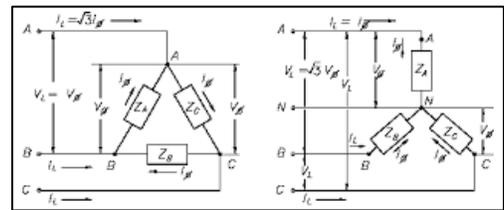
$$V_{line} = V_{phase}$$

Tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga:

$$I_{line} = \text{akar } 3 \text{ } I_{phase} = 1,73I_{phase}$$

2.1.3 Daya Sistem 3 Phase Pada Beban Yang Seimbang

Jumlah daya yang diberikan oleh suatu generator 3 phase atau daya yang diserap oleh beban 3 phase, diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap-tiap phase. Pada sistem yang seimbang, daya total tersebut sama dengan tiga kali daya phase, karena daya pada tiap-tiap phasanya sama.



Gambar 2.4 Hubungan Bintang dan Segitiga yang seimbang.

(Sumber : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

Jika sudut antara arus dan tegangan adalah sebesar θ, maka besarnya daya perphase adalah :

$$P_{phase} = V_{phase} \cdot I_{phase} \cdot \cos \theta$$

sedangkan besarnya total daya adalah penjumlahan dari besarnya daya tiap phase, dan dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$P_T = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos \theta$$

Pada hubungan bintang, karena besarnya tegangan saluran adalah $1,73V_{phase}$ maka tegangan perfasanya menjadi $V_{line}/1,73$, dengan nilai arus saluran sama dengan arus phase, $I_L = I_f$, maka daya total (PTotal) pada rangkaian hubung bintang (Y) adalah:

$$P_T = 3 \cdot V_L / 1,73 \cdot I_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Pada hubung segitiga, dengan besaran tegangan line yang sama dengan tegangan fasanya, $V_L = V_{fasa}$, dan besaran arusnya $I_{line} = 1,73I_{phase}$, sehingga arus perfasanya menjadi $I_L/1,73$, maka daya total (Ptotal) pada rangkaian segitiga adalah:

$$PT = 3.IL/1,73.VL.cos \theta = 1,73.VL.IL.cos \theta$$

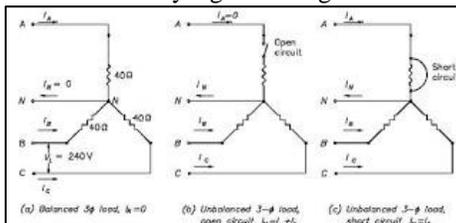
Dari persamaan total daya pada kedua jenis hubungan terlihat bahwa besarnya daya pada kedua jenis hubungan adalah sama, yang membedakan hanya pada tegangan kerja dan arus yang mengalirinya saja, dan berlaku pada kondisi beban yang seimbang.

2.1.4 Daya Sistem 3 Phase Pada Beban Yang Tidak Seimbang

Sifat terpenting dari pembebanan yang seimbang adalah jumlah phasor dari ketiga tegangan adalah sama dengan nol, begitupula dengan jumlah phasor dari arus pada ketiga phase juga sama dengan nol. Jika impedansi beban dari ketiga phase tidak sama, maka jumlah phasor dan arus netralnya (In) tidak sama dengan nol dan beban dikatakan tidak seimbang. Ketidakseimbangan beban ini dapat saja terjadi karena hubung singkat atau hubung terbuka pada beban. Dalam sistem 3 phase ada 2 jenis ketidakseimbangan, yaitu:

1. Ketidakseimbangan pada beban.
2. ketidakseimbangan pada sumber listrik (sumber daya).

Kombinasi dari kedua ketidakseimbangan sangatlah rumit untuk mencari pemecahan permasalahannya, oleh karena itu kami hanya akan membahas mengenai ketidakseimbangan beban dengan sumber listrik yang seimbang.



Gambar 2.5 Ketidakseimbangan Beban Pada Sistem 3 Phase.

(Sumber : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

Pada saat terjadi gangguan, saluran netral pada hubungan bintang akan teraliri arus listrik. Ketidakseimbangan beban pada sistem 3 phase dapat diketahui dengan indikasi naiknya arus pada salah satu phase dengan tidak wajar, arus pada tiap phase mempunyai perbedaan yang cukup signifikan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan.

2.2 Rumus Efisiensi Arus

Pada transformator ideal, tidak ada energi yang diubah menjadi bentuk energi lain di dalam transformator sehingga daya listrik pada kumparan skunder sama dengan daya listrik pada kumparan primer. Atau dapat dikatakan efisiensi pada transformator ideal adalah 100 persen. Untuk transformator ideal berlaku persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_p &= P_s & P_p &= \text{daya primer (watt)} \\
 V_p \times I_p &= V_s \times I_s & P_s &= \text{daya sekunder (watt)} \\
 \frac{V_p}{V_s} &= \frac{I_s}{I_p} & V_p &= \text{tegangan primer (Volt)} \\
 \frac{I_s}{I_p} &= \frac{N_p}{N_s} & V_s &= \text{tegangan sekunder (Volt)} \\
 & & I_p &= \text{kuat arus sekunder (ampere)} \\
 & & I_s &= \text{kuat arus primer (ampere)} \\
 & & N_p &= \text{jumlah lilitan primer} \\
 & & N_s &= \text{jumlah lilitan sekunder}
 \end{aligned}$$

Gambar 2.6 Rumus Efisiensi Arus
(Sumber : <http://febriyanto121.blogspot.co.id>)

2.3 Menghitung Konsumsi Daya Listrik Perhari

Ada hubungan erat antara nilai uang dengan tingkat kecanggihan sebuah produk perangkat elektronik. Dengan mengetahui besaran biaya yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan sebuah perangkat elektronik, kita dapat memiliki sebagian pemahaman dan penilaian sendiri atas teknologi dari produk perangkat elektronik tersebut. Tetapi, harus diingat, hal itu hanya berlaku dalam ruang lingkup besar pemakaian daya saja. Bukan aksesoris yang melengkapi penampilan dan fisik perangkat. Berikut cara menghitung biaya listrik perhari:

1. (watt Alat x jam penggunaan perhari ÷ 1000) = konsumsi KiloWatt-hour (kWh) Harian.
2. 1 kiloWatt (kW) = 1000 Watt
3. Contoh perhitungan untuk PC dan Monitornya
(120+150 watt x 4 jam/hari) = 1.08 kWh/hari
4. Kalikan konsumsi kWh per hari di atas dengan jumlah hari pemakaian dalam sebulan dan harga listrik per kWh akan diperoleh biaya yang harus dibayarkan perbulannya.

