

## RANCANG BANGUN PROTOTYPE MONITORING DETEKSI KEBOCORAN ARUS PADA ISOLASI KABEL

### DESIGN AND IMPLEMENTATION PROTOTYPE OF MONITORING LEAKAGE CURRENT DETECTION ON ISOLATION CABLE

Muhammad Ilham Satria Akbar<sup>1</sup>, Husneni Mukhtar<sup>2</sup>, Fiky Yosef Suratman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

muhammadilhamsa@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, husnenimukhtar@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,

fysuratman@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

#### Abstrak

Kebocoran arus pada isolasi kabel dapat menimbulkan kebakaran karena isolasi pada kabel tidak lagi dapat menahan arus dan tegangan yang mengalir sehingga menimbulkan suhu yang terlampaui tinggi dan dapat membakar isolasi dari kabel tersebut. Selain itu, penurunan kualitas kabel terhadap lamanya penggunaan kabel dan kurangnya pemeliharaan rutin dapat menjadi salah satu penyebab kebocoran arus pada tahanan isolasi ini.

Dalam tugas akhir ini dirancang suatu prototipe sistem pemantauan dan deteksi arus bocor pada beberapa kondisi isolasi kabel menggunakan sensor arus *Clamp Transformator* SCT-013 dan modul sensor arus PZEM 004-T. Prototipe yang dibangun dapat memberikan peringatan dini deteksi kebocoran arus pada display LCD dan *web server* dengan *threshold* arus sebesar 0,001 A. Nilai pembacaan sensor arus jika dibandingkan dengan alat tang amper Kyoritsu AC *Digital Clamp Meters* KEW 2007r memiliki akurasi 96,42%. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan objek pengukuran kebocoran arus pada kabel NYRGBY dan kabel Li2YCY didapatkan hasil pada kabel NYRGBY dengan panjang ukuran kabel 20 Cm didapatkan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.353 A, dengan panjang ukuran kabel 40 Cm didapatkan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.606 A dan pada kabel dengan ukuran 60 Cm didapatkan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.85 A. Sedangkan pada pengujian kabel Li2YCY dengan ukuran panjang kabel 20 Cm didapatkan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.180 A, dengan panjang ukuran kabel 40 Cm didapatkan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.218 A dan pada kabel dengan ukuran panjang 60 Cm didapatkan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.294 A. Daya yang terbuang akibat arus bocor pada pengujian kabel NYRGBY adalah berkisar antara 0- 16.24 VA serta kabel Li2YCY adalah berkisar antara 0 - 5.88 VA serta pada pengujian perbandingan Delay waktu pengiriman data nilai arus bocor ke LCD dan Antares didapatkan nilai rata-rata sebesar 54,83 ms

**Kata Kunci :** *Kebocoran arus, Isolasi kabel.*

#### Abstract

*Leakage of current in cable insulation can cause a fire because the insulation on the cable can no longer withstand the current and voltage flowing, causing high temperatures and can remove insulation from the cable. In addition, the decline in cable quality due to cable use and routine maintenance can be one of the causes of current leakage in this insulation.*

*In this final project, a prototype monitoring and leakage current detection system is designed in several cable insulation conditions using a current sensor Clamp Transformer SCT-013 and a current sensor module PZEM 004-T. The prototype that is built can provide an early warning to detect leakage current on the LCD display and web server with a current threshold of 0.001 A. The reading value of the current sensor when compared to the Kyoritsu AC Digital Clamp Meters KEW 2007r amperage tool has an accuracy of 96.42%.*

*From the results of tests carried out by measuring leakage current on the NYRGBY cable and Li2YCY cable, the results obtained on the NYRGBY cable with a cable length of 20 Cm, the average value of leakage current is 0.353 A, with a cable length of 40 Cm, the average value of leakage is obtained. the current is 0.606 A and in a cable with a size of 60 Cm the average value of leakage current is 0.85 A. While in the Li2YCY cable test with a cable length of 20 Cm the average value of leakage current is 0.180 A, with a length of cable size 40 Cm, the average value of leakage current is 0.218 A and for cables with a length of 60 Cm, the average leakage current is 0.294 A. The power wasted due to leakage current in the NYRGBY cable test is in the range 0-16.24 VA and the Li2YCY cable is ranging from 0 - 5.88 VA as well as in the comparison test Delay time of sending data the value of the leakage current to the LCD and Antares obtained an average value of 54.83 ms.*

