

RANCANG BANGUN ALAT *MONITORING* SUPLAI TEGANGAN AC/DC RTU DI GARDU INDUK 150 KV SOLO BARU BERBASIS ANDROID

Indra Pribady Silalahi ^{*)}, Sudjadi dan Iwan Setiawan

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail : indrasilalahi10@gmail.com

Abstrak

Perkembangan perindustrian di Indonesia yang semakin pesat dari waktu ke waktu menyebabkan kebutuhan akan energi listrik ikut meningkat. Peningkatan jumlah energi listrik harus sejalan dengan pasokan energi yang dihasilkan oleh pusat pembangkit listrik. Proses pembangkitan energi listrik yang terjadi cukup panjang dari proses pembuatan sampai pada proses distribusi kepada konsumen. Oleh karena itu, dengan adanya teknologi yang canggih didalam proses panjang tersebut dibangun sebuah sistem yang dapat berfungsi untuk *monitoring*, kendali dan akuisisi data secara *realtime*. Misalnya dengan menggunakan sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Penerapan sistem SCADA akan secara otomatis meningkatkan tingkat pemahaman para *dispatcher* mengenai sistem kelistrikan. Sistem SCADA terdiri dari *Master Station* (MS), *Remote Terminal Unit* (RTU) dan Saluran Komunikasi antar *Master Station* dan RTU. Sistem SCADA pada jaringan listrik memerlukan *Remote Terminal Unit* (RTU) yang dipasang pada Pusat Pembangkit Listrik dan GI. Sering terjadi turunnya tegangan suplai pada RTU baik itu pada suplai AC maupun DC tanpa sepengetahuan pihak PT. PLN (persero). Untuk mengatasinya dirancanglah alat *monitoring* ketersediaan suplai pada panel RTU Gardu Induk sisi 20kV yang hasil pemantauannya ditampilkan pada *smartphone* berbasis android. Alat ini akan mengukur dan memberikan indikasi suplai tegangan AC dan DC, dimana hasilnya akan ditampilkan pada aplikasi android secara berkala.

Katakunci: SCADA, Panel RTU, Gardu, Android

Abstract

Industrial developments in Indonesia, which grew over time cause the demand for electricity increases. Increasing the amount of electrical energy required should be in line with supply of energy generated by substation. Electric energy generation process that quite long from the manufacturing process until the process from distribution to consumers. Therefore, with the technology that is growing in a long process that built a system that can monitoring, control and data acquisition in realtime. For example, by using a SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Application of SCADA on the electrical system will automatically increase the level of understanding of dispatcher of electrical system. The SCADA consists of Master Station, Remote Terminal Unit (RTU) and Channel Communication between Master Station and RTU. The SCADA of electricity grid requires a RTU attached to the power plant and GI Centre. Frequent drop in the supply voltage on either supply RTU AC or DC without knowing by PLN. To fix this, designed an instrument panel monitoring the availability of supplies on side of 20 kV substation RTU the results of the monitoring show on android based smartphone. Tool will measure and provide an indication of AC and DC supply voltage contained in battery, where results will be displayed on android app periodically.

Keywords: SCADA, RTU Panel, bus shelter, Android

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan listrik oleh masyarakat terus meningkat. Selain diperlukan penambahan listrik, masyarakat juga membutuhkan kestabilan dan kehandalan distribusi listrik. Hal ini disebabkan semua aktivitas tak terlepas dari penggunaan listrik. Sehingga apabila terdapat gangguan distribusi listrik maka akan berakibat terhambatnya aktivitas. Maka dari itu, PT. PLN (persero) sebagai satu – satunya pendistribusi listrik kemasyarakat dituntut agar

dapat memberikan distribusi listrik yang stabil dan handal.

