

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GANGGUAN PADA GARDU LISTRIK MENGGUNAKAN ARDUINO DAN WEBSITE

^[1]Wahyu Rudiyan Saputra, ^[2]Abdul Muid, ^[3]Tedy Rismawan

^{[1][3]}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

^[2]Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail:

^[1]wahyurudiyans@student.untan.ac.id, ^[2]muid@physics.untan.ac.id,

^[3]tedyrismawan@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Gardu listrik saat ini umumnya masih belum dilengkapi oleh sistem monitoring untuk mengetahui kondisi gardu listrik. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan purwarupa sistem monitoring gardu listrik yang dilakukan di gedung Prodi Sistem Komputer. Pada penelitian ini dilakukan perancangan serta pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak untuk membangun sistem monitoring gardu listrik. Perancangan dan pembuatan perangkat keras merupakan tahapan yang dilakukan untuk mendesain dan membuat perangkat pembacaan data tegangan AC (Alternating Current) dengan sensor ZMPT101B, arus listrik AC SCT-013, dan temperatur SHT11 yang diproses oleh mikrokontroler pada arduino platform kemudian ditransmisikan melalui antarmuka ethernet. Tahap selanjutnya diikuti dengan perancangan dan pembuatan perangkat lunak berupa antarmuka grafis yang memuat grafik-grafik nilai perubahan data tegangan AC, arus listrik AC, daya, serta temperatur gardu secara realtime. Indikasi dari keberhasilan penelitian ini adalah perangkat dapat melakukan monitoring pada gardu listrik gedung Prodi Sistem Komputer secara realtime melalui jaringan lokal (Local Area Network) dan data pembacaan sistem telah disimpan di server Prodi Sistem Komputer. Sistem seluruhnya telah bekerja dengan baik dalam melakukan monitoring perubahan data dengan nilai rata-rata 219,67V untuk tegangan AC, rata-rata arus sebesar 24,33A, daya rata-rata sebesar 3510,75VA, dan temperatur rata-rata sebesar 32,04°C pada gardu listrik.

Kata kunci: *arduino, gardu distribusi listrik, sensor, sistem monitoring, SCT013, SHT1, ZMPT101B.*

1. PENDAHULUAN

Saat ini listrik menjadi sumber energi yang paling penting karena, kehidupan masyarakat bergantung pada perangkat elektronik yang umumnya membutuhkan listrik untuk beroperasi. Perangkat elektronik yang membutuhkan tegangan jenis *Alternating Current* (AC) merupakan perangkat yang paling banyak digunakan oleh manusia seperti televisi, kulkas, mesin cuci, komputer, dan perangkat elektronik lain. Perangkat tersebut bekerja pada tegangan listrik PLN 220V 50/60Hz yang didistribusikan ke masyarakat yang diatur pada sebuah gardu listrik. Saat terjadi gangguan pada gardu listrik, tegangan listrik dapat menjadi tidak stabil dan dapat mengganggu bahkan merusak perangkat elektronik yang digunakan. Kejadian ini

sering dialami di Indonesia karena infrastruktur distribusi listrik di Indonesia tidak terpantau dengan baik yang disebabkan oleh luasnya wilayah Indonesia dan masih banyaknya daerah yang dipisahkan oleh kondisi alam yang tidak memungkinkan untuk terus melakukan monitoring secara rutin. Meskipun PLN memiliki Divisi *Supervisory Control and Data Acquisition and Telekomunikasi* (SCADATel) yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan fasilitas SCADA dan Telekomunikasi, tugas mereka hanya sebatas mengawasi sistem pembangkit listrik dan melakukan pengambilan data pada peralatan pembangkit atau gardu induk, melakukan pemutusan dan penyaluran energi listrik, serta membangun dan memelihara jalur telekomunikasi antar petugas PLN dengan kantor [1].

Permasalahan yang telah disampaikan memunculkan ide untuk membuat perangkat monitoring listrik jarak jauh yang masih sederhana dan difungsikan sebatas untuk mendeteksi ada atau tidaknya arus listrik yang mengalir di gardu hubung. Perangkat ini direalisasikan pada penelitian tugas akhir yang dilakukan oleh Fadly dari Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura dengan judul “Sistem Monitoring dan Pemetaan Gardu PLN Berbasis Mikrokontroler dan SMS Gateway”[2].

Penelitian lain sebelumnya pernah dilakukan untuk membangun sistem pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik satu fasa yang dilakukan oleh Dali S. Naga dari Universitas Petra. Perangkat yang dibuat dalam penelitian tersebut menggunakan aplikasi berbasis *desktop* sebagai antar muka. Kecepatan penampilan grafik hasil pengukuran alat ukur daya listrik arus bolak-balik satu fasa berbasis *personalcomputer* berkisar antara dua sampai empat detik[3].