**Keywords:** *Leakage current, Cable insulation*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik sebagai kebutuhan utama masyarakat Indonesia semakin hari semakin meningkat. Namun listrik juga dapat membahayakan bagi manusia itu sendiri maupun alam sekitarnya, diantaranya hubungan arus pendek dapat menyebabkan kebakaran dan apabila tubuh manusia terkena sengatan listrik dengan tegangan yang cukup tinggi dapat menyebabkan kematian pada seseorang.

Berdasarkan data statistik yang dikutip dari laman [web statistik Jakarta](#), dimana pada tahun 2019 DKI Jakarta mengalami setidaknya 74,56% kasus kebakaran yang diakibatkan oleh hubung singkat arus pendek sehingga menderita kerugian jiwa maupun ekonomi. Selain itu, korban yang terdampak kebakaran dan kehilangan tempat tinggalnya juga harus mengungsi. Tercatat 13.211 jiwa yang terdampak dari kejadian kebakaran dan 79% diantaranya (10.377 jiwa) terpaksa mengungsi [11].

Terjadinya kebocoran arus pada isolasi kabel juga menjadi salah satu penyebab kebakaran, hal ini terjadi karena isolasi tidak lagi dapat menahan arus dan tegangan yang mengalir sehingga menimbulkan suhu yang terlampau tinggi yang dapat membakar isolasi dari kabel tersebut. Penurunan dari kualitas kabel dikarenakan usia penggunaan kabel yang cukup lama dan pemeliharaan rutin yang seharusnya dilakukan, namun kerap kali diabaikan, juga menjadi salah satu penyebab kebocoran arus pada tahanan isolasi.

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini dirancang sebuah sistem pemantauan dan pengukuran kebocoran arus pada tahanan isolasi kabel, sehingga dapat mencegah kebocoran arus yang lebih tinggi. Hal ini dihaapkan dapat sehingga dapat dilakukan sebagai langkah awal dalam meminimalisir kecelakaan kerja maupun bahaya kebakaran.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Arus (Current)

Arus adalah perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau dapat dikatakan sebagai muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan symbol  $I$ . Arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi apabila muatan tersebut diam atau tidak bergerak maka arus pun akan hilang. Muatan – muatan akan bergerak jika terdapat energi luar yang mempengaruhinya. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian daripada atom. Dalam teori modern menyatakan atom terdiri dari partikel ini yakin (proton bermuatan + dan Neutron yang bersifat netral) yang dikelilingi oleh muatan electron (-), pada keadaan normal atom bermuatan netral.

Coloumb merupakan unit dasar dari satuan Internasional yang digunakan untuk mengukur muatan listrik.

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{muatan konstan} \\
 q &= \text{muatan tergantung satuan waktu} \\
 \text{muatan 1 elektron} &= -1,6021 \times 10^{-19} \text{ Coloumb} \\
 1 \text{ Coloumb} &= -6,24 \times 10^{18} \text{ elektron}
 \end{aligned}$$

(Error! No text of specified style in document.)

Secara matematis arus didefinisikan sebagai:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.2)$$

Dengan satuannya: *Ampere* (A)

Dalam teori rangkaian arus merupakan pergerakan muatan positif. Ketika terdapat perbedaan potensial pada suatu elemen atau komponen maka akan muncul arus dimana arah arus positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan arus negative mengalir sebaliknya [20].

