

SISTEM MONITORING LIGHTNING ARRESTER GAGAL OPERASI SECARA ONLINE DI JARINGAN 20 KV PENYULANG KOLONEL SUGIONO UNIT LAYANAN BULULAWANG

Mohamad Mukhorobin¹⁾, Bambang Dwi Sulo²⁾, M. Jasa Afroni³⁾
^{1),2),3)} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

Jalan Mayjen Haryono No.193, Dinoyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

Email : mohadamukhorobin@gmail.com

Abstraksi

Lightning arrester merupakan proteksi yang berfungsi mengamankan peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan baik oleh sambaran petir (*lightning strike*) maupun gelombang hubung singkat (*switching*), tingginya frekuensi arrester dalam memproteksi tegangan lebih resiko arrester gagal operasi sangat tinggi. salah satu Kegagalan operasi lightning arrester kurangnya monitoring kondisi arrester dimana menurunnya kondisi tingkat isolasi arrester tidak termonitoring. Maka diperlukan sistem monitoring online, dengan metode analisis arus bocor total riel pada *lightning arrester* dapat mengetahui kondisi arrester, dengan dibuatkan sistem monitoring secara online diusahakan dapat mencegah terjadinya arrester gagal operasi. Hasil pembacaan sistem, nilai arus bocor terbaca rata-rata 3,12 mA. Keakurasian sistem dalam mengukur *leakage current* menunjukkan tingkat keakurasian rata-rata 97,35 % terhadap alat LCM kyoritsu.

Kata kunci : *Lightning Arrester, Leakage Current, Sistem Monitoring Online*

Abstract

Lightning arrester is a protection that functions to protect equipment from overvoltage caused by both lightning strikes and short circuits (*switching*), the high frequency of arresters in protecting overvoltages the risk of arresters failing to operate is very high. One of the lightning arrester operating failures is the lack of monitoring the condition of the arrester where the decreasing condition of the isolation level of the arrester is not monitored. So an online monitoring system is needed, with the method of analyzing the real total leakage current on the lightning arrester to find out the condition of the arrester, by making an online monitoring system it is attempted to prevent the occurrence failure of operation. The results of the system reading, the average value of the leakage current is 3.12 mA. The accuracy of the system in measuring leakage current shows an accuracy average is 97,35% against the Kyoritsu LCM tool.

Key word : *Lightning Arrester, Leakage Current, System Monitoring Online*

1. PENDAHULUAN

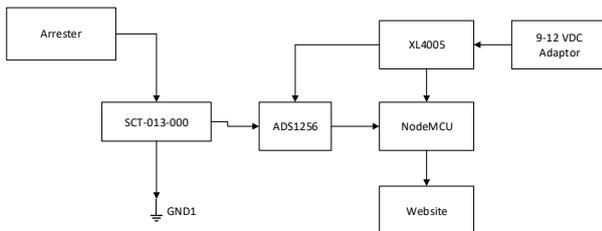
Gangguan tegangan lebih karena sambaran petir ada dua macam yaitu petir menyambar secara langsung pada saluran dan secara tidak langsung. Sambaran secara langsung dapat menyambar pada saluran udara atau menyambar pada kawat tanah, sedangkan untuk sambaran secara tidak langsung dapat menyambar pada pohon atau bangunan yang berada didekat kawasan peralatan listrik. Peralatan yang biasa digunakan untuk memproteksi gangguan akibat sambaran petir disebut Lightning Arrester.

Tingginya intensitas hujan dan petir di wilayah Unit Layanan Pelanggan (ULP) Bululawang cukup tinggi sehingga tingkat sambaran petir terhadap jaringan distribusi disisi 20 KV semakin sering terjadi. Dengan adanya hal ini *Lightning Arrester* akan sering bekerja membuang tegangan surja

karena sambaran petir. Hal ini sangat mengganggu pelayanan pendistribusian tenaga listrik kekonsumen jika *Lightning Arrester* tidak berkerja maksimal atau gagal operasi karena tingkat keisolasiannya sudah rendah atau tingkat keisolasiannya terlalu tinggi dari rating standarnya. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem monitoring kondisi arrester untuk mencegah kegagalan operasi arrester, karena kondisi arrester selalu dapat dipantau secara kontinyu. Maka saya mengajukan judul tugas akhir "Sistem Monitoring *Lightning Arrester Gagal Operasi* Secara Online di Jaringan 20 KV Penyulang Kolonel Sogiono Unit Layanan Pelanggan Bululawang".