2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino MEGA 2560 mempunyai sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan sebuah komputer, Arduino lainnya atau

mikrokontroler lainnya. Atmega 328 menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah Atmega 16U2 pada channel board serial komunikasinya melalui USB dan muncul sebagai sebuah port virtual ke software pada komputer. Firmware 16U2 menggunakan driver USB COM standar, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan.



Gambar 2.7 Arduino Mega 2560

(Sumber : <https://www.sainsmart.com>)

Software Arduino mencakup sebuah serial monitor yang memungkinkan data tekstual terkirim ke dan dari board Arduino. LED RX dan TX pada board akan menyala ketika data sedang ditransmit melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB pada komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Sebuah SoftwareSerial library memungkinkan untuk komunikasi serial pada beberapa pin digital MEGA. Atmega328 juga mensupport komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Software Arduino mencakup sebuah Wire library untuk memudahkan menggunakan bus I2C, lihat dokumentasi untuk lebih jelas.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

(Sumber : <https://widuri.raharja.info/index.php>)

Chip Mikrokontroler	Spesifikasi
Mikrokontroler	Atmega 2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan)	7V – 12V
Tegangan input (limit)	6V – 20V
Digital I/O pin	54 (15 diantaranya menyediakan PWM)
Analog input pin	16
Arus DC per pin I/O	40mA
Arus DC pin 3,3V	50Ma
Memori flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Hz

Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

1. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (Transistor-Transistor Logic). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip Serial Atmega8U2 USB-ke-TTL.
2. External Interrupts: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah interrupt (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi `attachInterrupt()` untuk lebih jelasnya.
3. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi `analogWrite()`.
4. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan SPI library.
5. LED: 13. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai *HIGH* LED menyala, ketika pin bernilai *LOW* LED mati.

Arduino MEGA mempunyai 6 input analog, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara default, 6 input analog tersebut mengukur dari ground sampai tegangan 5 Volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangananya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`. Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial:

1. TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL. Mensupport komunikasi TWI dengan menggunakan Wire library
2. Ada sepasang pin lainnya pada board:
3. AREF. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan `analogReference()`.
4. Reset. Membawa saluran ini *LOW* untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang memblock sesuatu pada board komunikasi.

2.5 Sensor Arus AC Non-Invasive

Modul sensor ini bisa digunakan untuk mengukur arus AC (*alternate current*) secara *non-invasive* (tidak mempengaruhi rangkaian elektronika yang diukur karena pengukuran dilakukan tanpa kontak elektrik langsung - juga dikenal dengan istilah "*split core current transformer*") dengan cara "penjepitan" (*clamping*) pada kabel pembawa arus.

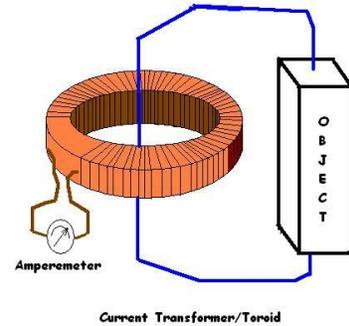
Cara kerjanya dengan berfungsi sebagai koil induksi yang mendeteksi perubahan medan magnet yang terjadi di sekeliling konduktor pembawa arus. Dengan mengukur jumlah arus yang dibangkitkan oleh koil kita dapat menghitung jumlah arus yang melewati konduktor tersebut (prinsip medan magnet pada trafo / *transformer*). Modul ini sudah memiliki resistor pembagi beban / *load sampling resistor* sebesar 200Ω yang mengubah arus menjadi tegangan terukur.



Gambar 2.8 Sensor Arus Non-Invasive

Karakteristik Elektrik

- Koefisien transformasi 1000:1
- Rentang arus terukur / *input metered current*: 0 ~ 200 Ampere AC
- Rentang arus keluaran / *output current*: 0 - 200 mA
- Resistor pembagi beban / *load sampling resistor*: 200Ω
- Tegangan pengukuran keluaran / *output sampling voltage*: 0 ~ 1 Volt DC
- Frekuensi operasional: 20 Hz ~ 20 kHz
- Rentang suhu operasional: $-55^{\circ} \sim +85^{\circ}\text{C}$
- Kekuatan dielektris / *dielectric strength*: 6 KVAC / 1 menit
- Antarmuka: pin header 0,1" 3-pin dan antarmuka Grove 4-pin

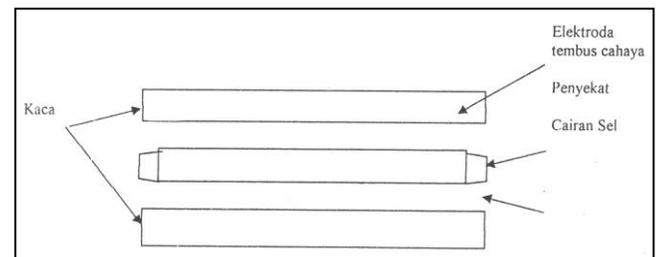


Gambar 2.9 Rangkaian Sensor Arus Non-Invasive

(<https://stefanuswindarhariadi.files.wordpress.com>)

2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

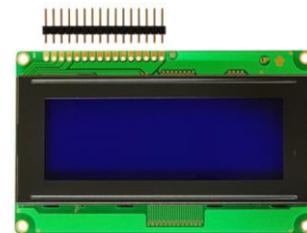
LCD (*liquid Crystal Display*) merupakan komponen penampil dari kelompok optoelektronik. LCD terbuat dari bahan kristal cair dari komponen organik yang mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair. Sel kristal cair terdiri dari selapis bahan kristal cair yang diapit (*sandwich*) antara gelas tipis dan elektroda lapisan logam transparan yang diendapkan pada bagian dalam gelas seperti gambar berikut :



Gambar 2.10 Konstruksi Cairan Sel Kristal

(Sumber : <https://starduino.wordpress.com>)