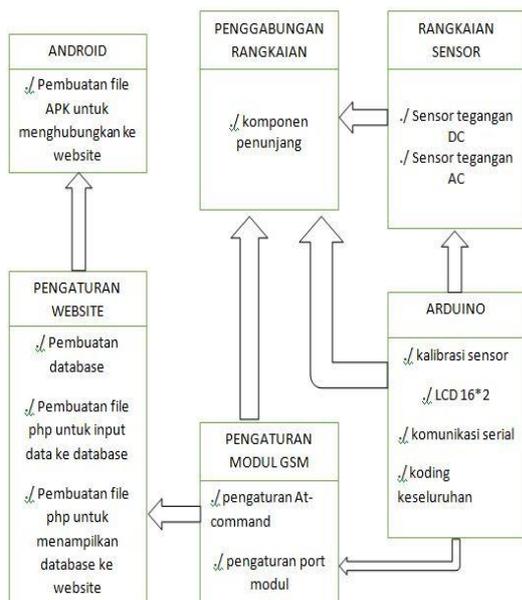
Untuk dapat memberikan pelayanan distribusi yang maksimal, PT. PLN (persero) menggunakan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). SCADA terdiri dari perlengkapan *hardware* dan *software*. SCADA berfungsi mulai pengambilan data pada peralatan pembangkit atau gardu induk, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi[1]. Salah satu bagian SCADA pada

sistem distribusi listrik PT. PLN (persero) adalah Panel RTU pada Gardu Induk sisi 20 kV. Panel RTU pada Gardu ini disuplai oleh tegangan AC 220 VAC sebagai sumber utama dan tegangan DC 110 VDC sebagai *back up*[2]. Suplai tegangan DC ini dihasilkan oleh baterai yang dirangkai secara seri.

Tidak jarang panel RTU pada Gardu mengalami kegagalan dalam melakukan kontrol ke *outgoing* atau *hang*. Salah satu penyebabnya adalah *drop*-nya tegangan penyuplai panel RTU tersebut tanpa diketahui oleh pihak PLN APD JATENG DAN DIY[3]. Untuk mengatasi masalah tersebut, dirancanglah suatu alat pengukur tegangan berbasis *web* menggunakan Arduino Uno[4]. Alat ini nantinya akan diletakkan didalam panel RTU untuk mengukur suplai tegangan AC dan tegangan DC pada baterai dengan indikator tertentu pada tampilan *web*-nya sehingga apabila tegangan *drop*, maka warna pada tampilan *web* akan berubah[5].

2. Metode

2.1. Perancangan Hardware



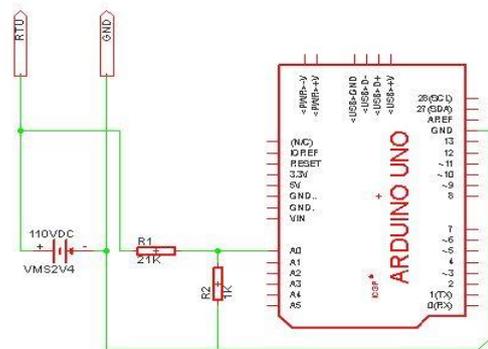
Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Hardware

2.1.1. Arduino Uno

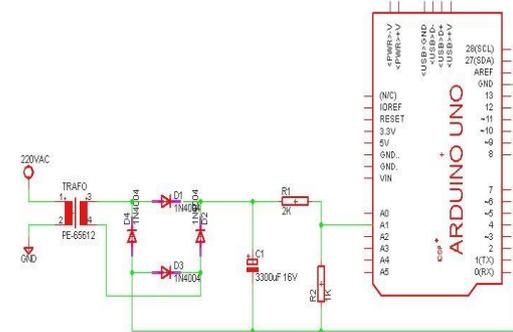
Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler yang berisi Atmega328 dengan arsitektur 8 bit, yang mempunyai I/O digital 14 (6 *Pin* untuk sebagai output PWM), 6 *input* analog, memiliki *clock* maksimal 16 Mhz, koneksi untuk proses *men-download* program menggunakan USB CH340 dengan sistem Serial [6]. Untuk dapat digunakan dalam protokol *Modbus* digunakan pin Serial UART untuk proses transmisi data. Sehingga pin yang digunakan yaitu pin 0 dan pin 1 sebagai RX dan TX, sedangkan untuk mengukur tegangan dapat digunakan pin ADC.