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Sistem



Gambar 1 Desain Sistem

Berdasarkan gambar 1 sistem ini akan bekerja dengan mengukur Arus Bocor Total (It) pada arrester. Pengukuran It akan dilakukan menggunakan sensor SCT-013-000 yang di *clamp* pada kabel Arrester yang terhubung ke tanah. Arus hasil pembacaan SCT-013-000 selanjutnya di proses oleh ADC ADS1256 sehingga menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh NodeMCU. Selanjutnya sinyal dikirimkan oleh ADS1256 ke NodeMCU untuk selanjutnya dikirimkan ke Server Website melalui internet. Setelah data berhasil terkirim ke server, maka hasil pembacaan data telah dapat ditampilkan melalui website.

Untuk menghidupkan sistem ini diperlukan tegangan DC dengan nilai 9-12V. Dari tegangan tersebut nantinya akan di turunkan oleh XL4005 menjadi 5V agar dapat mensupply ADS1256 dan NodeMCU. Penggunaan XL4005 juga ditujukan untuk meregulasi tegangan agar stabil yang menurut datasetnya, XL4005 mampu menurunkan tegangan dan memberikan nilai Arus 5A konstan di tegangan keluarannya.

2.2 Perancangan Sistem

2.2.1 Perancangan Spesifikasi Sistem

Sistem ini akan dibuat dengan memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Spesifikasi dari alat ini adalah :

- **Tegangan Input : 9 -12 V**

Tegangan Input 9-12 V didapat berdasar dari *datasheet* XL4005. Dalam *datasheet* menyebutkan bahwa tegangan input dari modul ini adalah 5 – 32 VDC dan Output 0.8 – 30V. Ketentuan lainnya adalah tegangan Input harus lebih besar dari tegangan Output. Nilai Minimum 9 V diambil berdasar efisiensi dari modul ini, yaitu 90%, dimana 90% dari 9 V adalah 8.1 V yaitu masih memenuhi syarat jika tegangan input harus lebih besar dari tegangan output yaitu $8.1 > 5.0$ V. Maximum 12 V ditujukan untuk meminimalisir kerja dari IC XL4005. Dengan minimalnya kerja dari modul XL4005 maka panas yang dihasilkan oleh modul ini juga lebih kecil. Hal ini akan memperpanjang usia pakai modul ini.

- **Toleransi Ketelitian : +- 5%**

Nilai toleransi ini mengacu pada nilai toleransi pengukuran arus dari sistem ini. Perhitungan +- 5 % didapat dari 3 % + 1 % + 1 %. Nilai 3% yaitu nilai ketelitian pengukuran dari modul SCT-013-000 itu sendiri. 1% yang pertama mengacu pada nilai ketelitian resistor yang digunakan. 1% terakhir merupakan nilai toleransi ketelitian dari pengukuran ADC yang digunakan.

- **Rentang Pengukuran : 0 -1000 mA**

Nilai Rentang Pengukuran didapat dari perhitungan antara Burden Resistor pada SCT-013-000 dan nilai Ketelitian ADC. Untuk pengukuran rentang 0 – 1000 mA akan diperlukan burden resistor sebesar 2,34 K Ohm. Hal ini dapat diukur dengan rumus (2). Karena nilai 2,34K Ohm sulit didapat di pasaran maka akan digunakan Resistor dengan Nilai 2,2K Ohm 1% sebagai penggantinya.

Rangkaian Seri atau Paralel Resistor tidak digunakan dalam sistem ini dikarenakan semakin bertambahnya resistor akan mempengaruhi nilai ketelitian dari alat ini. Dengan penggunaan resistor 3.3K Ohm maka pada saat pengukuran maximum alat ini yaitu 1A maka untuk mencari keluaran sekundernya (*secondary peak current*) akan berlaku rumus (1) dengan hasil 0,000707. Dari hasil tersebut sesuai dengan Hukum Ohm Tegangan yang akan terbaca pada ADC adalah sebesar 1,5554 V.

Dengan tegangan 1,5554 V dan nilai ketelitian ADC $2^{23} - 1$ atau 8,388,607 maka setiap *step* pada ADC akan membaca

$$1,5554/8388607 = 1,8542 \times 10^{-7}V$$

Atau jika dikonversi ke arus menggunakan hukum ohm yaitu

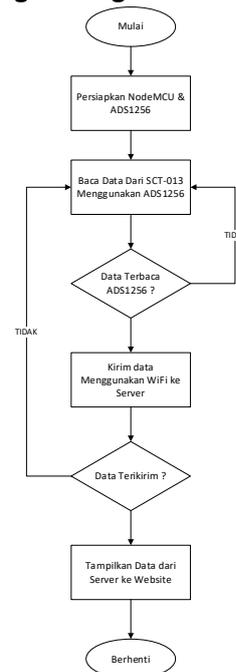
$$I = \frac{1,8542 \times 10^{-7}}{2200} = 8,4281 \times 10^{-11}A$$

Nilai $8,4281 \times 10^{-11}A$ pada sekunder jika dilakukan perhitungan dengan rumus (1) maka akan diperoleh tegangan primer (Peak) sebesar $1,6856 \times 10^{-7}A$ atau primer (RMS) $1,1919 \times 10^{-7}A$ atau 0,11919 uA per step.