Sistem monitoring gardu listrik jarak jauh menggunakan *website* dapat dijadikan solusi untuk melakukan pemantauan, anti-sipasi, dan mengetahui kondisi listrik yang ada di suatu daerah untuk memudahkan pengguna dalam mengetahui informasi mengenai kondisi tegangan listrik dan gangguan yang terjadi di gardu listrik. Penelitian ini akan dilakukan gedung Prodi Sistem Komputer dan perangkat yang digunakan akan dipasang di gardu listrik yang ada di gedung Prodi Sistem Komputer.

2. LANDASAN TEORI

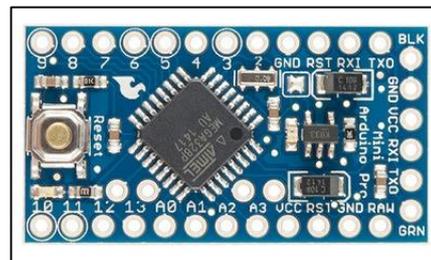
2.1. Sistem Transmisi dan Distribusi Listrik PLN

Transmisi tenaga listrik di Indonesia dilakukan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang bernaung dibawah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) sehingga dalam distribusi kelistrikan terdapat mekanisme baku yang telah dilakukan oleh PLN. Sistem tenaga listrik yang ada di Indonesia yaitu menggunakan sistem 3 fasa yang seimbang yang artinya, tegangan 3 fasa dihasilkan oleh unit-unit pembangkit

tenaga listrik dalam keadaan seimbang, baik besar tegangan, maupun frekuensi[4]. Sistem distribusi kelistrikan umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi.

2.2. Arduino

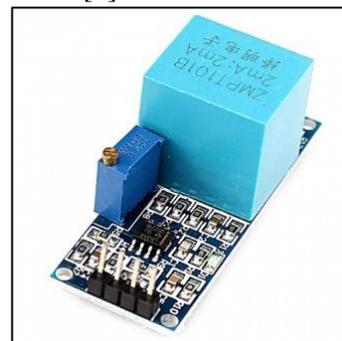
Arduino merupakan perangkat keras yang dibangun untuk kemudahan bagi pengguna [5]. Arduino merupakan pengembangan dari mikrokontroler arsitektur RISC keluarga AVR yang dikembangkan dan diproduksi oleh Atmel. Arduino sendiri bukanlah sebuah mikrokontroler melainkan sebuah *platform* purwarupa yang dikembangkan oleh seorang insinyur asal Italia yaitu Massimo Banzi [6].



Gambar 1. Arduino (sumber: arduino.cc)

2.3. Sensor Tegangan ZMPT101B

Pengukuran besar perubahan tegangan dilakukan dengan menggunakan sebuah transformator ZMPT101B. Transformator ini dapat digunakan untuk mengukur perubahan tegangan dengan memanfaatkan perubahan nilai resistansi pada *output* transformator[8].



Gambar 2. Sensor ZMPT101B (sumber: shop.aftarrayeneh.com)

2.4. Sensor SCT-013

Arus merupakan perpindahan muatan dalam satuan waktu tertentu. Besar nilai arus listrik dibutuhkan untuk mengukur besar daya yang digunakan oleh sebuah

perangkat elektronik. Pengukuran arus pada gardu listrik dapat diukur menggunakan sebuah sensor arus. Sensor arus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SCT-013 dengan maksimum pembacaan arus sebesar 100A[9].



Gambar 3. Sensor SCT-013 (sumber: openenergymonitor.org)

2.5. Sensor Temperatur dan Kelembaban SHT-11

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor SHT11. SHT11 merupakan varian dari sensor temperatur SHT1X versi standar. SHT11 modul merupakan modul sensor suhu dan kelembaban relatif dari *Sensirion*. Modul ini dapat digunakan sebagai alat pengindra suhu dan kelembaban dalam aplikasi pengendali suhu dan kelembaban ruangan maupun aplikasi pemantau suhu dan kelembaban relatif ruangan dengan ketelitian ± 0.4 derajat *celcius*[11].



Gambar 4. Sensor SHT-11 (sumber: fahmizal.wordpress.com)

3. METODOLOGI PENELITIAN

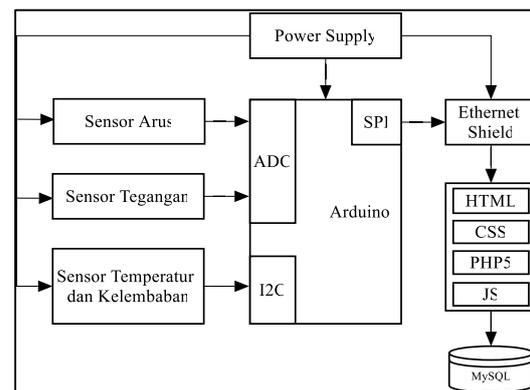
Metodologi dari penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang dilakukan untuk melakukan penelusuran literatur yang berkaitan dengan penelitian. Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan analisa kebutuhan yang meliputi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Berdasarkan data dari analisa kebutuhan, selanjutnya dilakukan perancangan sistem monitoring