2.1. Pengondisi Sinyal Tegangan

Rangkaian sensor yang digunakan yaitu pengondisi sinyal tegangan yang terbagi menjadi dua bagian yaitu rangkaian pengondisi sinyal tegangan AC dan rangkaian pengondisi sinyal tegangan DC. Rangkaian pengondisi sinyal tegangan AC dipasang pada suplai tegangan AC dan rangkaian pengondisi sinyal tegangan DC dipasang pada baterai. Rangkaian pembagi tegangan digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan diperkecil nilainya sehingga memenuhi spesifikasi tegangan yang bisa masuk ke *port* ADC Arduino. Rangkaian ini pada dasarnya dapat dibuat dengan menggunakan 2 buah resistor. Contoh rangkaian dasar pembagi tegangan ditunjukkan pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Rangkaian Pembagi Tegangan DC



Gambar 3. Rangkaian Pembagi Tegangan AC

Dari gambar 3 dan gambar 4, arus (*I*) mengalir pada kedua resistor (*R1* dan *R2*), sehingga nilai tegangan keluaran (*Vout*) dapat dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (1)$$

2.1.3. Modul GSM

Modul GSM SIM900A merupakan media untuk proses transmisi data dari sensor tegangan menuju *Database* MySQL dan kemudian dapat ditampilkan lewat *website* dan *Android*. Modul GSM SIM900A memiliki

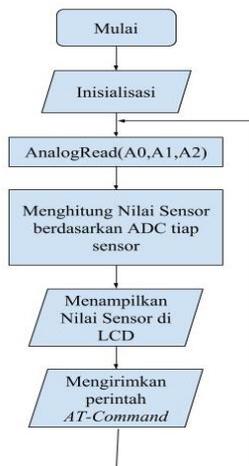
pengaturan perintah dengan sistem AT-Command. *AT Command* merupakan bahasa yang digunakan untuk berkomunikasi dengan SIM900A. *AT Command* bukan bahasa pemrograman, melainkan kumpulan instruksi yang dimengerti oleh SIM900A. *AT Command* diciptakan oleh perusahaan modem di Amerika Serikat yakni Hayes, dan diterima secara internasional sebagai standar komunikasi modem. Secara harfiah, ‘AT’ kepanjangannya adalah ‘ATTENTION’ yang berarti meminta ‘perhatian’ kepada modem untuk melaksanakan instruksi dari luar (eksternal). Pada perancangan sensor tegangan ini, digunakan *AT Command* GPRS dan *AT Command* HTTP [8].

2.2. Perancangan Software

2.2.1. Pengaturan pada Arduino Uno

Mikrokontroler arduino berperan sebagai otak dalam penggunaan semua proses yang terjadi pada perancangan alat ini. Arduino mengatur masuknya data pengukuran sensor melalui port analog (ADC). Arduino mengatur tampilan LCD 16*2 melalui port digital. Arduino mengatur komunikasi dan perintah AT-COMMAND menuju SIM900A melalui port TX-RX. Semua proses tersebut diatur melalui program yang telah di *download* pada arduino tersebut.

Selain dikirimkan menuju *database web* yang dapat diakses melalui aplikasi android, hasil pengukuran juga ditampilkan melalui LCD 16*2. Hal ini bertujuan untuk memudahkan tim dalam melakukan pemeliharaan saat berada di lokasi.



Gambar 4. Flowchart Pemrograman Arduino

2.2.2. Kalibrasi Sensor pada Program

Arduino memiliki ADC dengan resolusi 10 bit. Ini menandakan bahwa tegangan yang masuk ke ADC arduino akan tersampling antara 0 sampai 1023, dengan batasan tegangan yang masuk tersebut berada pada batas 0 sampai 5 volt.