- **Konektivitas : WiFi 802.11 b/g/n**

Jenis konektivitas ini bergantung pada dataset NodeMCU yang digunakan, yaitu NodeMCU Lolin V2

2.2.2 Perancangan Diagram Alir Sistem



Gambar 2 Diagram Alir Utama Sistem

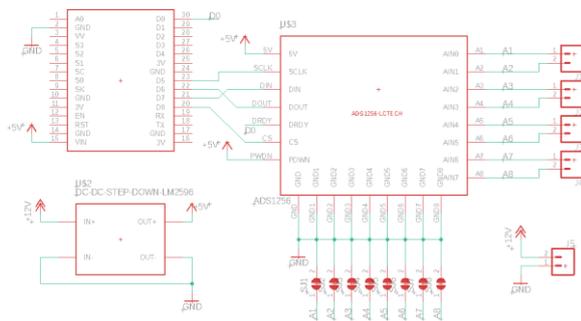
Gambar 2 merupakan ringkasan dari kerja keseluruhan sistem ini. Saat alat ini awal bekerja nantinya alat akan mempersiapkan agar NodeMCU dan ADS1256 siap bekerja. Pada tahap persiapan pertama tama akan menyiapkan NodeMCU untuk terkoneksi dengan WiFi. Selanjutnya dipersiapkan untuk mengirim atau menerima sinyal pada pin yang ditentukan.

Setelah NodeMCU siap, selanjutnya dengan NodeMCU akan mengirim sinyal untuk menghidupkan IC ADS1256 dengan mengirim sinyal kosong ke ADS1256. Setelah ADS1256 mengirim data kembalian bahwa ADS1256 siap, maka proses persiapan telah selesai.

Setelah NodeMCU dan ADS1256 siap maka kedua perangkat tersebut akan melakukan pembacaan tegangan keluaran dari SCT-013 yang terhubung ke Arus Bocor Arrester. Selanjutnya jika data berhasil terbaca maka data akan dikirim ke server melalui Internet menggunakan koneksi WiFi yang sudah tertanam dalam NodeMCU.

Setelah data berhasil terkirim, data akan diterima oleh server. Data yang diterima server nantinya akan ditampilkan ke Website. Jika tidak berhasil dalam proses pengiriman data, sistem akan membaca ulang data yang ada. Hal ini dilakukan untuk menghindari data delay.

2.2.3 Perancangan PCB Sistem



Gambar 3 Skema PCB Sistem

Dari gambar 3.2 ADS1256 terhubung pada NodeMCU melalui protokol SPI. XL4005 mensuply daya 5V kepada NodeMCU dan ADS1256. Jumper SJ1-SJ8 ditujukan untuk mengkoneksikan pin ADS1256 yang tidak terpakai dengan ground. Hal ini bertujuan untuk mengurangi noise pada pembacaan ADS1256. J1-J4 merupakan konektor 2 pin yang akan menghubungkan ADS1256 dengan SCT-013-000 dan J5 merupakan konektor yang menghubungkan Adaptor dengan XL4005.

Koneksi antara ADS1256 ke NodeMCU merupakan koneksi SPI yang membutuhkan pin minimum SCLK, MISO, MOSI, dan SS. Pada gambar 3.2 ADS1256 juga akan mengkoneksikan pin DRDY untuk mendeteksi apakah transaksi data sudah dapat dilakukan atau belum dapat dilakukan. Berikut adalah koneksi dari pin tersebut.

- **ADS1256 SCLK ke NodeMCU D5**

Dengan mengkoneksikan pin ini, NodeMCU akan dapat melihat Clock yang diberikan oleh ADS1256.

Sesuai dataset clock signal digunakan untuk menentukan apakah pada rentang clock tersebut ada data yang harus dibaca atau tidak. Port D5 merupakan Port untuk menerima sinyal clock pada NodeMCU dan port SCLK adalah Port ADS1256 untuk mengirimkan sinyal clock ke NodeMCU.