gardu listrik. Perancangan yang telah dilakukan digunakan sebagai dasar pembuatan perangkat dan setelah perangkat dibuat akan dilakukan integrasi setiap perangkat untuk membentuk sebuah sistem. Setelah itu dilakukan observasi untuk mengumpulkan data dari setiap perangkat. Jika perangkat belum memenuhi standar pengukuran maka dilakukan kalibrasi perangkat. Setelah data sesuai dengan pengukuran standar dapat dilanjutkan ke tahap analisa dan kesimpulan yang menjadi tahap akhir dari penelitian.

4. PERANCANGAN SISTEM

4.1 Diagram Blok Perancangan Sistem dan Prinsip Kerja Alat

Rancangan perangkat sistem monitoring gardu yang akan digunakan sebagai media penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

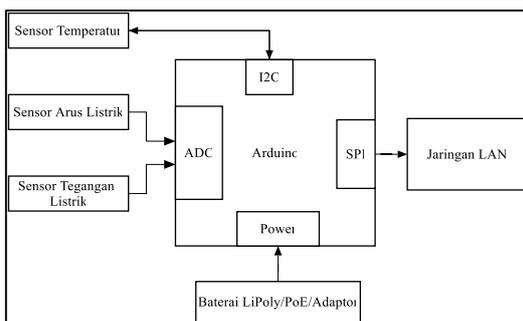
Prinsip kerja alat secara umum dipaparkan pada Gambar 5 dengan menggunakan diagram blok sistem. Pada perangkat keras terdapat tiga *input* data dari sensor yaitu untuk pengukuran tegangan, arus, serta temperatur dan kelembaban. Sensor tegangan dan sensor arus menggunakan jalur *Analog to Digital Converter (ADC)* yang berfungsi untuk merubah data berbentuk tegangan (*Analog*) ke bentuk digital. Pembacaan sensor temperatur dan kelembaban diakses melalui jalur *Two Wire Interface (TWI)* atau yang lebih umum dikenal dengan sebutan *Inter Intergrated Circuit (I2C)*. Data masukan dari semua sensor di hitung oleh *arduino* untuk melakukan konversi dari bentuk digital ke nilai sebenarnya berdasarkan standar in-

strumen pengukuran. Nilai yang didapat dari proses pengukuran ditransmisi-kan ke websitemenggunakan jaringan lokal (*Local Area Network*) melalui *ethernet*. Perangkat *ethernet* menerima data dari *arduino* melalui jalur komunikasi *Serial Pheriperal Interface (SPI)*. Modul *ethernet* berfungsi dalam menterjemahkan data dari *arduino* yang dikirim melalui jalur *SPI* ke modul *ethernet* menjadi paket data dengan arsitektur *TCP/IP*. Paket data yang dikirim ke *webserver* akan diolah kembali oleh *PHP* dan disimpan di *database*. Data ditampilkan kembali secara visual dalam bentuk grafik yang dibangun menggunakan *CSS*, *HTML*, dan *framework Javascript* untuk membuat tampilan beban serta kinerja gardu listrik.

4.2 Perancangan Perangkat Keras

4.2.1. Perancangan Pemroses Utama

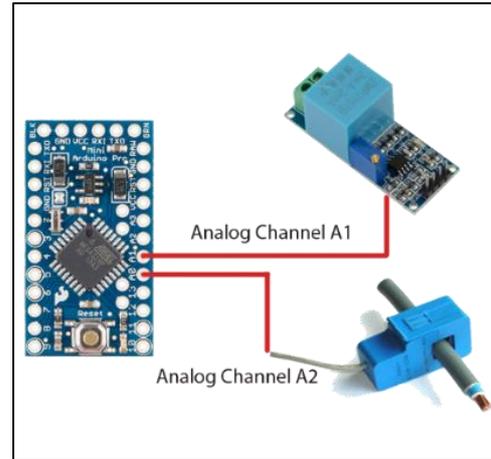
Perancangan perangkat pemroses utama pada penelitian tugas akhir ini menggunakan sebuah *arduino* untuk melakukan pembacaan data dari sensor sehingga *arduino* menjadi perangkat pemrosesan data sensor untuk dilakukan pembacaan data yang awalnya berbentuk gelombang listrik atau sinusoide. Perancangan perangkat pemrosesan sekunder yang terintegrasi dengan sensor dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan Perangkat Pemroses Sensor