Prinsip kalibrasi adalah dengan mencari nilai voltase yang terjadi saat bit ADC arduino bernilai 1, sehingga nilai voltase tersebut nantinya akan di kalikan dengan hasil ADC yang terukur. Untuk menentukan nilai tegangan yang masuk saat nilai ADC adalah 1 yaitu dengan melakukan perbandingan dengan nilai maksimal ADC-nya yaitu 5 volt dan 1023.

$$\frac{x}{5} = \frac{1}{1023}$$

$$x = \frac{5}{1023}$$

$$x = 4,8875 \text{ mV}$$

Nilai 4,8875 mV inilah yang akan dikalikan dengan nilai ADC yang masuk ke arduino.

$$\text{tegangan sensor} = \frac{4,8875}{1000} * \text{nilaiADC} \quad (2)$$

2.2.3. Pengaturan Website

Pengaturan *website* dilakukan untuk menghubungkan dan menampilkan hasil pengukuran indikasi tegangan. Domain *website* dibangun dengan menggunakan fitur yang disediakan oleh penyedia server *rumahweb.com*. Pengaturan *website* yang telah dilakukan meliputi:

a. Pembuatan Database MySQL

MySQL merupakan sebuah perangkat lunak atau *software* sistem manajemen basis data SQL atau DBMS *Multiithread* dan multi *user*. SQL adalah bahasa standar untuk membuat *database*, menyimpan informasi ke dalam *database* dan mengambil informasi tersebut. Aplikasi khusus dan lingkungan pemrograman mengkhususkan diri dalam menafsirkan data SQL dan bertindak di atasnya[9].

Proses pembuatan *database* dilakukan pada laman *cpanel* yang disediakan oleh penyedia server *rumahweb.com*. Pada pembuatan *database* melalui laman *cpanel* akan diarahkan menuju database editor yaitu *PHPMYAdmin*. Pada *PHPMYAdmin* ini, kita dapat menambah, mengedit, serta menentukan detail dari elemen *database* yang akan kita buat. *Database* yang dibuat diberi nama “tegangan”. Elemen didalam *database* tegangan ini adalah no, waktu, *vin_ac*, *vout_ac*, dan *vin_dc*.

b. Pembuatan PHP untuk input data

PHP adalah bahasa pemrograman yang dirancang untuk menghasilkan halaman *web* secara interaktif di komputer yang melayani mereka, yang disebut *server web*. Tidak seperti HTML, di mana *browser web* menggunakan *tag* dan *markup* untuk menghasilkan sebuah halaman, kode PHP berjalan di antara halaman yang diminta dan *server web*, menambah dan mengubah *output* HTML dasar[10].

File PHP ini digunakan untuk memasukkan data ke *database*. Prinsip pembuatannya adalah dengan menghubungkan antara *file* pada database yaitu *file* MySQL dengan *file* PHP.

File PHP tersebut memasukkan nilai variabel ke dalam elemen database yang dibuat. Apabila data yang diinputkan masuk, maka akan keluar tulisan "Data berhasil di input". Apabila tidak, maka akan muncul tulisan "Data gagal di input". File PHP diberi nama input.php. Selanjutnya file PHP ini di upload ke website, menggunakan file manager pada cpanel. Sehingga menghasilkan alamat indrasilalahi.xyz/input.php.

c. Pembuatan PHP Menampilkan Database

File ini untuk menampilkan database yang telah dibuat ke tampilan tabel pada website. Prinsipnya, setelah file MySQL dengan file PHP dihubungkan, data – data pengukuran oleh sensor dimasukkan ke dalam tampilan tabel pada website. Pada file ini juga ditambahkan fitur dimana elemen tabel akan berubah warna menjadi merah saat nilainya kurang dari 210 untuk tegangan AC dan 100 untuk tegangan DC. File tersebut pada text editor diberi nama main.php. Lalu di upload melalui file transfer cpanel. Sehingga pengaksesan akan melalui domain indrasilalahi.xyz/main.php.