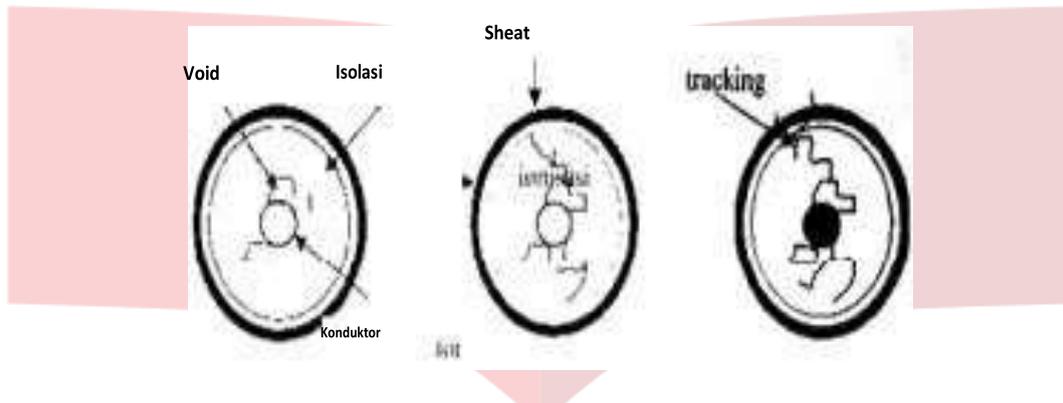
### 2.2 Arus Bocor

Arus bocor terjadi karena adanya lapisan konduktif pada bagian permukaan isolator. Lapisan Konduktif terbentuk diakibatkan oleh adanya pembasahan di permukaan isolator. Dalam keadaan bersih, isolator memiliki tahanan listrik yang besar. Terjadinya dan pembentukan lapisan konduktif disebabkan oleh adanya kontaminasi dari air pada permukaan isolator sehingga menyebabkan penurunan nilai tahanan pada permukaan isolator. Penurunan tahanan isolasi ini menyebabkan terjadinya penurunan nilai tahanan isolasi pada permukaan isolator [1].

### 2.3 Proses Terjadinya Arus Bocor Timbulnya Rongga Pada Kabel

Di dalam kabel kerap kali muncul rongga-rongga yang berisi gas atau udara. Rongga berisi gas atau udara terbentuk pada saat manufaktur atau pembuatan kabel dan dapat pula terjadi saat penggunaan kabel. Seperti diketahui bahwa suatu kabel terdiri dari beberapa lapisan yang terbuat dari bahan yang berbeda dan memiliki koefisien muai yang berbeda [2].

Saat terjadi pemanasan dan pendinginan, baik saat proses pembuatan maupun pada saat proses pembebanan dengan arus maka pemuaian dan penyusutan dari masing-masing bahan akan memiliki perbedaan. Maka dari itu terjadilah dan terbentuklah rongga berisi gas ataupun udara diantara lapisan-lapisan itu dimana gas atau udara diantara lapisan-lapisan tersebut dan rongga berisi gas itu memiliki kekuatan dielektrik yang lebih kecil dari bahan-bahan isolasinya yang padat. Rongga kabel juga dapat terbentuk saat proses manufaktur pembuatan.



Gambar 2.1 Timbulnya Rongga Isolasi

#### 2.4 Kegagalan Termal

Kegagalan temperatur, suhu atau termal yakni kegagalan yang terjadi pada saat kecepatan pembangkitan panas disuatu titik dalam material melebihi kecepatan pembuangan panas keluar. Akibatnya adalah terjadi kegagalan tidak stabil sehingga pada saat tertentu bahan atau material mengalami kegagalan. Mekanisme kegagalan termal mengikuti hukum konversi energi yakni panas yang dibangkitkan sama dengan panas yang disalurkan keluar melalui elektroda medium sekelilingnya ditambah dengan panas yang dipergunakan untuk menaikkan suhu material dari  $T_1$  ke  $T_2$ , dalam bentuk persamaan dibawah ini:

$$U_0 = U_1 + U_2 \quad (2.3)$$

Dimana:

$U_0$  = panas yang dibangkitkan ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U_1$  = panas yang disalurkan keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U_2$  = panas yang di gunakan untuk menaikkan suhu badan ( $^{\circ}\text{C}$ )

Menurut *Whitehead*, tegangan gagal thermal minimum  $V_m$  adalah [16]:

$$V_m = \int_{T_m}^{T_0} \left( \frac{\delta k}{\sigma} \right) dT \quad (2.4.4)$$

#### 2.5 Kegagalan Isolasi

Kegagalan isolasi pada kabel merupakan suatu keadaan dimana isolasi tidak dapat membendung atau mengantisipasi suatu keadaan di luar batas kemampuan isolasi tersebut. Mekanisme Kegagalan isolasi ini muncul disebabkan oleh beberapa faktor seperti: jenis material elektroda, konfigurasi medan listik, temperatur, tekanan, besar tegangan dan usia dari bahan isolasi yang di gunakan.