- **ADS1256 DIN ke NodeMCU D6**

Port DIN adalah port ADS1256 yang bertugas untuk menerima sinyal input dari NodeMCU. Sinyal yang dikirimkan oleh NodeMCU adalah sinyal yang berbentuk Bit. Tiap bit yang dikirim akan memiliki arti yang berbeda yang akan diterjemahkan oleh ADS1256. Nilai terjemahan dari bit ini telah tertulis pada datasetnya. Misalkan NodeMCU mengirim sinyal agar Chip on dengan cara mengirimkan sinyal Low ke DIN sebanyak 1 kali.

- **ADS1256 DOUT ke NodeMCU D7**

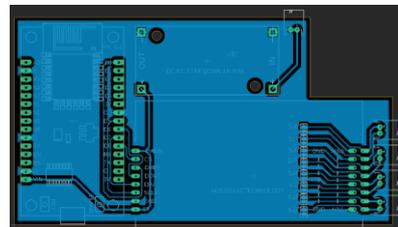
Port DOUT berguna untuk mengirimkan bit hasil pembacaan kepada NodeMCU. Biasanya data dikirimkan dalam rangkaian Bit yang dapat diterjemahkan oleh NodeMCU. Pada ADS1256 setiap kali pengiriman bit akan bernilai 64 bit (tipe data long long). Untuk mengetahui jeda antar bit maka diperlukan pembacaan sinyal SCLK.

- **ADS1256 DRDY ke NodeMCU D8**

Pin DRDY adalah pin yang bertugas memberi informasi kepada NodeMCU apakah ADS1256 sudah dapat melakukan transfer data atau tidak.

- **ADS1256 CS ke NodeMCU D8**

Pin CS merupakan pin yang mengalamatkan chip. Misalkan ada 2 ADS1256 yang terkoneksi pada 1 NodeMCU maka pin CS adalah pin yang menjadi alamat pembeda antara kedua ADS1256 tersebut.

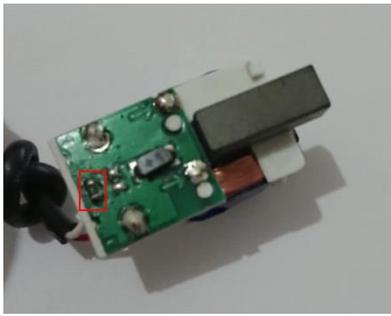


Gambar 4 Layout PCB Sistem

2.2.4 Perancangan Spesifikasi SCT-013-000

Sensor SCT-013-000 yang digunakan dalam sistem ini akan menggunakan burden resistor sebesar 2,2K Ohm. Hal ini didasarkan pada perhitungan menggunakan rumus (2) yang menghasilkan nilai 2333 Ohm. Karena resistor 2333 Ohm tidak ada dipasaran maka dapat diganti dengan nilai 2200 Ohm atau 2,2K Ohm.

Degan penggunaan resistor 2,2 Ohm maka SCT-013-000 akan menghasilkan *output* sebesar 1,5554 V saat tegangan yang diukur bernilai 1A atau 1000 mA yang nantinya dapat dibaca oleh ADS1256.

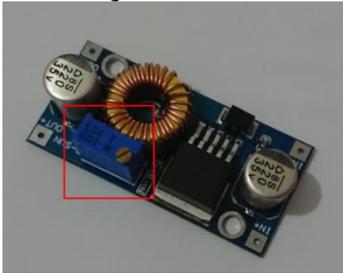


Gambar 5 Burden Resistor pada SCT-013-000

Gambar 3.5 merupakan Burden Resistor yang dipasang di dalam sensor SCT-013-000 sehingga tidak memerlukan ruang tambahan pada PCB. Pemasangan burden resistor adalah paralel antara output K dan output L pada SCT-013-000.

2.2.5 Perancangan Nilai Output XL4005

Modul XL4005 secara tidak dapat langsung dikoneksikan ke jalur PCB yang dibuat. Penyesuaian dilakukan dengan memutar *trimpot* pada XL4005 dengan tujuan mengatur tegangan keluar. Semakin tinggi nilai resistansi pada *trimpot* maka akan semakin kecil arus keluaran modul. Hal ini disebabkan karena modul XL4005 menerapkan prinsip *resistive voltage divider* dalam skemanya.