4.2.2. Perancangan Rangkaian Sensor Arus dan Sensor Tegangan

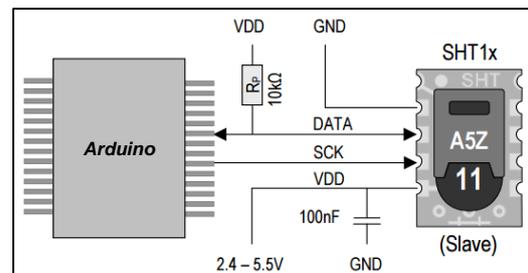
Sensor arus dan sensor tegangan memiliki keluaran yang sama yaitu perubahan level tegangan sehingga dibutuhkan fitur antarmuka *ADC (Analog to Digital Converter)* yang ada di *Arduino*. Rangkaian yang digunakan dari sensor ke *arduino* dapat dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Sensor Tegangan dan Sensor Arus

4.2.3. Perancangan Rancangan Sensor SHT-11

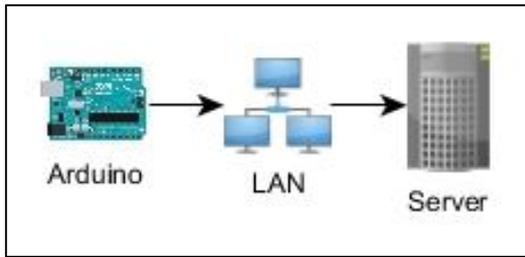
Sensor temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor SHT11 dari perusahaan *Sensirion*. Pembacaan data dari sensor SHT11 yaitu dengan memanfaatkan jalur antarmuka *Inter Intergrated Circuit(I2C)* atau yang dikenal dengan *Two Wire Interface (TWI)*. Pembacaan sensor ini dilakukan oleh *arduino* melalui pin *Serial Clock (SCL)* dan *Serial Data (SDA)*. Rangkaian sensor dengan *arduino* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Sensor SHT-11

4.2.4. Perancangan Server Sebagai Pemroses Antarmuka

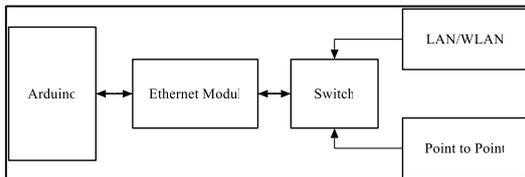
Data dari perangkat *arduino* akan mengirim data menggunakan protokol *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* yang akan diterima menggunakan kode *PHP* dan selanjutnya diolah disisi *server* dengan menggunakan kode *Javascript*. Gambaran proses dari *arduinok* *server* dapat dilihat pada Gambar 9 dimana konsep ini umumnya disebut *client-server*.



Gambar 9. Model *client-server* perangkat yang digunakan

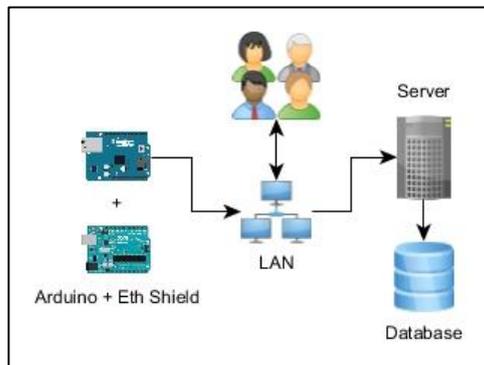
4.2.5. Perancangan Jaringan

Perangkat jaringan digunakan sebagai jalur komunikasi untuk mengirim dan menerima data dari perangkat lunak yang dipasang di sisi *server* antara lain yaitu *ethernet* dan *WLAN (Wireless LAN)*. Desain jaringan yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Rancangan Jaringan

Untuk perancangan jaringan integrasi antar perangkat dan *server* dapat dilihat pada Gambar 11.

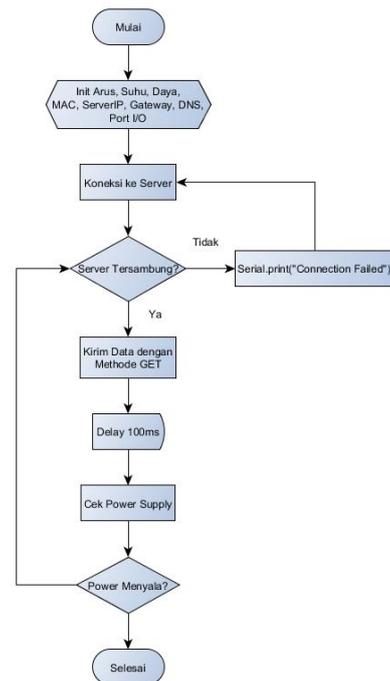


Gambar 11. Topologi jaringan sistem

4.3 Perancangan Perangkat Lunak

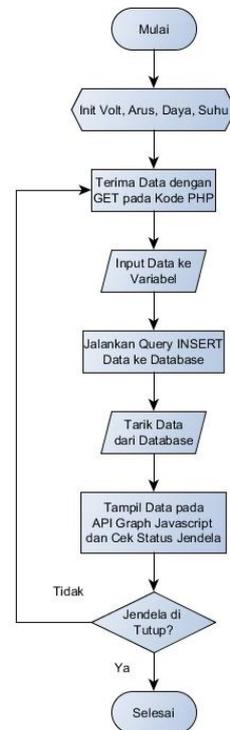
4.3.1. Perancangan Perangkat Lunak *Arduino*