#### 2.6 Arus bocor

Arus bocor adalah arus yang mengalir menembus atau melalui permukaan isolasi. Dimana isolasi berfungsi sebagai pemisah elektrik dua buah penghantar atau lebih yang saling berdekatan, sehingga tidak terjadi kebocoran arus. Arus bocor juga disebabkan karena terdapat rongga pada bahan isolasi, yang di sebabkan oleh kesalahan pada pembuatan atau proses manufaktur bahan isolasi tersebut.

Tahanan isolasi mempengaruhi besarnya arus bocor, tahanan isolasi akan semakin besar apabila penghantar semakin panjang. Dimana persamaan dari tahanan isolasi adalah sebagai berikut:

$$I_b = \frac{V_m}{R_p} \quad (2.6.5)$$

Dimana:

$I_b$  = Arus Bocor

$R_p$  = Tahanan penghantar kabel

$V_m$  = Kegagalan Tegangan

### 3. Perancangan Sistem

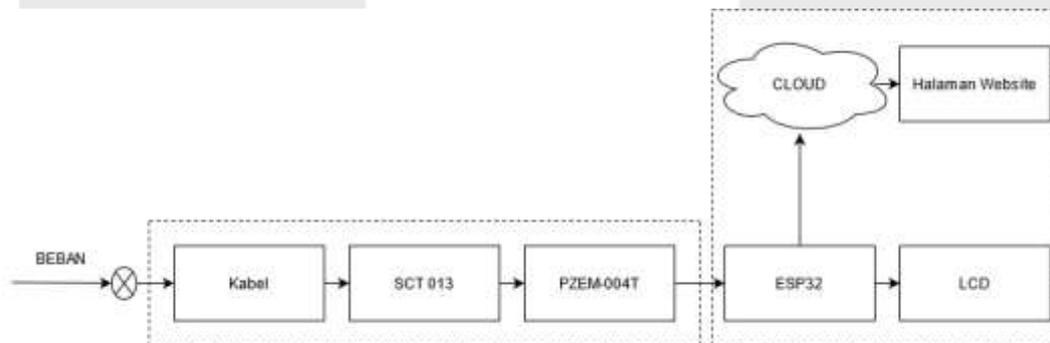
#### 3.1 Desain Sistem

Sistem yang akan dibangun dalam perancangan ini merupakan sistem prototipe monitoring deteksi kebocoran arus pada isolasi kabel dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Dimana pelindung kabel akan dipasangkan sebuah *ring* berupa *clamp* (*Current Transformator*) yang terhubung dengan konduktor penghantar arus. Sistem dirancang sedemikian rupa sehingga arus yang mengalir pada konduktor terhubung dengan sensor yang akan terbaca oleh mikrokontroler dan nilai arus bocor terhitung ditampilkan pada LCD.



**Gambar 3.1** Diagram Blok Sistem

Secara garis besar sistem pada **Gambar 3.1** merupakan alur dari proses pembacaan kebocoran arus pada isolasi kabel. Dimana kebocoran arus akan mengalir pada pelindung kabel dengan material bahan berupa baja galvanis dimana pelindung tersebut akan teraliri arus listrik apabila terjadi kebocoran arus. Aliran arus pada pelindung kabel tersebut dipasangkan sebuah *clamp* CT SCT-013 dengan rentang pembacaan arus 0-100A yang dirangkai bersamaan dengan modul PZEM-004T sehingga dapat diperoleh pembacaan nilai arus dan tegangan.