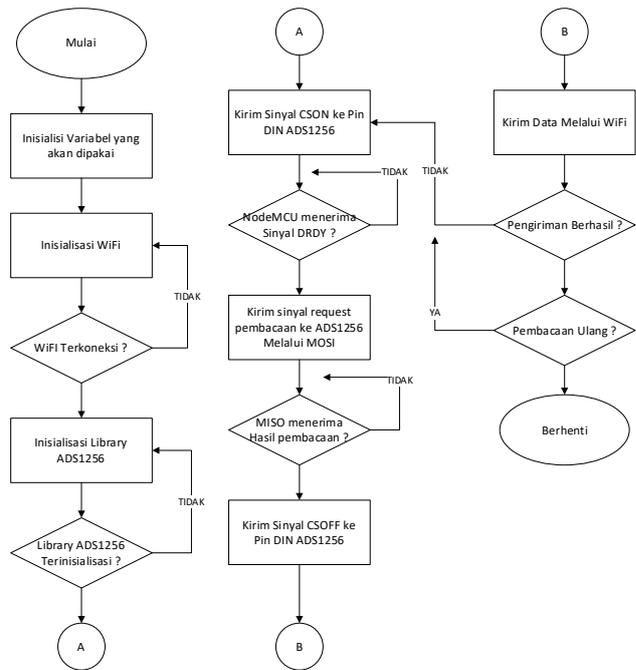


Gambar 6 XL4005

Pemutaran *trimpot* harus dilakukan sambil mengukur dengan output menggunakan Voltmeter. *Trimpot* harus diputar ke berlawanan arah jarum jam untuk memperbesar tegangan keluaran atau sebaliknya untuk memperkecil tegangan.

2.2.6 Perancangan Koding Keseluruhan Sistem

Koding dari sistem ini akan benamkan dalam Microcontroller ESP8266 yang ada di dalam NodeMCU. Proses koding akan dilakukan dengan perangkat lunak bernama Arduino IDE. Untuk melakukan koding NodeMCU menggunakan ArduinoIDE perlu dilakukan perubahan pada pengaturan Board di Arduino IDE menjadi ESP8266 atau ESP-12. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan output kode yang akan benamkan kepada NodeMCU. Kode yang benamkan akan menggunakan rancangan yang digambarkan dengan diagram alir berikut.



Gambar 7 Diagram Alir Coding NodeMCU

2.3 Pengambilan Data

Dalam pengujian sistem ini akan diambil beberapa data keluaran atau *output* yang diperlukan diantaranya sebagai berikut :

a. Keluaran XL4005

Pada XL4005 akan diambil beberapa data keluaran berupa tegangan yang dihasilkan dengan memberikan tegangan masukan yang bervariasi dengan kriteria memenuhi aturan efisiensi 90% dan tidak memenuhi efisiensi 90%.

b. Waktu Pengiriman Melalui WiFi

Pada NodeMCU akan diambil beberapa data dengan variabel data yang akan dikirim melalui WiFi, Data yang diterima oleh Server, dan Waktu Pengiriman yang dibutuhkan.

c. Hasil Pembacaan ADS1256

Pembacaan dari ADS1256 akan diambil 4 variabel berupa Hasil pembacaan dalam Bit, Hasil Pembacaan Dalam Tegangan, Hasil Konversi Tegangan ke Arus, dan Arus Sebenarnya yang terukur menggunakan Avometer Pabrik.

d. Hasil Kerja Keseluruhan Sistem

Penentuan hasil kerja keseluruhan sistem akan diuji dengan menjalankan sistem selama 24 jam. Variabel data yang akan diambil adalah Sistem dapat berjalan menggunakan Adaptor 12V, Sistem dapat membaca arus dengan tingkat presisi +- 5%, Sistem dapat mengirimkan data ke Server melalui WiFi, dan Website dapat melakukan pembacaan data dari Server.

Data yang diperoleh nantinya akan diolah untuk mempermudah pembacaan. Metode penyajian data akan disajikan dalam bentuk tabel dan diagram untuk memudahkan proses analisa data. Tahap Implementasi sistem ini akan dilaksanakan di Jaringan 20 KV Penyulang Kolonel Sogiono Unit

Layanan Pelanggan Bululawang selama 7x24 jam atau seminggu penuh.

2.4 Analisa Data

Dalam tahapan analisa akan dilakukan beberapa metode berdasarkan hasil pengambilan data yang telah dilakukan. Proses analisa yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

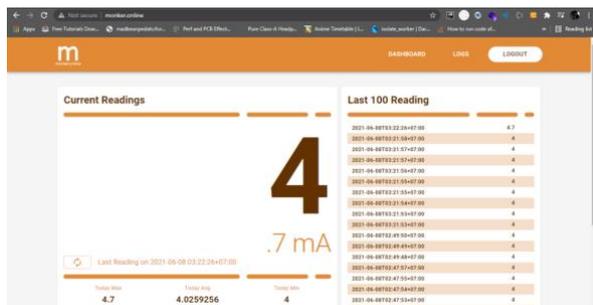
- Analisa dengan cara membandingkan hasil pembacaan Sistem dengan pengukuran leakage current meter pabrikan
- Analisa peningkatan efisiensi pengukuran arus bocor pada Arrester di Jaringan 20 KV Penyulang Kolonel Sogiono Unit Layanan Pelanggan Bululawang Sebelum dan Sesudah pengimplementasian sistem