LCD 16x2 yang artinya LCD tersebut terdiri dari 16 kolom dan 2 baris karakter (tulisan). yang perlu di disiapkan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.11 Bentuk Fisik LCD

(Sumber :

<http://www.gravitech.us/20chyelcdwib.html>)

Tabel 2.2 pin dari LCD 20 X 4
(Sumber : <http://www.ocinside.de>)

No Kaki/Pin	Nama	Keterangan
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	RS	Register Select
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7
15	Anoda	Tegangan backlight positif
16	Katoda	tegangan backlight Negatif

Pin LCD nomor 4 (RS) merupakan Register Selector yang berfungsi untuk memilih Register Kontrol atau Register Data. Register kontrol digunakan untuk mengkonfigurasi LCD. Register Data digunakan untuk menulis data karakter ke memori display LCD. Pin LCD nomor 5 (R/W) digunakan untuk memilih aliran data apakah READ ataukah WRITE. Karena kebanyakan fungsi hanya untuk membaca data dari LCD dan hanya perlu menulis data saja ke LCD, maka kaki ini dihubungkan ke GND (WRITE). Pin LCD nomor 6 (ENABLE) digunakan untuk mengaktifkan LCD pada proses penulisan data ke Register Kontrol dan Register Data LCD. Menyambungkan LCD dengan Board Arduino.

1. Pin RS (kaki 4) di sambungkan dengan pin arduino digital pin 12
2. Pin E (kaki 6) di sambungkan dengan pin arduino digital pin 11
3. Pin D4 (kaki 11) di sambungkan dengan pin arduino digital pin 5
4. Pin D5 (kaki 12) di sambungkan dengan pin arduino digital pin 4
5. Pin D6 (kaki 13) di sambungkan dengan pin arduino digital pin 3

6. Pin D7 (kaki 14) di sambungkan dengan pin arduino digital pin 2
7. sambungkan potensio 10 KOhm ke +5v dan GND , dan Pin LCD 3 ke potensio
8. Pin 5 (R/W) ke Ground

2.7 SD Card Arduino

Micro Sd adalah kartu memori yang pada umumnya berukuran 11 x 15mm, dengan berbagai ukuran kapasitas yang digunakan untuk keperluan penyimpanan data maupun pembacaan data yang sudah ada didalamnya. Data tersebut bersifat digital yang dapat berupa data gambar, dokumen, video, maupun audio. Peringkat kecepatan transfer rate yang di kenal dengan Speed Class yang merupakan standar kecepatan yang ada pada SD Card. Untuk saat ini terdapat beberapa speed class antara lain :

- Class 2 : dengan kecepatan 2 MB/s
- Class 4 : dengan kecepatan 4 MB/s
- Class 6 : dengan kecepatan 6 MB/s
- Class 10 : dengan kecepatan 10 MB/s
- UHS 1 : dengan kecepatan 10 MB/s
- UHS 3 : dengan kecepatan 30 MB/s

2.7.1 Modul SD Card Arduino

Modul micro sd merupakan modul untuk mengakses memori card yang bertipe micro SD untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (Serial Parallel Interface). Modul ini cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan media penyimpan data, seperti sistem absensi, sistem antrian, maupun sistem aplikasi data logging lainnya.



Gambar 2.12 Modul Micro SD
(Sumber : <https://www.makerlab-electronics.com>)

2.7.2 Fitur Dan Spesifikasi

- Mendukung pembacaan kartu memori SD Card biasa (<=2G) maupun SDHC card (high-speed card) (<=32G)
- Tegangan operasional dapat menggunakan tegangan 5V atau 3.3V

- Arus operasional yang digunakan yaitu 80mA (0.2~200mA)
- Menggunakan antarmuka SPI
- Pada modul ini sudah terdapat 4 lubang baut guna untuk pemasangan pada rangkaian lainnya
- Ukuran modul yaitu 42 x 24 x 12 mm

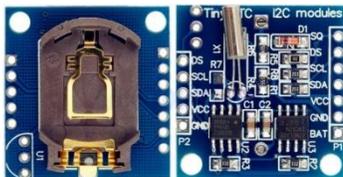
2.8 Real Time Clock (RTC) DS1307

Real-time clock DS1307 adalah IC yang dibuat oleh perusahaan Dallas Semiconductor. IC ini memiliki kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik. Real-time clock DS1307 memiliki fitur sebagai berikut :

- Real-time clock (RTC) menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal dan bulan dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100.
- 56-byte, battery-backed, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan.
- Antarmuka serial Two-wire (I2C).
- Sinyal keluaran gelombang-kotak terprogram (Programmable squarewave).
- Deteksi otomatis kegagalan-daya (power-fail) dan rangkaian switch.
- Konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.
- Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga +85°C.
- Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.

Sedangkan daftar pin RTC DS1307 adalah sebagai berikut :

- VCC – Primary Power Supply.
- X1, X2 – 32.768kHz Crystal Connection.
- VBAT – +3V Battery Input.
- GND – Ground.
- SDA – Serial Data.
- SCL – Serial Clock.
- SQW/OUT – Square Wave/Output Driver.



Gambar 2.13 RTC DS1307

(Sumber : <https://ae01.alicdn.com>)

Untuk masing-masing pin akan di jelaskan sebagai berikut:

- X1**
Merupakan pin yang digunakan untuk dihubungkan dengan X2
- X2**
Berfungsi sebagai keluaran/ output dari crystal yang digunakan. Trhubung juga dengan X1.
- V_{BAT}**
Merupakan backup supply untuk serial RTC dalam menjalankan fungsi waktudan tanggal. Besarnya adalah 3V dengan menggunakan jenis Lithium Cellatau sumber energi lain. Jika pin ini tidak di gunakan maka harus terhubung dengan Ground. Sumber tegangan dengan 48mAH atau lebih besar dapat digunakan sebagai cadangan energi sampai lebih dar 10 tahun, namun dengan persyaratan untuk pengoprasian dalam suhu 25°C.
- GND**
Berfungsi sebagai Ground.
- SDA**
Barfungsi sebagai masukan / keluaran (I/O) untuk I2C serial interface. Pin ini bersifat open drain, oleh sebab itu membutuhkan eksternal pull up resistor.
- SCL**
Berfungsi sebagai clock untuk input ke I2C dan digunakan untuk mensinkronisasi pergerakan data dalam serial interface.bersifat open drain,oleh sebab itu membutuhkan eksternal pull up resistor.
- SWQ/OUT**
Sebagai square wafe / Output Driver . jika di aktifkan, maka akan menjadi 4frekuensi gelombang kotak yaitu 1 Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz sifat dari pin ini sama dengan sifat pin SDA dan SCL sehingga membutuhkan eksternal pull upresistor. Dapat dioprasikan dengan VCC maupun dengan V_{BAT}.