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai antarmuka grafis, dan media penyimpanan data. Selain itu kode program pada mikrokontroler merupakan bagian dari perangkat lunak ini. Proses dari perangkat lunak yang ditanam di mikrokontroler dan antarmuka *website* yaitu seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Program *Arduino*

Kode program yang digunakan pada perangkat lunak *website* bekerja untuk menerima data dari *arduino* dan menampilkan kembali ke dalam tampilan grafik. Diagram alir dari kode program dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir *Website*

4.3.2. Perancangan Database

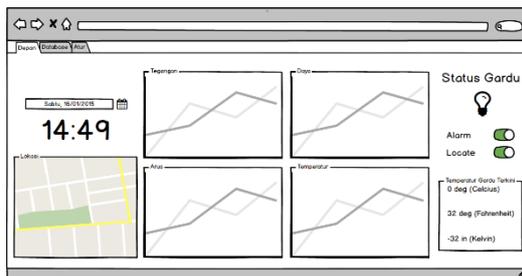
Data yang sudah diolah akan ditampilkan di antarmuka dan selanjutnya disimpan kembali di tabel yang berbeda pada database yang sama. Pada database ini terdapat tabel yang berisikan nilai dari setiap data yang diterima oleh kode PHP. Desain tabel yang digunakan pada database perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Perancangan Database

4.3.3. Perancangan antarmuka

Halaman website yang digunakan sebagai antarmuka grafis dibangun dengan menggunakan Javascript, PHP, HTML5, dan CSS. Antarmuka dibangun dengan dua halaman salah satunya halaman Depan yang merupakan tampilan awal berisikan informasi grafik dari data pembacaan sensor. Grafik pada halaman ini terdiri dari temperatur, daya, arus, dan tegangan. Tampilan dari halaman depan dapat dilihat seperti gambar 15.



Gambar 15. Desain tampilan antar muka

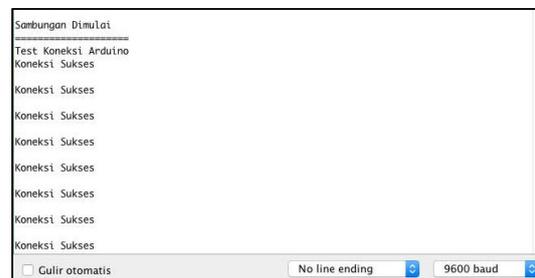
5. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengujian Serial Data Communication Arduino

Pengujian komunikasi data serial bertujuan untuk mengetahui berfungsi atau tidaknya komunikasi data dengan menggunakan jalur komunikasi serial yang ada

pada arduino. Pada penelitian ini, arduino yang digunakan adalah arduino promini. Arduino Pro Mini menggunakan core yang sama seperti yang digunakan pada arduino uno yaitu mikrokontroler arduinoATMEGA 328P dengan clock sebesar 16MHz.

Konfigurasi komunikasi serial dengan kecepatan transmisi data sebesar 9600 bps yaitu menggunakan kode `Serial.begin(9600)`. Kode perintah ini mewakili konfigurasi serial komunikasi secara keseluruhan. Kode selanjutnya merupakan perintah untuk menampilkan karakter pada konsol yang telah disediakan oleh Arduino IDE.



Gambar 16. Hasil Pengujian Komunikasi Serial

5.2. Pengujian Koneksi Arduino EthernetModule dan Koneksi LAN

Pengujian koneksi Ethernet Module bertujuan untuk mengetahui kemampuan pengiriman data yang dilakukan oleh arduino ke komputer menggunakan modul Ethernet ENC28J60. Pada pengujian ditanam program web server di arduino untuk memungkinkan komputer mengakses data script Hyper Text Markup Language (HTML). Akses ke arduino web server dapat dilakukan dengan menuliskan alamat IP di kolom URL (Uniform Resource Locator) yang umumnya digunakan pengguna untuk menuliskan alamat website. Alamat yang diakses untuk menuju ke arduino web server adalah 192.168.1.177. Hasil penelusuran yang akan ditampilkan dari hasil penelusuran ke alamat arduino web server terlihat seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan Hasil Penelusuran