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pembuatan Sistem

Sistem yang telah dibuat terdiri dari 2 perangkat yaitu perangkat pembaca nilai arus dan website. Perangkat pembaca digunakan untuk membaca Arus bocor pada *arrester* yang nantinya akan diletakkan di Jaringan 20 kV Penyulang Kolonel Sugiono unit layanan Bululawang. Pengguna dapat memantau apakah pernah terjadi arus bocor berlebih atau tidak dari jarak jauh melalui website dengan URL monker.my.id yang terlihat pada Gambar 4.1.

Perangkat pembaca terdiri dari beberapa modul yaitu NodeMCU, Analog to Digital Converter dan Sensor Arus SCT-000 yang dikoneksikan menjadi satu menggunakan PCB (*printed circuit board*). Perangkat pembaca dapat dilihat pada Gambar 4.2 memiliki panjang 15cm, lebar 9.5 cm, dan tinggi 5 cm. Perangkat ini membutuhkan *supply* tegangan sebesar 6 – 32 VDC untuk beroperasi secara stabil.



Gambar 8 Tampilan DASHBOARD Website monker.my.id



Gambar 9 Perangkat Pembacaan

3.2 Pengujian Ketersediaan Website

Pengujian ini dilaksanakan dengan cara melakukan kunjungan ke monker.my.id dalam jam yang ditentukan. Hasil yang di catat adalah berapa lama waktu yang diperlukan untuk membuka website (*waktu loading*) dan apakah website berhasil terbuka atau tidak (*hasil*). Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui apakah website yang dibuat dapat tersedia setiap saat (*Availability testing*).

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Ketersediaan Website

No	Jam	Waktu Loading (s)	Hasil
1	09.00	1.2421	Dapat Terbuka
2	10.00	1.9669	Dapat Terbuka
3	11.00	1.5161	Dapat Terbuka
4	12.00	1.2693	Dapat Terbuka
5	13.00	1.1711	Dapat Terbuka
6	14.00	1.0716	Dapat Terbuka
7	15.00	1.9905	Dapat Terbuka
8	16.00	1.1092	Dapat Terbuka
9	17.00	1.6000	Dapat Terbuka
10	18.00	1.9550	Dapat Terbuka
11	19.00	1.6179	Dapat Terbuka
12	20.00	1.9514	Dapat Terbuka

Dari hasil pengujian pada tabel 4.1, dapat diketahui bahwa website yang dibuat dapat selalu terbuka kapan saja. Waktu yang dibutuhkan untuk membuka website terbilang sangat singkat dengan rata-rata 1.538425 Detik.

3.3 Pengujian Kemanan Website

Pada pengujian kemanan dilakukan percobaan *login* sebagai pengguna dengan *username* dan *password* yang terdaftar dan tidak terdaftar (*status daftar*). Selanjutnya dapat dilakukan pencatatan apakah proses *login* berhasil atau gagal (*hasil*). Pengujian ini bertujuan untuk menguji kehandalan sistem kemanan pada *website*.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Keamanan Website

No	Username / Password	Status Daftar	Hasil
1	User / user	Terdaftar	Login Berhasil
2	Abcde / aaaaa	Tidak Terdaftar	Login Gagal
3	User 2 / password	Terdaftar	Login Berhasil

4	Aaaaa / bbbbb	Tidak Terdaftar	Login Gagal
5	Zkxjhczkj/ alhwkdka	Tidak Terdaftar	Login Gagal

Tabel 4.2 dapat menjelaskan bahwa keamanan pada website yang dibuat telah memumpuni untuk mencegah pengguna yang tidak terdaftar mengakses hasil pembacaan. Pengguna dengan *username* dan *password* yang tidak terdaftar di *database* sistem akan ditolak (tidak dapat melakukan login).

3.4 Pengujian Koneksi Perangkat Pembaca dengan WiFi

Pengujian ini dilakukan untuk menghitung waktu koneksi dari perangkat pembaca ke Wi-Fi. Hasil dari pengujian ini adalah berapa lama waktu yang diperlukan perangkat pembaca untuk terkoneksi dan apakah berhasil terkoneksi atau tidak. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah perangkat pembaca dapat terkoneksi pada Wi-Fi saat dibutuhkan.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Koneksi WiFi Perangkat

No	Waktu (s)	Hasil
1	2.9828	Connected
2	2.7931	Connected
3	4.7543	Connected
4	4.8531	Connected
5	4.2333	Connected

Data pada tabel 4.3 menunjukkan waktu yang dibutuhkan perangkat pembaca untuk terkoneksi pada WiFi. Waktu tersebut juga dapat menunjukkan berapa lama sistem dapat dipakai pada saat baru pertama kali dihidupkan. Rata-rata waktu yang diperlukan sistem untuk terkoneksi adalah 3.92332 Detik dengan waktu terlama 4.8531 Detik.