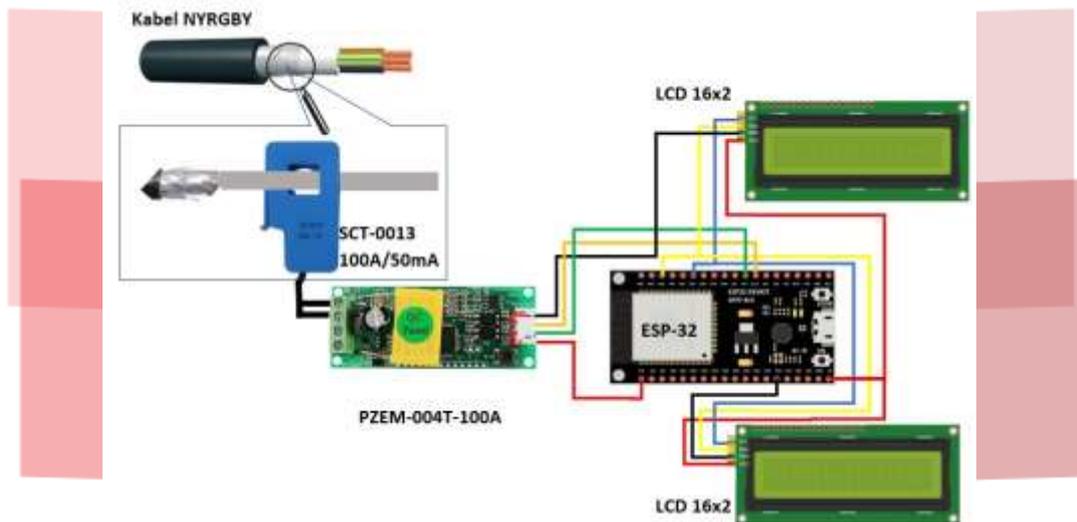
**Gambar 3.1.1** Diagram Blok Sistem

Nilai pembacaan arus bocor dan tegangan tersebut kemudian diolah pada mikrokontroler yaitu ESP32. Hasil pengolahan data arus bocor dan tegangan tersebut kemudian dikirimkan pada LCD 16x2 dan dikirimkan juga pada *web server* melalui platform *Antares*. Sehingga pengguna dapat memantau apabila terdapat arus bocor pada isolasi kabel.

#### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada tugas akhir ini meliputi rangkaian sistem aliran arus bocor **Gambar**

#### 3.3



Gambar 3.2.1 Perancangan Perangkat Keras

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Desain Perangkat lunak yang digunakan adalah dengan menggunakan Pemrograman *Arduino Ide* dengan display keluaran menggunakan LCD dan *Web Server* dimana LCD dan *Web Server* sebagai *Interface* monitoring jika terjadi kebocoran arus pada tahanan isolasi kabel. **Gambar 3.4** merupakan alur proses yang digunakan.



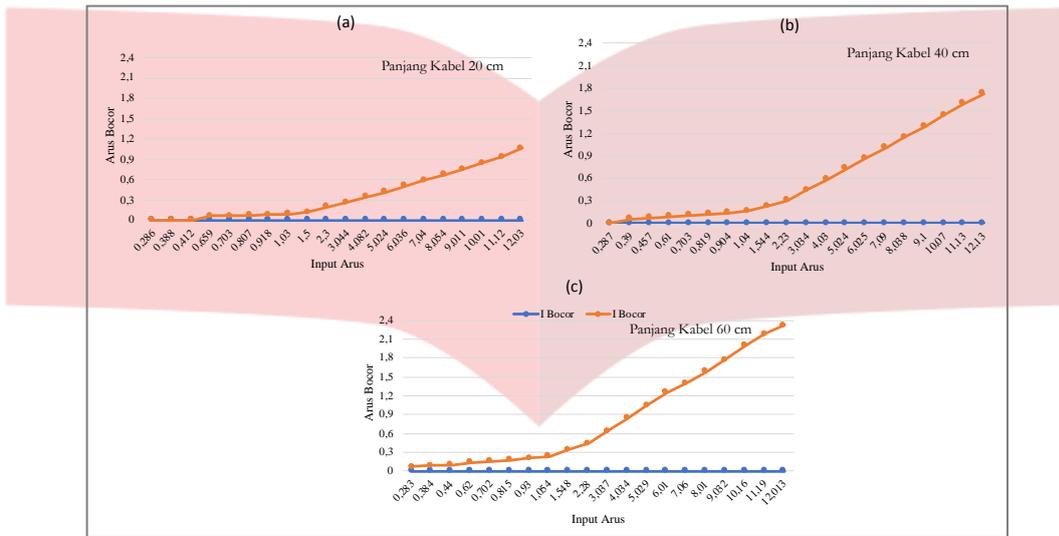
Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem

## 4. Hasil Pengujian dan Analisis

### 4.1 Pengujian kebocoran arus pada isolasi kabel NYRGBY

Pengujian kebocoran arus dilakukan dengan membandingkan dua kondisi kabel NYRGBY yang berbeda. Kabel NYRGBY dengan panjang kabel 20 cm, 40 cm, dan 60 cm digunakan untuk diukur tahanan isolasinya. Pengukuran tahanan isolasi kabel terhadap arus input untuk kabel dengan panjang 20 cm adalah sebesar 10 GΩ dan rata-rata nilai kebocoran arusnya sebesar 0 A. Sedangkan jika kabel tersebut diberikan perlakuan khusus (dibocorkan) didapatkan nilai tahanan isolasi sebesar 1 GΩ dan nilai rata-rata kebocoran arus adalah 0.353 A. Untuk lengkapnya, perubahan nilai arus bocor pada isolasi kabel dengan variasi panjang kabel serta kondisi isolasi

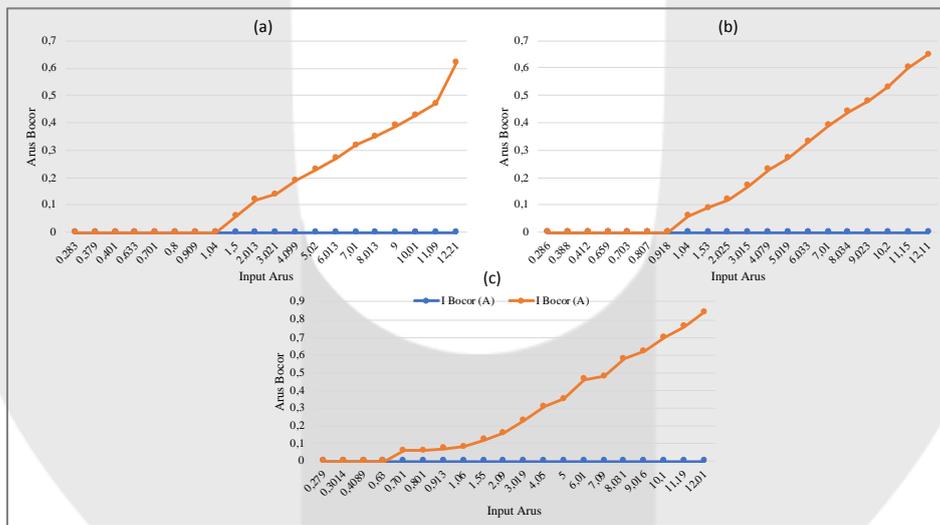
kabel yang dibocorkan dapat dilihat pada grafik **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1.1** Grafik Pengujian Arus Bocor Pada Isolasi Kabel NYRBY dengan panjang (a) 20 cm, (b) 40 cm dan (c) 60 cm.