2.2.4. Pengaturan AT-COMMAND pada Modul GSM

Pengaturan AT-Command untuk modul GSM dilakukan agar modul dapat terhubung ke internet sehingga mikrokontroler dapat mengunggah data sensor yang telah terbaca ke web yang telah dibuat. Koneksi dengan internet menggunakan media GPRS sehingga perlu dilakukan aktivasi GPRS sebagai berikut:

1. AT : memulai fungsi awal at – command
2. AT+CGATT=1 : digunakan untuk ke layanan paket domain.
3. AT+CSTT="telkomsel","wap","wap123" : mengatur APN (Access Point Name), User id dan Password
4. AT+CIICR : membuka koneksi nirkabel GPRS.
5. AT+SAPBR=3,1,"CONTYPE","GPRS" : atur tipe koneksi internet GPRS
6. AT+SAPBR=3,1,"APN","telkomsel" : menggunakan APN sebagai penghubung jaringan
7. AT+SAPBR=1,1 : memulai koneksi (melakukan Ping pada protocol HTTP)

Setelah GPRS aktif, langkah selanjutnya adalah mengatur agar modul SIM900A dapat berkomunikasi dengan protokol HTTP.

Berikut adalah fungsi AT-Command yang digunakan :

1. AT+HTTPINIT : memulai koneksi ke HTTP
2. AT+HTTPPARA="CID",1 : mengatur identitas pembawa menuju HTTP
3. AT+HTTPPARA="URL",http://indrasilalahi.xyz/input.php? : mengatur URL ke alamat dimana webpage akan diakses
4. AT+HTTPACTION=0 : memulai koneksi dengan metode GET HTTP

2.2.5. Pembuatan Aplikasi Android

APK adalah model paket aplikasi Android (*Android PacKage*) yang umumnya digunakan untuk menyimpan sebuah aplikasi atau program yang dijalankan pada perangkat Android. Berkas .apk adalah arsip ZIP yang berisi file .dex, edisi terkompilasi dari sumber daya Anda (resources.arsc), sumber daya yang tidak dikompilasi (seperti yang Anda masukkan ke dalam res/raw/) dan file AndroidManifest.xml[11].

Pada penelitian ini, apk dibuat dengan menggunakan penyedia pembuatan aplikasi Android secara online yaitu MIT APP Inventor 2 yang dapat diakses dengan menggunakan alamat <http://ai2.appinventor.mit.edu/>. MIT APP Inventor 2 dapat digunakan untuk membuat sebuah aplikasi Android yang dapat digunakan untuk menampilkan sebuah web. Sehingga pada pembuatan aplikasi ini dibuatkan aplikasi yang ketika membukanya maka aplikasi Android tersebut akan membuka alamat website yang telah diatur sebelumnya.

2.2.6. Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Arduino IDE adalah program khusus yang berjalan di komputer Anda yang memungkinkan Anda menulis sketsa ke board Arduino dalam bahasa sederhana yang dimodelkan setelah bahasa pemrosesan.



Gambar 5. Perangkat Lunak Arduino IDE

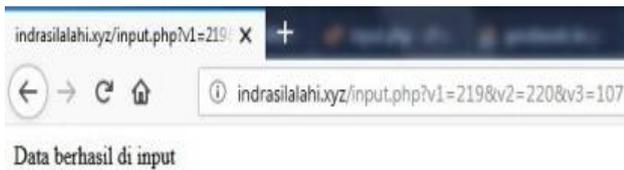
Siklus pemrograman Arduino pada dasarnya adalah sebagai berikut:

1. Colokkan board Anda ke port USB di komputer Anda.
2. Tuliskan sketsa yang akan menghidupkan board.
3. Upload sketsa ini ke board melalui koneksi USB dan tunggu beberapa detik agar board restart.
4. Board mengeksekusi sketsa yang Anda tulis[4].