BAB IV PEMBAHASAN DAN PENGUJIAN

Pada bab ini akan dibahas pengujian dan analisa terhadap perangkat keras yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan

pengecekan dan pengukuran jalur rangkaian serta menguji komponen penunjangnya secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sesuai dengan perancangan atau belum sesuai dengan perancangan, pengujian yang dilakukan pada bab ini meliputi:

1. Pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560
2. Pengujian Catu Daya Regulator
3. Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16 X 2
4. Pengujian Timer RTC (*Real-Time Clock*)
5. Kalibrasi Sistem
6. Pengujian Keseluruhan Sistem

4.1 Pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560

a) Tujuan

Tujuan dari pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560 adalah untuk mengetahui keadaan arduino dalam kondisi bagus, error atau dalam keadaan rusak, sehingga kita dapat mengantisipasi jika hal tersebut terjadi.

b) Tahap Persiapan

1. Software Arduino 1.8.3
2. Modul Arduino Mega 2560
3. Kabel USB Serial
4. Kabel jumper secukupnya
5. Lampu LED

c) Tahap Pengujian

1. Jalankan aplikasi arduino untuk memulai sistem pemrograman.
2. Pilih menu tools lalu Board terus Arduino/Genuino Mega or Mega 2560 untuk menentukan jenis arduino yang dipakai.
3. Pilih tools lalu port terus COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560) untuk menentuka port untuk menghubungkan arduino pada PC.
4. Selanjutnya tulis program pada aplikasi arduino untuk menyalakan LED.

```
//Menguji Mikrokontroler Arduino Mega 2560.
void setup() {
  // Pin 13 sebagai Output.
  pinMode(13, OUTPUT);
}
// Mengaktifkan dan Memantikan LED
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // Lampu LED ON
  delay(1000); // Timer 1 Detik
  digitalWrite(13, LOW); // Lampu LED OFF
  delay(1000); // Timer 1 Detik
}
```

5. Simpan program yang sudah ditulis, kemudian verify>upload.
6. Sebelum upload, pastikan kabel usb serial dan arduino mega 2560 sudah terhubung dengan computer dan LED sudah terpasang.
7. Proses upload berhasil tanpa ada tulisan error (tanpa ada kesalahan penulisan), Menandakan bahwa modul arduino mega 2560 masih layak digunakan.



Gambar 4.1 Pengujian Arduino Mega 2560

4.2 Pengujian Catu Daya Regulator

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur berapa tegangan output pada rangkaian adaptor dan regulator agar komponen dapat bekerja dengan baik.

a) Tujuan

Tujuannya adalah untuk mengetahui nilai tegangan pada catu daya saat tegangan melewati rangkaian agar tidak terjadi kerusakan alat pengujian ini menggunakan multimeter digital.

b) Tahap Persiapan

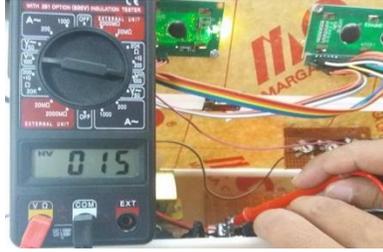
1. Adaptor 12 V
2. Rangkaian Regulator 12 V
3. Rangkaian Regulator Step Down
4. Multimeter Digital

c) Tahap Pengujian

Pengujian di lakukan dengan dua tahap pengujian yaitu pengujian rangkaian regulator 12 V, dan pengujian rangkaian regulator step down.

1. Pengujian Rangkaian Regulator 12 V

Hubungkan adaptor pada sumber tegangan pilih adaptor 12 V, atur multi meter pada pengukuran daya DC hubungkan multimeter probe positif warna merah pada output jalur positif dan hubungkan probe negatif warna hitam pada output jalur negatif, setelah amati nilai yang tertera pada multi meter catat hasil keluaran dari adaptor tersebut.



Gambar 4.2 Pengujian Adaptor Tanpa Regulator

2. Pengujian Rangkaian Regulator Step Down

Rangkaian regulator step down digunakan untuk menurunkan tegangan yang awal 12 Volt menjadi 4 volt – 10 Volt tergantung pengaturan dari variabel resistornya. Cara pengukuran output tegangannya sama dengan cara mengukur regulator 12 Volt DC.



Gambar 4.3 Pengujian Rangkaian Regulator Step Down

4.3 Pengujian *Liquid Crystal Display (LCD) 16 X 2*

a) Tujuan

Untuk menampilkan karakter waktu dan arus yang terbaca/lewat pada phase RST dengan menggunakan sensor arus AC non invasive.

b) Tahap Persiapan

1. Software Arduino 1.8.3
2. Modul Arduino Mega 2560
3. Kabel USB Serial
4. Modul LCD 16 x 2 tiga buah
5. Kabel Jumper Secukupnya

c) Tahap Pengujian

1. Pasang power 5 Volt dan Groundnya
2. Sebelum memprogram, terlebih dahulu include library pada software arduino yang sudah diinstall.
3. Hubungkan data LCD 1 ke pin 3 digital arduino, LCD 2 pin 8 dan LCD 3 pin 9.
4. Pilih menu sketch>include library>Add .ZIP Library, pilih folder liquidCrystal disimpan, lalu open.

Maka akan muncul pada include library.