#### 4.2 Pengujian Kebocoran Arus Isolasi Kabel Li2YCY

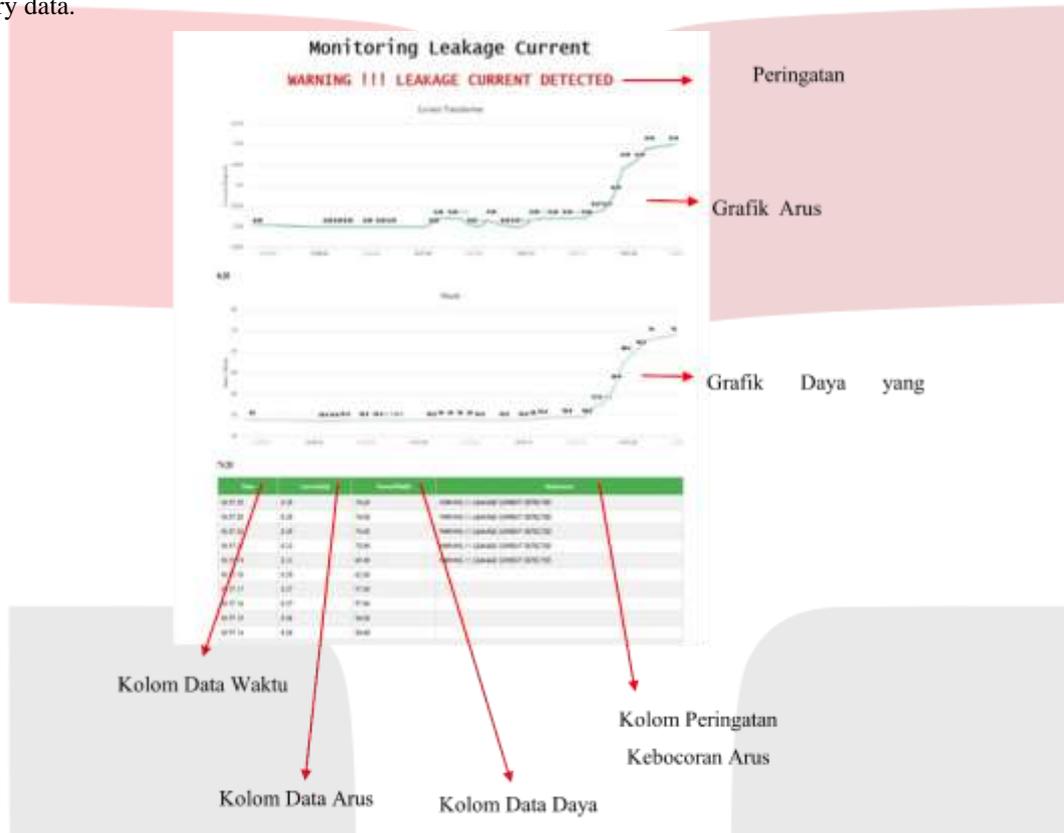
Seperti halnya pada sub bab 4.2, hal yang sama dilakukan pada jenis kabel lainnya, yaitu kabel Li2YCY. Kabel ini merupakan kabel yang ditujukan untuk transmisi sinyal digital dan analog umumnya digunakan untuk peralatan instrumentasi. Kabel Li2Y2YCY dilindungi oleh isolasi Polietilen pada bagian terluar dan memiliki pembungkus pita polyester. Hasil pengukuran arus bocor dan tahanan isolasi kabel dengan panjang 20cm, 40 cm dan 60 cm serta kondisi isolasi kabel yang dibocorkan, dapat dilihat pada grafik **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2.2** Grafik Pengujian Arus Bocor Pada Kabel Li2YCY dengan Panjang (a) 20 cm, (b) 40 cm, dan (c) 60 cm

### 4.3 Tampilan Data Monitoring

Pada Gambar 4.3 merupakan tampilan dari sistem monitoring pada web browser, yang dapat diakses dengan memasukkan alamat IP dari ESP-32 pada browser pengguna. Terdapat beberapa informasi yang tersaji diantaranya notifikasi peringatan kebocoran arus, grafik arus yang terbaca, grafik daya dan tabel yang berisi history data.