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Pengiriman Data ke Database MySQL

Pengujian pengiriman data ke *database* MySQL dapat dilakukan dengan cara manual. Pengujian *database* tegangan dilakukan dengan memasukkan nilai tiap sensor pada <http://indrasilalahi.xyz/input.php>. Sebagai contoh kita akan memasukkan nilai tegangan *input* AC 219 V, nilai tegangan *output* AC 220 V, dan nilai tegangan baterai 107 V seperti pada gambar 6 dibawah ini



Gambar 6. Memasukan data ke *database* tegangan dengan cara manual

Pada gambar diatas dapat dilihat untuk memasukkan nilai ke *database* secara manual dilakukan dengan cara menulis pada url dengan alamat url <http://indrasilalahi.xyz/input.php?v1=219&v2=220&v3=107> lalu tekan enter, setelah itu akan muncul tulisan data berhasil diinput. Untuk mengetahui data yang kita masukkan telah tersimpan ke *database* atau belum kita dapat mengecek *database* dengan login ke *cpanel* dan melihat *database* tegangan. Data tersebut bisa kita lihat pada kolom paling bawah seperti yang terlihat pada gambar 7 dibawah ini.

ID	Waktu	Tegangan Input AC (VAC)	Tegangan Output AC (VAC)	Tegangan Input DC (VDC)
450	2018-02-20 23:42:58	216.6	189.3	107.2
449	2018-02-20 23:42:14	219.6	215.5	110
448	2018-02-20 23:41:45	209.6	212.8	109
447	2018-02-20 23:41:06	214.6	211.8	106.1
446	2018-02-20 23:40:43	202	211	103
445	2018-02-20 23:40:24	200.4	211.9	103.2
444	2018-02-20 23:39:41	220	207.7	110.9
443	2018-02-20 23:39:15	200	215.7	108.9
442	2018-02-20 23:38:44	215	218.7	106
441	2018-02-20 23:38:30	210.5	218	100
440	2018-02-20 23:34:25	219	220	107

Gambar 7. Database Tegangan

3.2. Pengujian Pengiriman Data dari Database ke Android

Pengujian pengiriman data dari *database* ke android dilakukan dengan cara melihat data terakhir pada *database* telah ada pada android.

Tabel 1. Uji Pengiriman Data dari Database ke Android

No	Sensor	Waktu pada Smartphone Android	Waktu di server basis data	Nilai Sensor pada Android	Nilai sensor pada database
1	Tegangan Input AC	2018-02-20 23:34:25	2018-02-20 23:34:25	219	219
2	Tegangan Output AC	2018-02-20 23:34:25	2018-02-20 23:34:25	220	220
3	Tegangan Input DC	2018-02-20 23:34:25	2018-02-20 23:34:25	107	107

3.3. Pengujian Tampilan WEB

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan tegangan secara manual melalui *file* *input.php* untuk membuktikan fitur *web* dimana elemen tabel akan berubah warna menjadi merah saat nilai nya kurang dari 210 untuk tegangan AC dan 100 untuk tegangan DC. Berikut tampilan *database* pada *website*:

NO	WAKTU	TEGANGAN INPUT AC (VAC)	TEGANGAN OUTPUT AC (VAC)	TEGANGAN INPUT DC (VDC)
516	2018-02-22 06:53:35	220	221	96
515	2018-02-22 06:53:19	220	197	110
514	2018-02-22 06:52:47	189.6	218	109
513	2018-02-22 06:52:12	219	218	109
450	2018-02-20 23:42:58	216.6	189.3	107.2

Gambar 8. Database tegangan pada Website

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa ketika nilai tegangan AC kurang dari 210 dan tegangan DC kurang dari 100 maka elemen tabel akan berubah warna menjadi merah.

3.4. Pengujian Rangkaian Sensor

Setelah alat selesai dirangkai kemudian dilakukan pengujian terhadap alat untuk membuktikan kesesuaian hasil keluaran alat dengan tegangan yang masuk ke sensor. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap sensor tegangan AC dan sensor tegangan DC.