5. Pada saat memprogram, pastikan Wire sudah terbaca dengan cara menu sketch>include library>Wire.



Gambar 4.4 Pengujian 3 LCD 16 x 2

4.4 Pengujian Timer RTC (*Real Time Clock*)

a) Tujuan

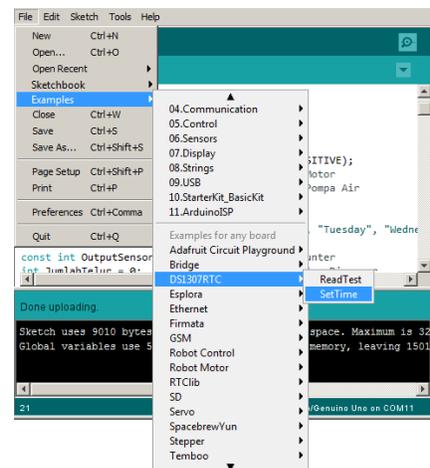
Untuk menampilkan karakter yang berkelanjutan sehingga arus yang terbaca oleh sensor dapat ditampilkan dan disimpan secara real time.

b) Tahap Prsiapan

1. Software Arduino 1.8.3
2. Arduino Mega 2560
3. Kabel USB Serial
4. Kabel Jumper Secukupnya

c) Tahap Pengujian

1. Setting RTC terlebih dahulu dengan cara pilih menu file pada program arduino, kemudian Examples > DS1307RTC > SetTime.
2. Namun sebelum settime RTC, terlebih dahulu masukan library RTC pada Library Software Arduino 1.8.2 agar pada saat dijalankan, RTC DS1307 terbaca pada program.
3. Pada settime RTC, Program di Save, selanjutnya di Upload pada Arduino UNO menggunakan kabel USB serial.



Gambar 4.5 Setting Timer RTC

4. Tunggu hingga proses upload selesai, maka settine RTC sudah selesai. Pastikan tidak ada error.
5. Kita dapat merubah Settime RTC sesuai dengan waktu yang diinginkan. Berikut program setTime RTC.

```
#include <Wire.h>
#include <TimeLib.h>
#include <DS1307RTC.h>
const char *monthName[12] = {
  "Jan", "Feb", "Mar", "Apr", "May", "Jun",
  "Jul", "Aug", "Sep", "Oct", "Nov", "Dec"
};
```

```
tmElements_t tm;
void setup() {
  bool parse=false;
  bool config=false;
  // get the date and time the compiler was run
  if (getDate(__DATE__) && getTime(__TIME__)) {
    parse = true;
    // and configure the RTC with this info
    if (RTC.write(tm)) {
      config = true;
    } }
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial); // wait for Arduino Serial Monitor
  delay(200);
  if (parse && config) {
    Serial.print("DS1307 configured Time=");
    Serial.print(__TIME__);
    Serial.print(", Date=");
    Serial.println(__DATE__);
  } else if (parse) {
    Serial.println("DS1307 Communication Error :-{");
    Serial.println("Please check your circuitry");
  } else {
    Serial.print("Could not parse info from the compiler,
Time=");
    Serial.print(__TIME__);
    Serial.print("\", Date=");
    Serial.print(__DATE__);
    Serial.println("\");
  } }
```

```
void loop() {
}
bool getTime(const char *str)
{
  int Hour, Min, Sec;
  if (sscanf(str, "%d:%d:%d", &Hour, &Min, &Sec) != 3) return
false;
  tm.Hour = Hour;
  tm.Minute = Min;
  tm.Second = Sec;
  return true;
}
bool getDate(const char *str)
{
  char Month[12];
  int Day, Year;
  uint8_t monthIndex;
  if (sscanf(str, "%s %d %d", Month, &Day, &Year) != 3) return
false;
  for (monthIndex = 0; monthIndex < 12; monthIndex++) {
    if (strcmp(Month, monthName[monthIndex]) == 0) break;
  }
  if (monthIndex >= 12) return false;
  tm.Day = Day;
  tm.Month = monthIndex + 1;
  tm.Year = CalendarYrToTm(Year);
  return true;
}
```



Gambar 4.6 Pengujian RTC (*Real Time Clock*)

4.5 Kalibrasi Sistem

4.5.1 Kalibrasi Sensor

a) Tujuan

Untuk menyamakan data yang terbaca oleh Sensor Arus Non-Invasive dengan Ampere Meter dengan selisih sekecil mungkin.

b) Tahap Prsiapan

1. Software Arduino 1.8.3
2. Arduino Mega 2560
3. Kabel USB Serial
4. Kabel Jumper Secukupnya

c) Tahap Pengujian

1. Pasang Ampere Meter Pada Phasa R dan Sensor Arus Non-Invasive Juga

- Pada Phasa R juga untuk phase S dan T.
- Setelah arus terbaca oleh ampere meter, cek juga di LCD apa menunjukan angka yang sama atau tidak.
 - Jika angka di Ampere meter dan LCD yg ditampilkan sama maka jangan di putar VR pada rangkaian kalibrasi tersebut, dan apabila nilainya beda, putar VR sehingga mencapai nilai yang sama atau mendekati nilai pada Ampere Meter.

Tabel 4.1 Kalibrasi sistem Sensor Arus Non-Invasive

No	Arus	Ampere Meter	Sensor	Eror
1	R	3.9 A	3.84 A	0.06
2	S	1.3 A	1.32 A	-0.02
3	T	1 A	1.1 A	-0.1
4	Keakuratan sensor			0.03



Gambar 4.7 Kalibrasi Sensor Arus Non-Invasive pada Phase R.



Gambar 4.8 Kalibrasi Sensor Arus Non-Invasive Pada Phase S



Gambar 4.9 Kalibrasi Sensor Arus Non-Invasive Pada Phase T.

4.5.2 Fungsi dan Kinerja Alat

Alat ini berfungsi sebagai pencatat arus sekaligus untuk mengetahui beban tidak seimbang pada masing-masing phase RST, kinerja alat ini berlangsung secara *real time* dalam waktu normal (tanpa terjadinya pemadaman) pengambilan data pada alat ini dilakukan setiap sepuluh menit, pengambilan data maksimal 1440 dalam waktu normal setiap harinya, kemudian data yang sudah diambil langsung di simpan pada SD Card dalam format text pada NotePad.

4.5.3 Analisa Kesalahan dan Keandalaan Sistem

Dari hasil data yang didapat sensor arus non-invasive dan ampere meter sebagai pembanding memiliki kesalahan kecil yaitu 0.03% sehingga sensor arus non-invasive ini memiliki keandalan sistem 9.97% sehingga layak untuk di buat sebagai alat pengujian. Kesalahan lain pada sensor non invasive ini ada pada titik baca minimum yaitu 0.30mA sehingga pada saat sensor tidak dilakukan percobaan LCD tetap menunjukan angka minimum tersebut, jadi angka minim tersebut dianggap sebagai data minim yaitu 0A.