3.5 Pengujian Pengiriman Data ke Server Website

Pengujian pengiriman data ditujukan untuk mengetahui seberapa cepat data dapat diterima oleh server. Semakin cepat data dapat diterima oleh server maka pengguna akan mendapat data yang semakin akurat.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mencatat waktu pengiriman oleh perangkat pembacaan dan mencatat waktu penerimaan pada server. Selanjutnya dilakukan perhitungan selisih dari waktu Kirim dan waktu terima.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kecepatan Kirim Data

No	Koneksi	Waktu Kirim	Waktu Terima	Selisih
1	4G/LTE	09:49:12	09:49:13	1 Detik
2	4G/LTE	10:21:43	10:21:44	1 Detik
3	4G/LTE	11:32:52	11:32:54	2 Detik
4	4G/LTE	12:39:12	12:39:14	2 Detik
5	4G/LTE	13:35:23	13:35:24	1 Detik

6	4G/LTE	14:51:34	14:51:35	1 Detik
7	4G/LTE	15:54:12	15:54:13	1 Detik
8	4G/LTE	16:22:35	16:22:37	2 Detik
9	4G/LTE	17:44:29	17:44:30	1 Detik
10	4G/LTE	18:23:22	18:23:24	2 Detik

Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4 yang menunjukkan pada sistem ini terdapat *delay* pada saat proses pengiriman data. Dari tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa *delay* yang terjadi pada saat pengujian adalah 1-2 detik untuk setiap data yang dikirim.

3.6 Pengujian Pembacaan Sistem

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sistem. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil pembacaan sistem dengan alat pembaca pabrikan Kyoritsu KEW-2413R.



Gambar 4.3 LCM KEW-2413R

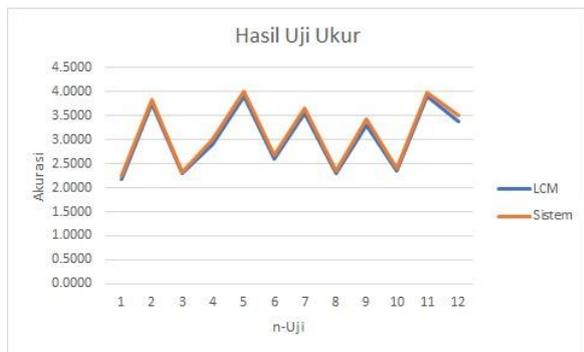
Hasil yang diharapkan adalah hasil pembacaan sistem dan alat pembaca arus bocor pabrikan tidak berbeda terlalu jauh. Pengamatan dilakukan di penyulang kolonel Sugiono unit layanan Bululawang. Pengamatan ini dilakukan pada beberapa waktu yang berbeda mengingat adanya kemungkinan perbedaan pembacaan pada waktu yang berbeda.

Adapun spesifikasi Arrester yang terpasang di gardu distribui C0294 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Spesifikasi Arrester

Jenis	Polymer Lightning Arrester
Rate Voltage	24 kV
Uc (RMS)	19,5 kV
Nominal D.C	10 kA 50 Hz
Grade	2
Type	GTI LA 24 C2
Buatan	JCTION

Tabel 4.5 menerangkan arrester yang diuji jenis katup berbahan polymer dengan arus pelepasan sebesar 10 kA dengan tegangan nominal 24 kV jadi arrester yang terpasang sesuai untuk jaringan 20 kV.



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Pembacaan Sistem

Grafik pada gambar 4.4 menunjukkan nilai pembacaan pengukuran arus bocor dalam kurun waktu tertentu. Pada sumbu vertikal menampilkan besaran nilai arus dalam satuan Ma. Sedangkan pada sumbu horizontal menampilkan waktu pendataan hasil baca dalam satuan jam.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Akurasi Pembacaan