3.4.1. Sensor Tegangan AC

Sensor yang akan di uji ada 2 yaitu sensor pada *Input* AC dan pada *Output* AC. Hal ini dikarenakan pada RTU

terdapat dua tegangan AC yaitu pada catu daya dan tegangan keluaran RTU.

a. Input AC

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran sensor tegangan AC kemudian mencatat data digital keluaran yang ditampilkan pada multimeter serta mencatat nilai ADC yang tertampil pada serial monitor Arduino IDE. Tegangan terukur hasil perhitungan nilai ADC kemudian dibandingkan dengan tegangan yang diukur multimeter. Berdasarkan pengujian tersebut, dihasilkan Tabel 2. sebagai berikut :

Tabel 2. Pengujian Sensor Tegangan Input AC

No	Nilai ADC	Tegangan Multimeter (volt)	Tegangan Hasil Perhitungan (volt)	Deviasi
1	1022	220	219,7811	0,2189
2	1021	220	219,5661	0,4340
3	1020	220	219,3510	0,6490
4	1021	220	219,5661	0,4340
5	1021	220	219,5661	0,4340
6	1019	220	219,1360	0,8640
7	1020	220	219,3510	0,6490
8	1019	220	219,1360	0,8640
9	1020	220	219,3510	0,6490
10	1021	220	219,5661	0,4340

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 nomor 1, didapatkan nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor adalah 1022. Tegangan yang dihasilkan oleh nilai ADC sebesar 1022 adalah 219,7811. Hal ini sesuai dengan perhitungan rumus pada persamaan (9) yang menyatakan bahwa :

$$tegangansensor = \frac{4,8875}{1000} * nilaiADC * 44$$

$$tegangansensor = \frac{4,8875}{1000} * 1022 * 44$$

$$tegangansensor = 219,7811 V$$

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan rumus dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter telah sesuai. Membuktikan rumus yang digunakan adalah benar. Adapun sedikit deviasi sebesar 0,5630 volt disebabkan oleh nilai tegangan yang masuk ke pin A0 masih terdapat ripple (riak) tegangan. Riak tegangan tersebut mempengaruhi nilai ADC yang terbaca oleh mikrokontroler.

b. Output AC

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran sensor tegangan AC kemudian mencatat data digital keluaran yang ditampilkan pada multimeter serta mencatat nilai ADC yang tertampil pada serial monitor Arduino IDE. Tegangan terukur hasil perhitungan nilai ADC kemudian dibandingkan dengan tegangan yang diukur multimeter. Berdasarkan pengujian tersebut, dihasilkan Tabel 3. sebagai berikut :

Tabel 3. Pengujian Sensor Tegangan Output AC

No	Nilai ADC	Tegangan Multimeter (volt)	Tegangan Hasil Perhitungan (volt)	Deviasi
1	1011	219	217,4156	1,5845
2	1013	219	217,8457	1,1543
3	1014	219	218,0607	0,9393
4	1013	219	217,8475	1,1543
5	1012	219	217,6306	1,3694
6	1011	219	217,4156	1,5845
7	1010	219	217,2005	1,7995
8	1011	219	217,4156	1,5845
9	1010	219	217,2005	1,7995
10	1011	219	217,4156	1,5845

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 nomor 1, didapatkan nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor adalah 1011. Tegangan yang dihasilkan oleh nilai ADC sebesar 1011 adalah 217,4156. Hal ini sesuai dengan perhitungan rumus pada persamaan (9) yang menyatakan bahwa :

$$tegangansensor = \frac{4,8875}{1000} * nilaiADC * 44$$

$$tegangansensor = \frac{4,8875}{1000} * 1011 * 44$$

$$tegangansensor = 217,4156$$

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan rumus dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter telah sesuai. Membuktikan rumus yang digunakan adalah benar. Adapun sedikit deviasi sebesar 1,4554 volt disebabkan oleh nilai tegangan yang masuk ke pin A1 masih terdapat ripple (riak) tegangan. Riak tegangan tersebut mempengaruhi nilai ADC yang terbaca oleh mikrokontroler.