4.6 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian keseluruhan sistem ini terbagi menjadi 3 bagian, yang pertama pengujian tanpa arus, kedua dengan arus, dan ketiga pengambilan data.

4.6.1 Pengujian Tegangan Input Sistem ON/OFF

Pengujian tegangan kerja tiap modul dengan tujuan suplay tegangan terpenuhi dan tidak ada tegangan lebih, sehingga dapat mengantisipasi terhadap kerusakan alat.

Tabel 4.2 Pengukuran Tegangan Input Sistem ON/OFF

No	Modul	Tegangan Kerja	OFF (Mati)	ON (Operasi)
1	Power Supply 12 V CT	12 Volt-15 Volt	0 Volt	15.3 Volt
2	Regulator Step Down	3 Volt-40 Vpl	0 Volt	4.9 Volt
3	Arduino Mega 2560	6 Volt-20 Volt	0 Volt	15.2 Volt
4	SD Card Arduino	4.5 Volt-5.5 Volt	0 Volt	4.9 Volt
5	RTC DS1307	3 Volt-5 Volt	0 Volt	4.7 Volt
6	Trimer Arus R	5 volt	0 Volt	4.9 Volt
7	Trimer Arus S	5 volt	0 Volt	4.9 Volt
8	Trimer Arus T	5 volt	0 Volt	4.9 Volt
9	LCD 1 R	3.3 Volt-5 Volt	0 Volt	4.7 Volt
10	LCD 2 S	3.3 Volt-5 Volt	0 Volt	4.7 Volt
11	LCD 3 T	3.3 Volt-5 Volt	0 Volt	4.7 Volt

4.6.2 Pengujian Sensor Non Invasive Tanpa Arus RST

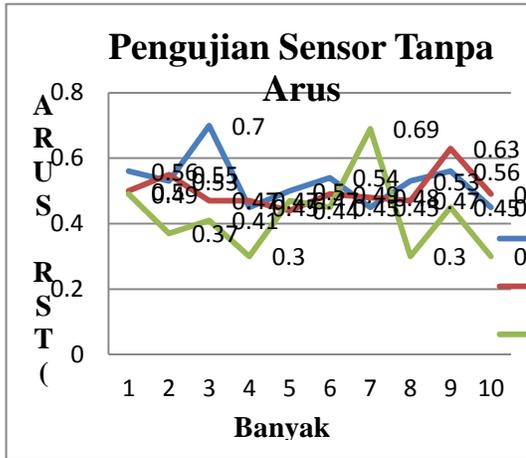
Pengujian sensor tanpa arus dilakukan dengan tujuan untuk memastikan sensor dapat bekerja dengan baik, pada saat pengukuran arus menggunakan tang ampere, ketika tanpa arus, maka nilai tang ampere menunjukkan 0 Ampere, berbeda dengan sensor arus AC non invasive yang mempunyai toleransi 3%, sehingga pada

saat pengukuran tanpa arus nilai yang tertera tidak akan menunjukkan 0 Ampere, melainkan melebihi namun tidak terlalu jauh. Pengujian ini dilakukan kurang lebih satu menit untuk mengetahui data yang terbaca oleh sensor tanpa ada arus yang lewat, tabel hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Pengujian Sensor Tanpa Arus

No	Dura si Percobaan	ARUS 3 PHASE			RATA-RATA ARUS		
		R	S	T	R	S	T
1	1 Menit	0.56 A	0.50 A	0.49 A	0.52 A	0.49 A	0.49 A
2		0.53 A	0.55 A	0.57 A			
3		0.70 A	0.47 A	0.44 A			
4		0.44 A	0.44 A	0.43 A			
5		0.55 A	0.44 A	0.47 A			
6		0.54 A	0.49 A	0.45 A			
7		0.44 A	0.48 A	0.46 A			
8		0.53 A	0.47 A	0.43 A			
9		0.56 A	0.63 A	0.45 A			
10		0.44 A	0.49 A	0.43 A			

		A	A	A			
--	--	---	---	---	--	--	--



Gambar 4.10 Grafik Pengujian Sensor Tanpa Arus

Dari hasil pengujian sensor tanpa arus selama 1 menit, dapat dihsilkan rata-rata arus yang terbaca oleh sensor, yaitu 0.50 A untuk phase R, 0.48 untuk phase S, dan 0.39 untuk phase T.



Gambar 4.11 Tampilan Pengujian Sensor Pada LCD RST.

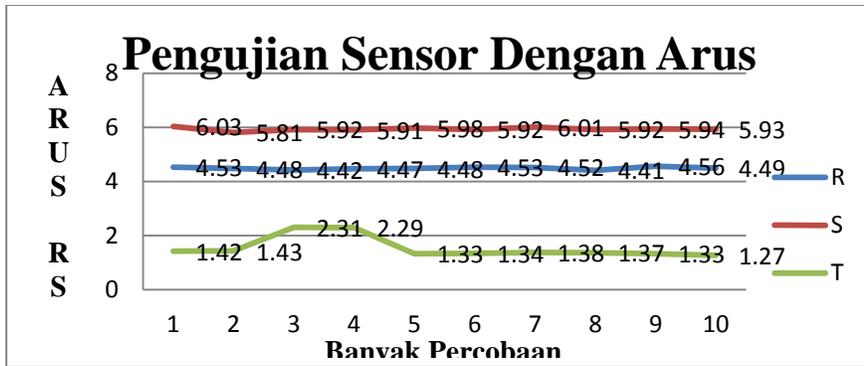
4.6.3 Pengujian Sensor Non Invasive Dengan Arus RST

Sebelum data arus disimpan pada SD Card, hal yang harus dilakukan adalah dengan dilakukannya pengujian sensor terhadap arus RST, hal ini bertujuan agar arus yang disimpan lebih spesifik dengan perbedaan tidak terlalu jauh terhadap hasil baca tang ampere. Pengujian ini dilakukan selama 1 menit untuk mendapatkan hasil pembacaan sensor yang maksimal.