No.	Tanggal	Jam	LCM Kyoritsu (mA)	Sistem (mA)	Hasil
1	14/10/2021	09.00	2.1886	2.2638	Selisih : 0.0752 Akurasi : 96.6%
2	14/10/2021	10.00	3.7548	3.8373	Selisih : 0.0825 Akurasi : 97.8%
3	14/10/2021	11.00	2.3126	2.3391	Selisih : 0.0265 Akurasi : 98.9%
4	14/10/2021	12.00	2.8997	2.9934	Selisih : 0.0937 Akurasi : 96.9%
5	14/10/2021	13.00	3.9089	4.0109	Selisih : 0.1020 Akurasi : 97.4%
6	14/10/2021	14.00	2.5953	2.6830	Selisih : 0.0877 Akurasi : 96.7%
7	14/10/2021	15.00	3.5667	3.6601	Selisih : 0.0934 Akurasi : 97.4%
8	14/10/2021	16.00	2.2970	2.3629	Selisih : 0.0659 Akurasi : 97.2%
9	14/10/2021	17.00	3.3180	3.4306	Selisih : 0.1126 Akurasi : 96.7%
10	14/10/2021	18.00	2.3624	2.4111	Selisih : 0.0487 Akurasi : 98.0%
11	14/10/2021	19.00	3.9150	3.9882	Selisih : 0.0732 Akurasi :

					98.1%
12	14/10/2021	20.00	3.3842	3.5056	Selisih : 0.1214 Akurasi : 96.5%

Dari hasil pengujian pada tabel 4.5, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran perangkat telah sesuai dengan spesifikasi sistem yang diperkirakan. Spesifikasi sistem yang telah dirancang adalah dengan akurasi pengukuran sekitar +- 6%. Hasil pengujian menunjukkan akurasi rata-rata sebesar 97.35 % dari hasil pengukuran yang sebenarnya.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam memonitoring kondisi arrester berdasarkan arus bocor secara online, cara memonitoringnya dengan menggunakan sensor SCT-013-000 yang dihubungkan ke Platform IoT NodeMCU yang telah dilengkapi fitur komunikasi WiFi dan website sebagai output untuk menampilkan arus bocor.
2. Dengan adanya sistem monitoring ini kita bisa mengamati nilai-nilai arus yang melewati batas normal dari standart yang telah ditentukan dengan begitu kita bisa mengambil tindakan preventif sebelum terjadinya arrester gagal operasi.
3. Dengan menggunakan metode pengukuran arus bocor total riel secara online, hasil pengukuran arus bocor arrester di Gardu C0294 Penyulang Kolonel Sugiono dengan Sistem alat Monker menunjukan tingkat akurasi rata-rata 97,35 % terhadap LCM Kyoritsu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Arif, Rezon B. 2010. *Pengertian Lightning Arrester*. https://www.academia.edu/8767001/Rezon_Arif_B_L2F008082_Lightning_Arrester diakses pada tanggal 5 Maret 2019
- 2) Hetapea, Geces. 2012. *Evaluasi Perlindungan Gardu Induk 150 KV Pandean Lamper Di Trafo III 60 MVA Terhadap Gangguan Surja Petir*. https://www.academia.edu/9530918/EVALUASI_PERLINDUNGAN_GARDU_INDUK_150_KV_PANDEAN_LAMPER_DI_TRAFO_III_60_MVA_TERHADAP_GANGGUAN_SURJA_PETIR diakses pada tanggal 5 Maret 2019
- 3) Cahyaningsih, Tri. 2005. *Arrester Sebagai Sistem Pengaman Tegangan Lebih Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV*. Semarang : Skripsi

- 4) PLN (Persero), PT. 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester. No.PDM/PGI/12:2014*. Jakarta Pusat: PT. PLN (Persero).
- 5) PLN (Persero), PT. 2010. *Kriteria Desain Enjinering Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. No.475.K/DIR/2010*. Jakarta Pusat : PT. PLN (Persero).
- 6) PLN (Persero), PT. 2010. *Standart Kontruksi Tegangan Menengah Tenaga Listrik. No.606.K/DIR/2010*. Jakarta Pusat : PT. PLN (Persero).
- 7) PLN (Persero), PT. 2010. *Standart Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. No.605.K/DIR/2010*. Jakarta Pusat : PT. PLN (Persero).
- 8) SPLN D5.006:2013. 2013. *Pedoman Pemeliharaan Arrester untuk Jaringan Distribusi 20 KV. No. 0769.K/DIR/2013*. Jakarta Pusat : PT. PLN (Persero).
- 9) IEC 60099-5:2003. *Surge Arresters – Part 5 : Selection and application recommendations*
- 10) Zulfianta, Kemal. *Perhitungan Arrester dan Cut Off pada Tegangan Menengah. https://www.academia.edu/32742392/PERHITUNGAN_ARRESTER_CO_TIANG_TM.docx* diakses pada tanggal 4 Februari 2019.