3.4.2. Sensor Tegangan DC

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran sensor tegangan AC kemudian mencatat data digital keluaran yang ditampilkan pada multimeter serta mencatat nilai ADC yang tertampil pada serial monitor Arduino IDE. Tegangan terukur hasil perhitungan nilai ADC kemudian dibandingkan dengan tegangan yang diukur multimeter. Berdasarkan pengujian tersebut, dihasilkan tabel 4. sebagai berikut :

Tabel 4. Pengujian Sensor Tegangan Input DC

No	Nilai ADC	Tegangan Multimeter (volt)	Tegangan Hasil Perhitungan (volt)	Deviasi
1	1000	100	107,5250	-7,5250
2	1023	100	109,9981	-9,9981
3	1023	100	109,9981	-9,9981
4	349	100	37,5262	62,4738
5	553	100	59,4613	40,5387
6	1023	100	109,9981	-9,9981
7	1023	100	109,9981	-9,9981
8	968	100	104,0842	-4,0842
9	128	100	13,7632	86,2368
10	632	100	67,9558	32,0442

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4 terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara tegangan perhitungan dengan tegangan yang terukur pada multimeter yaitu sebesar 16,9692 volt. Hal ini disebabkan oleh sumber yang dipakai untuk melakukan pengujian sensor berasal dari tegangan 110 VAC yang disearahkan menggunakan rangkaian dioda *full bridge* tanpa menggunakan *filter* apapun. Sehingga muncul *ripple* tegangan yang menyebabkan tegangan terukur tidak stabil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa indikator warna pada tampilan *web* dapat memudahkan dalam melakukan pemeliharaan dan indikasi gagal kontrol panel RTU pada gardu. Pada sensor tegangan AC, hasil perbandingan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran sudah sesuai membuktikan bahwa rumus yang digunakan adalah benar. Adapun rata-rata deviasi sebesar 0,5630 V untuk *Input* AC dan 1,4554 V untuk *Output* AC disebabkan oleh sedikit *ripple* tegangan yang lolos dari *filter* kapasitor yang digunakan. Dan pada sensor tegangan DC, terdapat rata-rata deviasi sebesar 16,9692 volt. Hal ini disebabkan oleh sumber yang dipakai untuk melakukan pengujian sensor berasal dari tegangan 110 VAC yang disearahkan menggunakan rangkaian dioda *full bridge* tanpa menggunakan *filter* apapun. Sehingga muncul *ripple* tegangan yang menyebabkan tegangan terukur tidak stabil.

Referensi

- [1]. R. L. Krutz, *Securing SCADA Systems (Google eBook)*, vol. 2005. 2005.
- [2]. I. Salam and S. M. Susatyo Handoko, "Batera Charger Pada Gardu Induk 150 KV Sronдол," pp. 1–9, 2014.
- [3]. PT. PLN(PERSERO), *Buku Pedoman Pemeliharaan Remote Station SCADA*. 2014.
- [4]. M. Banzi, "Getting Started with Arduino," 1st ed., O'Reilly Media, Inc., 2008, p. 128.
- [5]. W. Wendy, *HTML A Beginner 's Guide Second Edition*, 2nd ed. 2003.
- [6]. A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 87–98, 2016.
- [7]. C. K. Alexander and M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits*, vol. 4. 2009.
- [8]. D. Kartawiguna, "Pemrograman Antarmuka Modem Gsm Dengan Pengendali Mikro Avr Menggunakan Bahasa C," *Binus Univ.*, vol. 2, no. 9, pp. 662–667, 2011.
- [9]. A. Harris, *PHP/MySQL Programming for the Absolute Beginner*. 2003.
- [10]. Davis Michele; Jon Phillips, *Learning PHP and MySQL*, vol. 26, no. 4. 2006.
- [11]. M. L. Murphy, *Beginning Android*. 2009.