Gambar 4.3.3 Tampilan Web Server

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil pengujian dan analisa sistem tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem monitoring deteksi kebocoran arus pada tahanan isolasi kabel NYRGBY didesain dengan menggunakan sensor arus SCT-013 dengan rentang pembacaan arus bocor 0-100 A dan monitoring dilakukan secara *realtime* menggunakan *Antares* dan *web server*.
2. Notifikasi *warning* pada monitoring kebocoran arus, terjadi saat nilai arus bocor terdeteksi sebesar  $\geq 0,001$  A.
3. Dari pengujian Kalibrasi Sensor didapatkan rentang nilai error sebesar 1%-33,33% dan notifikasi kebocoran arus dapat dipantau saat terjadi kebocoran arus yakni pada saat nilai arus bocor melampaui nilai tahanan isolasi 0,001 A.
4. *Web server* dapat menerima dan menampilkan data arus bocor secara *realtime*.
5. Pada pengujian perbandingan *Delay* waktu pengiriman data nilai arus bocor ke LCD dan *Antares* didapatkan nilai rata-rata sebesar 54,83 ms
6. Daya yang terbuang akibat arus bocor pada pengujian kabel NYRGBY adalah berkisar antara 0- 16.24 VA serta kabel Li2YCY adalah berkisar antara 0 - 5.88 VA.

### Saran

Untuk pengembangan penelitian berikutnya, pembuatan sistem disarankan untuk:

1. Penggunaan sensor arus dengan nilai presentase error lebih kecil diharapkan dapat meningkatkan akurasi pengukuran pembacaan nilai arus.
2. Mendesain antarmuka *web* lebih baik sehingga dapat menampilkan banyak informasi.

### Referensi

- [1] Sirait, KT, Zoro, R, dan Darwanto J. 1986. *Teknik Tegangan Tinggi*. Bandung :Penerbit ITB.
- [2] Erhaneli, dan Musnadi. 2012. "Pengaruh Arus Bocor Terhadap Perubahan Temperatur Pada Kabel Bawah Tanah 20 Kv". *Jurnal Momentum*, Vol. 12, No.1, pp. 28-31.
- [3] <https://www.elektroindonesia.com/elektro/ener13a.html> diakses pada tanggal 22 Desember 2020 15.30 WIB
- [4] Cakra, Brian. (2009). Analisis Degradasi Tahanan Isolasi PVC Pada Kabel Dengan Tegangan Pengenal 300/500 V[Skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [5] Lestari, Lea B. 2016. Studi Survey Kelaikan Instalasi Listrik Tegangan Rendah Pada Rumah Tinggal Sederhana Dengan Daya 900 VA-2200 VA[Skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- [6] Linsley, Trevor. (2004). *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut Vol.3*. Jakarta: Erlangga.
- [7] BSN. (2000). *PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK 2000 (PUIL 2000)*, Jakarta: BSN
- [8] BSN (2011). *PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK 2000 (PUIL 2000)*, Jakarta: BSN
- [11] <http://statistik.jakarta.go.id/kejadian-kebakaran-beserta-jumlah-kerugian-korban-dan-penyebabnya-pada-tahun-2019/diakses-pada-tanggal-22-Desember-2020-15.30-WIB>
- [10] SPLN 39-1(1981). *Pengujian Kabel Listrik*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi
- [12] SPLN 42-2(1992). *Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500 volt (NYM)*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- [13] KONSUIL.2014. *Buku Pedoman Verifikasi Hasil Pemeriksaan dan Pengujian*. Jakarta: KONSUIL.
- [15] Peraturan Pemerintah. (1991). *Peraturan Pemerintah No.15 Tahun 1991 Tentang Standar Nasional Indonesia*.
- [16] Whitehead, J. A. (1972), *Moving heaters as a model of continental drift*, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 5, 199–212.
- [17] Divisi Digital Service, "ANTARES | Reliable IoT Platform," PT Telekomunikasi Indonesia, 04 2017. [Online]. Available: <https://www.antares.id/docs.html>.
- [18] M. Abdu Ar Rahman, M. Abdurrohman, and A. Hutagalung, "Prototype Pemantau AC Berbasis ESP-12E Modul WiFi dan Platform Antares Telkom DDS," 2018.
- [19] Zuhail, "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya", Jakarta, 1995
- [20] ASRAN, ST, MT "Rangkaian Listrik," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [21] B. S. N. Standar Nasional Indonesia, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.