5.3. Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor tegangan yang digunakan menghasilkan nilai *output* berupa level tegangan. Level tegangan yang dihasilkan dibaca oleh mikrokontroler melalui antar muka *Analog to Digital Converter (ADC)*. Perangkat sensor tegangan *ZMPT-101B* masih menghasilkan nilai yang belum memenuhi standar saat dibaca langsung menggunakan fitur *ADC arduino*. Proses kalibrasi dilakukan bertahap dimana tahap pertama yang harus dilakukan adalah merubah nilai *input* desimal *digital* menjadi nilai tegangan dengan satuan besaran sesuai Satuan Internasional (SI) yaitu *Volt*. Mengubah nilai desimal menjadi tegangan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$y = 13,548x + 186,02 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

y = nilai hasil konversi ke tegangan AC(volt)

x = nilai ADC dengan satuan tegangan (volt)

Nilai x merupakan nilai tegangan keluaran sensor yang didapat dari konversi nilai ADC dengan format desimal *digital*. Nilai tegangan keluaran sensor didapat dari persamaan 2[13].

$$x = \frac{(ADC*5)}{1023} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

x = nilai tegangan luaran sensor (volt)

ADC = nilai pembacaan ADC

Hasil pengujian perangkat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Sensor Tegangan

No.	Pengukuran		
	Multimeter (V)	Pembacaan Sensor (V)	Error (%)
1.	219	219,61	0,278
2.	219	219,61	0,278
3.	219	219,67	0,305
4.	219	219,61	0,278
5.	219	219,54	0,246
6.	219	219,67	0,305
7.	219	219,74	0,337
8.	219	219,80	0,364
8.	219	219,67	0,305
10.	219	219,80	0,364

Dari data perhitungan didapat nilai *error* rata-rata sebesar 0,036%.

5.4. Pengujian Sensor Arus SCT-013

Sensor arus memiliki sistem pengukuran besar mutan listrik yang bergerak dalam satu detik dengan memanfaatkan sifat induksi medan listrik yang terjadi pada mekanisme penghantar listrik arus bolak balik (*alternating current (AC)*). Dalam pembacaannya, *arduino* juga memanfaatkan antarmuka *Analog To Digital Converter (ADC)* dalam melakukan pem-bacaan data.

Tidak seperti pembacaan pada sensor tegangan yang membaca perubahan level tegangan, sensor *SCT-013* memiliki luaran sinyal berbentuk gelombang *sinusoide* sehingga dibutuhkan perlakuan khusus untuk melakukan pembacaan sinyal luaran dari sensor ini. Untuk dapat membaca luaran sinyal dari perangkat sensor *SCT-013*, digunakan pustaka untuk kode program yang telah disediakan yaitu *Energy MonitoringArduino library*. Pada kode program pengujian digunakan pengambilan sampel sinyal luaran dari sensor arus sebanyak 1480. Saat kode program ditanam kedalam *arduinodata* pengujian sensor dapat dibaca dan ditampilkan pada konsol *Arduino IDE*.

Pada saat pengukuran pertama kali dilakukan, besar arus yang terbaca oleh sensor *SCT-013* melalui terminal *Arduino IDE* masih belum memenuhi standar pengukuran ketika dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur standar. Alat ukur standar yang digunakan pada pengukuran arus listrik pada saat pengujian sensor adalah sebuah *clamp meter* digital yang berfungsi untuk mengu-ukur besar arus listrik bolak balik. Dari pengukuran yang didapat, nilai selisih sensor masih cukup besar sehingga perlu dilakukan penyesuaian nilai kalibrasi sensor. Nilai kalibrasi didapat dari persamaan 3.

$$nCalib = \frac{I_{pp}}{I_{sp} R_{burden}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

R_{burden} = nilai burden resistor (Ohm)

nCalib = nilai faktor kalibrasi

Data hasil kalibrasi telah memenuhi standar pengukuran dan dapat dilihat pada tabel 3.

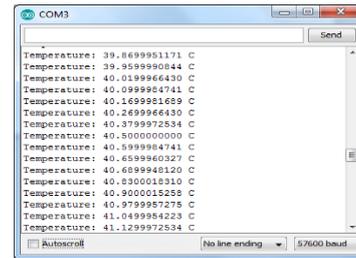
Tabel 3. Hasil Pengukuran Sensor Arus

No.	Pengukuran			
	Sensor (A)	Clamp Meter (A)	Selisih	Error (%)
1.	24,43	24,3	0,13	0,535
2.	24,28	24,2	0,08	0,331
3.	24,39	24,3	0,09	0,370
4.	24,39	24,3	0,09	0,370
5.	24,30	24,3	0	0,0
6.	24,45	24,4	0,05	0,205
7.	24,25	24,2	0,05	0,207
8.	24,35	24,3	0,05	0,206
8.	24,27	24,2	0,07	0,289
10.	24,27	24,2	0,07	0,289

Hasil pengukuran berdasarkan tabel 5.4 menunjukkan hasil dari pengukuran sensor dapat digunakan untuk pengukuran arus listrik bolak balik. Besar pengukuran rata-rata arus yaitu sebesar 24,33 ampere, rata-rata selisih pembacaan antara sensor dan alat ukur sebesar 0,068 ampere, dan nilai error rata-rata sebesar 0,28%.