Pengujian dilakukan pada box panel RST yang ada di gedung C lantai 2. Adapun Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Pengujian Sensor Dengan Arus

No	Dura si Percobaan	ARUS 3 PHASE			RATA-RATA ARUS		
		R	S	T	R	S	T
1	1 Menit	4.503A	6.32A	1.42A	4.8A	5.93A	1.54A
2		4.48A	5.81A	1.33A			
3		4.42A	5.92A	2.1A			
4		4.47A	5.91A	2.9A			
5		4.48A	5.88A	1.33A			
6		4.53A	5.93A	1.44A			
7		4.52A	6.01A	1.38A			
8		4.41A	5.92A	1.77A			
9		4.56A	5.94A	1.33A			
10		4.49A	5.93A	1.77A			



Gambar 4.12 Grafik pengujian Sensor Dengan Arus



Gambar 4.13 Tampilan Data Arus RST

4.6.4 Pengambilan Data Arus RST

Pengambilan data dilakukan selama satu minggu pada arus RST, kemudian data arus tersebut akan tersimpan dalam memori card. Berikut adalah hasil dari pengambilan data menggunakan sensor AC Non Invasive.

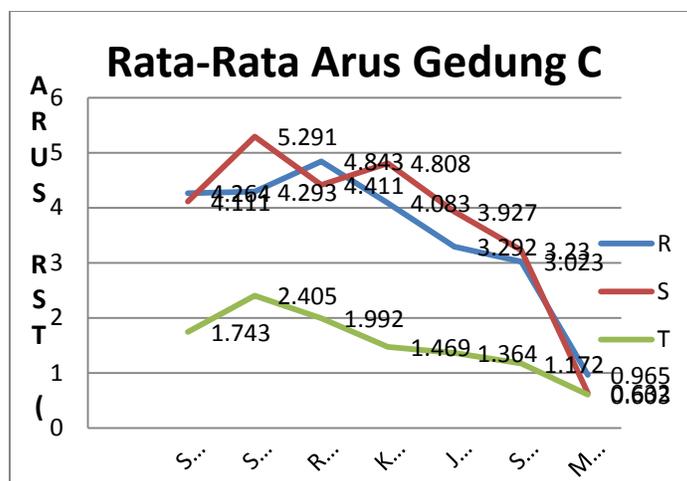
Tabel 4.5 Rata-Rata Arus RST Per Hari Pada Gedung C

No	Data Arus RST Gedung C								Rata-Rata Arus per minggu
	Rata-Rata Arus	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	
1	R	4.264 A	4.293 A	4.843 A	4.083 A	3.292 A	3.023 A	0.965 A	3.537 A
2	S	4.111 A	5.291 A	4.411 A	4.808 A	3.927 A	3.23 A	0.632 A	3.772 A
3	T	1.743 A	2.405 A	1.992 A	1.469 A	1.364 A	1.172 A	0.603 A	1.535 A

Rata-Rata Arus di atas diambil dari hasil arus yang sudah tersimpan di SD CARD pada Alat yang sudah dilakukan pengujian selama satu minggu (*Real Time*).

Tabel 4.6 Rata-Rata Efisiensi Arus RST Per Hari Gedung C

No	Arus	Rata-Rata Efisiensi Arus RST Per Hari Gedung C						
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1	R	0.83 %	0.88 %	0.74 %	0.86 %	1.07 %	1.17 %	3.66 %
2	S	0.98 %	0.71 %	0.86 %	0.78 %	0.96 %	1.16 %	5.96 %
3	T	0.88 %	0.64 %	0.77 %	1.04 %	1.12 %	1.31 %	2.54 %



Gambar 4.14 Rata-Rata Arus Per Hari Pada Gedung C

Pada gedung C titik puncak pemakaian arus tertinggi pada hari selasa dengan rata-rata setinggi 5.291mA dan titik terendah pada hari minggu dengan nilai 0.603mA. pada titik lain masih stabil dan masih masuk dalam rata-rata standart, sehingga tidak terjadi penggunaan arus berlebih.

Table 4.7 pembagian Arus RST pada gedung C

Arus	AC	Lampu	Kipas	Computer
R	✓	✓	✓	✓
S	✓	✓	✓	✓
T	✓	✓	✓	✓

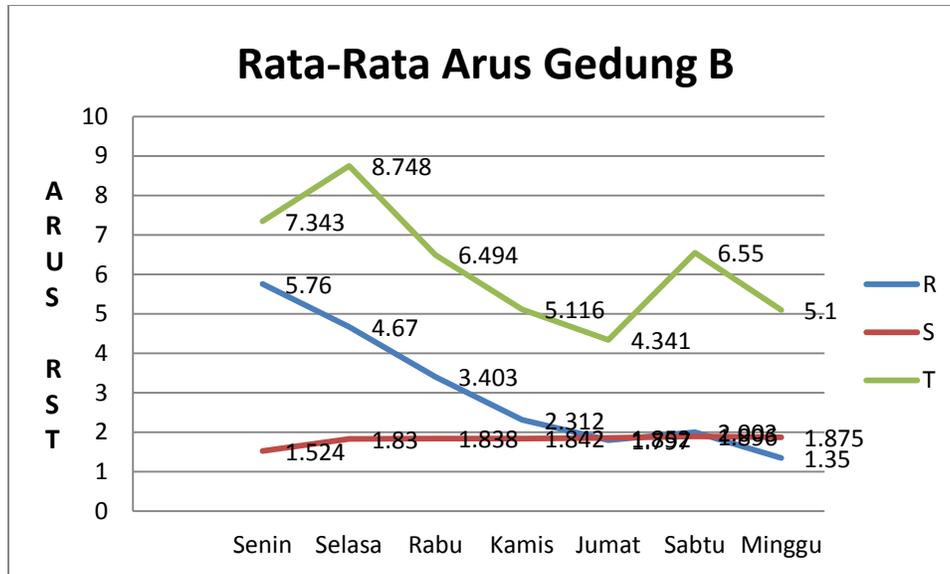
Pada gedung C tidak mengalami beban tidak seimbang, sehingga tidak ada permasalahan yang terjadi pada phase arus RST di gedung C.

Tabel 4.8 Rata-Rata Arus RST Per Hari Pada Gedung B

No	Data Arus RST Gedung B								Rata-rata Arus Per Minggu
	Rata-Rata Arus	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	
1	R	5.76 A	4.67 A	3.403 A	2.312 A	1.797 A	2.003 A	1.35 A	3.042 A
2	S	1.524 A	1.83 A	1.838 A	1.842 A	1.852 A	1.896 A	1.875 A	1.808 A
3	T	7.343 A	8.748 A	6.494 A	5.116 A	4.341 A	6.55 A	5.1 A	6.241 A

Tabel 4.9 Rata-Rata Efisiensi Arus RST Per Hari Gedung B.