5.5 Pengujian Sensor Suhu SHT11

Sensor *SHT-11* berfungsi dalam mengukur temperatur gardu untuk mengetahui besar perubahan temperatur pada gardu. *Arduino* melakukan komunikasi dengan sensor menggunakan jalur komunikasi dua kabel (*two wire*). Data yang didapat dari sensor ini memiliki bentuk digital dengan paket data yang memuat nilai temperatur dan kelembaban. Keluaran dari sensor ini telah memenuhi nilai pengukuran temperatur dengan akurasi yang baik[11]. Data dari sensor tidak memerlukan kalibrasi karena nilai yang terbaca oleh sensor dan dikirim ke *arduino* merupakan data temperatur dengan satuan derajat *celcius*. Hasil pengujian dan pengukuran sensor ini dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Pembacaan Suhu dari Sensor SHT11

5.6 Pengujian Perangkat Lunak dan Integrasi Perangkat Keras dengan Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak merupakan tahapan yang dapat merangkap sekaligus proses integrasi perangkat. Perangkat yang dibuat seluruhnya diintegrasikan menjadi satu dan membentuk satu sistem terintegrasi pada sebuah aplikasi antarmuka berbasis *website*. Perangkat keras berupa sensor dan antarmuka jaringan yang diuji sebelumnya disambungkan ke sebuah papan kendali utama *arduino* yang telah dirangkai dengan konektor untuk pemasangan sensor. Sistem yang terhubung secara keseluruhan diintegrasikan ke halaman *website* menggunakan antarmuka *Ethernet* yang dihubungkan ke komputer menggunakan kabel *Unshield Twisted Pair (UTP)* kategori 5 dengan kecepatan transmisi data 10/100Mbps.

Tahapan pengujian perangkat lunak pada penelitian ini merupakan pengujian perangkat lunak pemroses sensor, penyimpanan data, dan antarmuka perangkat. Pada penelitian ini perangkat lunak terdiri dari dua jenis yaitu, kode program yang ditulis dan ditanam pada mikrokontroler dan kode program PHP yang berjalan di sisi *server* untuk penyimpanan data dan pemrosesan data perangkat lunak. Secara keseluruhan, untuk melakukan pemrosesan data dari sensor hingga mendapatkan nilai pengukuran yang sesuai dengan alat ukur standar, sebelumnya telah dilakukan terlebih pengujian masing-masing kinerja perangkat lunak. Kode program yang ditanam pada mikrokontroler berfungsi untuk memproses data sensor dan dikirim melalui jaringan, sedangkan PHP berfungsi sebagai penerima data yang dikirim oleh mikrokontroler dan

menjalankan *query* untuk menyimpan data ke *server*.

Record dari *database* menjadi nilai yang akan dimuat oleh grafik *realtime* pada antarmuka *website* dimana data nilai di *database* akan terus menerus berubah setiap 1 detik. Data yang dimuat pada grafik adalah data *record* terakhir di *database*. Pengujian integrasi perangkat lunak dan perangkat keras berhasil dilakukan ketika grafik yang ada pada antarmuka berbasis *website* berhasil mengakses data secara langsung dari *database*.

5.7 Pengujian Sistem Monitoring pada Gardu Listrik

Perangkat keras yang telah terintegrasi dengan perangkat lunak akan dipasang pada gardu untuk melakukan pengukuran dan pengumpulan data serta kemampuan pembacaan sensor. Pengujian pertama dilakukan pada koneksi data dengan seluruh grafik yang ada pada antarmuka. Perubahan posisi koordinat pada grafik menunjukkan perubahan data yang terjadi pada *database*. Data temperatur yang ada di sisi kanan akan terus berubah seperti yang terjadi pada perubahan grafik. Setiap perubahan data pada *database* merupakan perubahan data pembacaan pada *arduino*. Perubahan tampilan pada antarmuka dapat dilihat pada Gambar 19.



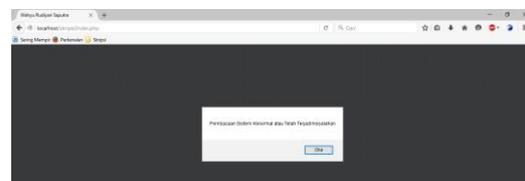
Gambar 19. Pengujian Pembacaan Sistem pada Antarmuka

Data akan disimpan terus menerus untuk mengetahui rekam nilai yang berlangsung sebelumnya. Rekam nilai dapat dilihat pada halaman *database* pada antarmuka perangkat seperti pada Gambar 20.

ID	Waktu	Tegangan	Arus	Daya	Temperatur	Status
1121	13.00	220.07	15.76	3463.82	32.09	0
1122	13.00	221.99	15.29	3388.36	32.06	0
1123	13.00	220.46	15.06	3363.28	32.06	0
1124	13.00	219.08	15.03	3310.75	32.06	0
1125	13.00	221.52	15.28	3384.92	32.07	0
1126	13.00	220.47	14.94	3283.36	32.06	0
1127	13.00	218.94	14.89	3269.75	32.10	0
1128	13.00	218.19	15.76	3424.97	32.04	0
1129	13.00	217.82	16.14	3512.29	32.04	0
1130	13.00	219.81	15.73	3465.20	32.04	0

Gambar 20. Nilai *Record Database*

Jika terjadi kesalahan atau sistem bekerja tidak normal akan tampil peringatan seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampilan Peringatan

5.8 Simpulan Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian pada perangkat yang dibuat pada penelitian tugas akhir dapat dilakukan analisis dari hasil penelitian. Analisis dari pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem bekerja pada saat digunakan. Perangkat dibuat dengan tujuan utama untuk melakukan monitoring gardu listrik yang dimiliki oleh PT. PLN. Karena alat yang dibuat pada penelitian ini masih dalam tahap purwa rupa (*prototipe*) maka alat dipasang pada gardu distribusi lokal yang ada di gedung Prodi Sistem Komputer.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada tahapan penelitian yang dilakukan mulai dari perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, implementasi, hingga tahap pengujian perangkat monitoring gangguan pada gardu listrik dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Pada penelitian ini dapat dibuat perangkat monitoring gardu listrik menggunakan *Arduino* dengan antarmuka berbasis *website*.
2. Perangkat monitoring gangguan pada gardu listrik dapat memberikan

informasi tingkat perubahan *level* tegangan, arus, daya, dan temperatur pada gardu listrik secara realtime.

3. Data tegangan, arus, daya, temperatur yang didapat dari perangkat keras disimpan pada *database* yang ada di komputer *server* sesuai dengan waktu pengambilan data.
4. Sistem dapat memberikan peringatan dengan tampilan halaman peringatan pada saat terjadi kesalahan pada pembacaan perubahan *level* tegangan, arus, daya, dan temperatur pada gardu listrik.
5. Sistem seluruhnya telah dapat melakukan monitoring perubahan data dengan nilai rata-rata 219,67V AC untuk tegangan, rata-rata arus sebesar 24,33A, daya rata-rata sebesar 3510,75VA, dan temperatur rata-rata sebesar 32.04°C pada gardu listrik selama 3 hari pengumpulan data.

6.2. Saran

Dari proses penelitian yang dilakukan dalam membangun perangkat monitoring gangguan pada gardu listrik didapat ide yang menjadi saran untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran pengembangan perangkat ini pada penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penggunaan jalur komunikasi nirkabel (*wireless*) dapat digunakan untuk meminimalisir penggunaan kabel.
2. Pembacaan frekuensi dapat ditambahkan untuk dijadikan bahan analisis tingkat kestabilan tegangan listrik.
3. Penggunaan *VPS (Virtual Private Server)* atau *Dedicated Server* yang terhubung ke jaringan publik sangat dianjurkan untuk menjadi *web server* dan *database server* sehingga dapat diakses dari manapun.

Pemetaan Gardu PLN Berbasis Mikrokontroler dan SMS Gateway,” *Coding*, 2015.

- [3] D. S. Naga, “Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur Daya Listrik Arus Bolak Balik Satu Fasa Berbasis Personal Computer” *Jurnal Teknik Elektro*, pp. 29-43, 2006.
- [4] M. N. Malik, “Analisis Loses Jaringan Distribusi Primer Penyulang Adhyaksa Makassar,” *UNM Online Journal System*, p. 4, 2009.
- [5] M. Schmidt, *Arduino A Quick Start Guide*, New York: The Pragmatic Bookshelf, 2011.
- [6] D. Wilcher, *Arduino Electronics Blueprints*, Birmingham: Packet Publisher, 2015.
- [7] J. Knight, “Linux Journal,” 21 Desember 2011. [Online]. Available: <http://www.linuxjournal.com/content/arduino-open-hardware-and-ide-combo>.
- [8] Datasheet, ZMPT101B Voltage Transformer, Shenzhen, 2008.
- [9] Datasheet, SCT-013, Beijing: Yaohuadechang Electronics, 2011.
- [10] S. Fadziani, “Power Monitoring Smartmeter in Domestic Appliances Using *Arduino* Implementation,” *Portal FKE UTM*, pp. 1-13, 2015.
- [11] Datasheet, SHT-11 Datasheet, Staefa ZH: Sensirion, 2011.
- [12] Y. Zhang, “Design of Ethernet-CAN Protocol Conversion Module Based on STM32,” *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, pp. 89-96, 2014.
- [13] Datasheet, ATMEL ATmega328P Datasheet, California: Atmel, 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN, “AP2B PLN Kaltim,” 08 Juni 2016. [Online]. Available: www.ap2b-sistemkaltim.com. [Diakses 08 Juni 2016].
- [2] Fadly, “Sistem Monitoring dan