No	Arus	Rata-Rata Efisiensi Arus RST Per Hari Gedung B						
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1	R	0.52 %	0.65 %	0.89 %	1.31 %	1.69 %	1.51 %	2.25 %
2	S	1.18 %	0.98 %	0.98 %	0.98 %	0.97 %	0.95 %	0.96 %
3	T	0.85 %	0.71 %	0.96 %	1.22 %	1.43 %	0.95 %	1.22 %



Gambar 4.15 Rata-Rata Arus Per Hari Pada Gedung B

Sedangkan pada pengambilan data Arus RST pada gedung B di temukan titik puncak rata-rata arus RST pada hari Selasa dengan nilai 8.748mA dan titik terendah pada hari minggu dengan nilai 1.35mA.

Table 4.10 pembagian Arus RST pada gedung B

Arus	AC	Lampu	Kipas	Computer
R	✓	✓	✓	✓
S	-	✓	-	-
T	✓	✓	✓	✓

Pada gedung B muncul grafik yang tidak wajar, pada phase S Terjadi grafik yang horizontal, setelah diteliti ternyata pada phase S memang tidak banyak memakan banyak arus dan tidak banyak digunakan alat listrik seperti pada tabel 4.7, dan juga pada phase T terjadi beban puncak pada hari sabtu yang seharusnya grafiknya menurun, hal itu terjadi karena terjadinya perbaikan gedung B lantai 2 yang banyak menggunakan alat-alat listrik sehingga timbul grafik beban puncak pada hari Sabtu.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan desain rancang bangun alat Pencatat Arus 3 Phase Menggunakan Sensor Ac Non Invasive Berbasis Arduino Mega 2560, pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan serta permasalahan yang timbul selama proses pembuatan hingga akhir, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Untuk membaca atau mencatat data arus 3 phase RST menggunakan sensor arus Non-Invasive dengan

efisiensi atau ERROR 0.03%, sudah berfungsi dengan baik sesuai yang di harapkan, Pengambilan data dilakukan dalam jangka waktu persepuluh menit, dan secara *Real Time*. Data yang sudah diambil langsung disimpan pada SD Card dalam format Text pada Notepad. Pengambilan data yaitu 1440 kali dalam waktu normal. Jika terjadi pemadaman otomatis sistem tidak berjalan, dan akan melakukan pengambilan data kembali saat listrik mulai normal. Walau terjadi pemadaman RTC tetap berjalan dan tidak terpengaruh oleh sistem yang lain. Rancang bangun alat pencatat

arus 3 Phase RST dengan menggunakan sensor arus Non-Invasive berbasis Arduino Mega dapat berjalan sesuai dengan perancangan dan program yang telah dibuat.

2. Rata-Rata Arus 3 phase RST per minggu pada gedung C untuk arus R: 3.54A, S: 3.8A, T: 1.54 dan Rata-Rata Arus 3 phase RST per minggu pada gedung B untuk arus R: 3.04A, S 1.8A, T 6.24A. Rata-Rata perminggu didapatkan dari perhitungan rata-rata perhari pada phase RST di Gedung B dan C.

5.2 Saran

Tugas Akhir ini merupakan hasil maksimal penulis pada saat ini. Karya ini dapat dikembangkan kedepannya, penyempurnaan dengan adanya penambahan-penambahan sistem menjadi lebih kompleks sehingga menjadi satu-kesatuan sistem yang lebih utuh diantaranya:

1. Karna penggunaan port yang tidak terlalu banyak, lebih efisien bila menggunakan Arduino nano.
2. Untuk sensor Arus Non-Invasive bisa di ganti dengan sensor Arus Non-Invasive dengan skala yang lebih besar dengan skala 1000A.
3. Untuk pengontrolan data bisa dikembangkan dengan cara pengiriman data via android, sms ataupun internet.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fitriandi, Afrizal. 2016. “ Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway “. *Jurusan Teknik Elektr o Universitas Lampung*. Vol. 10, No. 2.
2. Hage. 2009. Sistem 3 Phase (Online) tersedia : <http://dunia-listrik.blogspot.co.id> . (22 Agustus 2017).
3. Massimo and David, et al.2017. Software Arduino 1.8.3 [Online] Tersedia : www.arduino.cc/en/Main/Software. (22 Agustus 2017).
4. Melipurbowo, BG. 2016. “ Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS.712 “. *Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang*. Vol. 12. No. 1 :17 – 23.
5. Rahmad, Nur. 2014. “ Rancang Bangun Alat Pendeteksi Arus Listrik Menggunakan IC CMOS CD 4093 “. *Jurnal ICT Penelitian dan Penerapan Teknologi*. Vol. 5. No. 9.
6. Sulistyowati, Riny. 2012. “perancangan prototyoe sistem kontrol dan monitoring pembatas daya listrik berbasis mikrokontroler”. *Jurnal IPTEK Institut Adhi Tama Surabaya*. Vol.16 No.1
7. Wikipedia. 2016. Arus Bolak Balik (Online) tersedia : <https://id.wikipedia.org>. (14 Agustus 2016).
8. Wulandari, Cahyorini Dwi. 2014. “Rancang Bangun Ammeter Dc Tipe *Non-Destructive* Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Sensor Efek Hall ACS712 . Vol. 3. No. 2.

BIODATA PENULIS



Yuyut Adi Saputra, Lahir di Lumajang, 19 Desember 1991 dari pasangan seorang petani bapak MISTA'I dan ibu Siati. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis sekarang bertempat tinggal di Dusun Krajan RT 03 RW 02, Desa Sruni Kecamatan Klakah, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh Penulis yaitu :

SDN Sruni 02 lulus tahun 2005, SMPN 2 KLAKAH, Lumajang, lulus tahun 2009, SMAN KLAKAH, Lumajang lulus tahun 2012. Dan mulai tahun 2012 Penulis mulai mengikuti program S-1 Teknik Elektro sampai sekarang. Sampai dengan penulisan tugas akhir ini, Penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember.