

Sistem Pendeteksi Arc Flash Pada Sambungan Jaringan Tegangan Rendah Dengan Sensor LDR Berbasis Telegram

Arief Rahmadani*, Alfiyan Adi Prastiyo

Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya
*rahmadaniarif354@yahoo.com

Abstrak— Salah satu gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi tegangan rendah adalah gangguan arc flash, dimana gangguan ini akan berdampak pada kerugian PLN sebab arc flash dapat merusak peralatan inventaris PLN. Dibutuhkan alat untuk mendeteksi gangguan arc flash dengan memanfaatkan optikal sensor. Sistem ini tersusun dari mikrokontroler STM32F1, sensor LDR, sensor tegangan ZMPT, sensor arus ZMCT103, serial komunikasi ESP8266 dan kontaktor sebagai pemutus beban. Hasil pengukuran dan notifikasi keadaan arc flash ditampilkan pada aplikasi bot Telegram dan LCD yang digunakan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada media kabel berjenis NFA2X-T, pada saat kondisi arc flash terjadi penurunan nilai rata-rata arus sebesar 0,13 A serta nilai rata-rata waktu respon pemutus beban sebesar 0,836 detik. Nilai pengukuran tegangan, arus, data lokasi dan notifikasi gangguan ditampilkan pada aplikasi bot Telegram setiap 15 detik.

Kata Kunci— Arc flash, Telegram, LDR Sensor, Low-voltage network, Distribution substation

DOI: 10.22441/jte.2023.v14i1.004

I. PENDAHULUAN

Dalam menjaga keandalan dan kualitas penyaluran energi listrik, sangat dibutuhkan konsistensi dalam melakukan peningkatan kinerja dari pihak PLN. Namun, untuk mencapai konsistensi tersebut tidak mudah dikarenakan terdapat faktor yang menghambat dalam pencapaian itu misalnya gangguan secara teknik yang terjadi dilapangan. Dalam hal ini terdapat bermacam-macam gangguan pada sistem distribusi yang tidak dapat diprediksi. Gangguan pada sistem distribusi dapat mempengaruhi proses produksi pada industri, kerugian ekonomi, dan kerusakan peralatan [1]

Gangguan tersebut berdampak pada penurunan kualitas pelayanan kepada konsumen akibat terganggunya penyaluran tenaga listrik ke beban. Hal ini dapat mempengaruhi efisiensi daya [2]. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi tegangan rendah adalah gangguan arc flash dimana gangguan ini akan berdampak pada kerugian PLN sebab arc flash sendiri bisa berdampak pada kerusakan alat di PLN [3].

Arc flash disebabkan oleh dua konduktor yang berbeda potensial dan saling bersentuhan secara paralel atau seri dengan beban, yang nantinya dapat menyebabkan kerusakan isolasi [4] [5]. Jika bagian pelindung insulasi dari suatu konduktor aktif rusak sehingga menyentuh konduktor lain yang potensialnya berbeda, hal itu dapat menyebabkan busur api listrik, penyebab lainnya adalah sambungan yang tidak tersambung dengan baik dan menyebabkan gangguan arc flash [6][7][8].

Cara atau metode lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan Arc flash salah satunya dengan memanfaatkan pada fungsi optikal sensor dimana sensor ini mampu mendeteksi sinar atau cahaya yang dihasilkan Arc flash. Penggunaan sensor ini juga bergantung pada intensitas cahaya yang dihasilkan pada arc flash [9].

Dengan melalui penelitian ini, hal ini diharapkan dapat membantu PLN dalam meminimalisir terjadinya kerusakan peralatan baik di jaringan tegangan rendah milik PLN serta membantu mengurangi gejala kebakaran akibar korsleting listrik dengan membuat sistem proteksi terhadap gangguan korsleting. Dimana dalam pengolahan datanya memanfaatkan fungsi optikal dari cahaya arc flash dan akan memutus aliran apabila pada sistem instalasi rumah tinggal terdeteksi gangguan arc flash.

II. PENELITIAN TERKAIT

Muhammad Suyanto (2021) dalam jurnalnya yang berjudul “Sistem Pengaman Peralatan Listrik PLN Untuk Keselamatan Manusia dalam Rumah Tinggal di Pedukuhan Suren Wetan”. Didalam jurnal pengabdian masyarakat ini, penulis memaparkan potensi bahaya munculnya percikan bunga (Arc Flash) dan ledakan bunga api (Arc Blast) serta penyuluhan potensi bahaya terhadap masyarakat setempat. Metode yang digunakan hanya sebatas memberikan pemahaman tentang teori pemasangan instalasi listrik yang benar sesuai dengan PUIL 2000 dan pelatihan tentang tata cara pemasangan peralatan proteksi. Hasil observasi pada penelitian tersebut yaitu kesadaran masyarakat dengan potensi bahaya kelistrikan dan teori pemasangan instalasi listrik masih kurang. Dengan permasalahan tersebut diperlukan adanya alat proteksi yang efisien dan praktis untuk mengantisipasi munculnya Arc Flash pada kabel [10].

Moch. Zulfikar Trysnawan (2020) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul “Penggunaan Fast Fourier Transform pada Identifikasi Arc Fault Pada Berbagai Jenis Kabel”. Penulis membuat alat deteksi arch flash pada kabel berjenis serabut dan pejal, yang memanfaatkan AMC1301 sebagai sensor tegangan dan sensor arus. Metode yang digunakan adalah mendeteksi munculnya komponen frekuensi tinggi pada arus sistem menggunakan Fast Fourier Transform (FFT). Data pengujian menunjukkan bahwa AFCI dengan metode FFT mampu mendeteksi gangguan busur seri AC dan memberikan proteksi pada sistem dengan rata-rata waktu pemutusan 872 ms [11].

Dimas Okky Anggriawan (2021) pada jurnal penelitiannya yang berjudul “Series Arc Fault Breaker in Low Voltage Using

Microcontroller Based on Fast Fourier Transform". Pada penelitian ini penulis membuat alat deteksi arch flash pada jaringan tegangan rendah menggunakan mikrokontroler ARM STM32F7NGH dan algoritma Fast Fourier Transform (FFT) secara real-time. Dalam pengujian alat deteksi arch flash tersebut menggunakan variasi beban 1A-4A, dengan nilai rata-rata hasil pengujian waktu trip breaker sebesar 0,604.

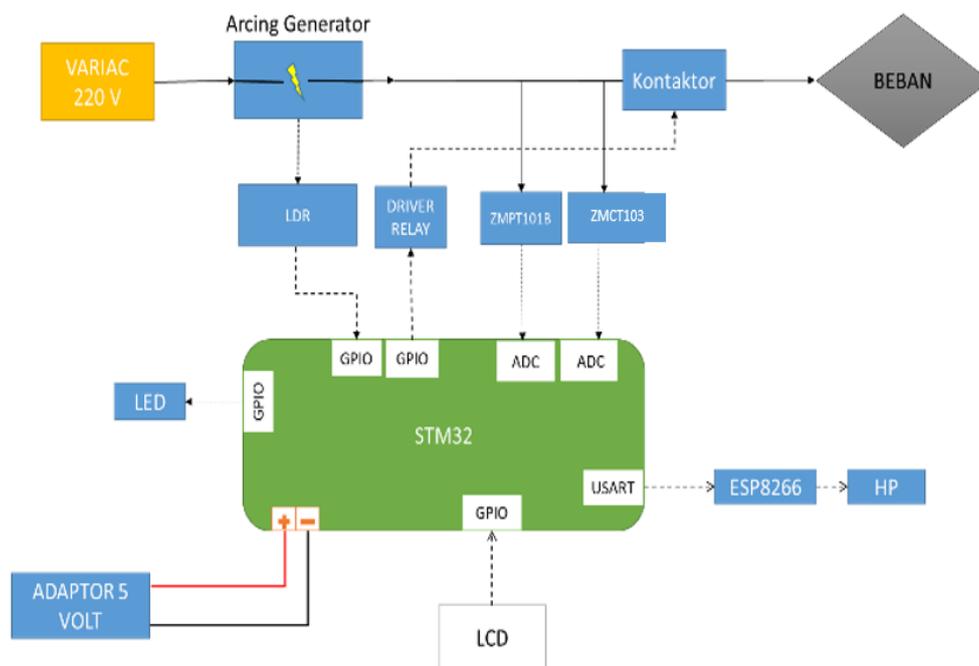
Didalam penelitian kali ini, penulis merancang alat deteksi arch flash dengan menggunakan sensor ZMPT 101B dan ZMCT103 untuk membaca tegangan dan arus, serta sensor LDR untuk mendeteksi percikan cahaya pada saat terjadi Arch Flash. Sistem ini dilengkapi dengan IoT berbasis Telegram,

sehingga dapat termonitoring dan mengirim notifikasi data hasil pengujian dari jarak jauh. Penelitian dilakukan pada pada kabel NFA2X-T, dimana jenis kabel yang digunakan pada jaringan tegangan rendah.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

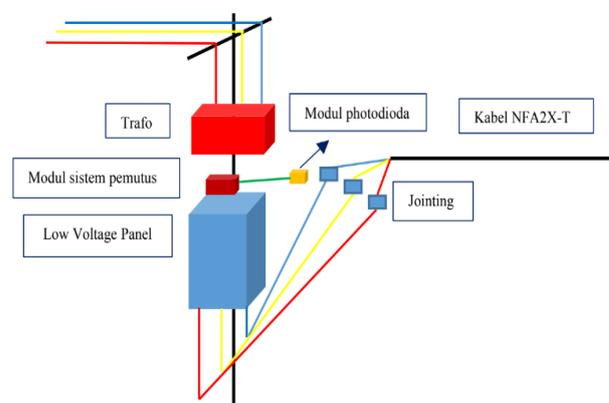
Perencanaan sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 yang mencakup diagram blok rancangan software dan hardware secara menyeluruh.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok diatas dapat dilihat bahwa bahwa sistem pencegahan terjadinya arc flash pada sambungan jaringan tegangan rendah pada gardu distribusi memanfaatkan sensor cahaya LDR (Light Dependent Resistor) serta menggunakan modul relay dan kontaktor sebagai sistem proteksi yang terhubung pada beban. Adapun sumber tegangan menggunakan Variac 220 V yang mengarah pada Arcing Generator dengan beban lampu pijar 100 W.

Hasil pembacaan tegangan serta arus dengan menggunakan sensor ZMPT101B dan ZMCT103, ditampilkan pada LCD dengan indikator terjadinya arc flash yaitu berupa deskripsi notifikasi dalam kondisi normal atau gangguan. Selanjutnya nilai data arus, tegangan, lokasi gardu dan notifikasi gangguan arc flash dikirim melalui aplikasi Telegram kepada petugas, agar dapat segera datang ke lokasi untuk melakukan perbaikan. Hardware yang digunakan sebagai pengirim data menuju Telegram dengan menggunakan serial komunikasi modul WiFi ESP8266-01.



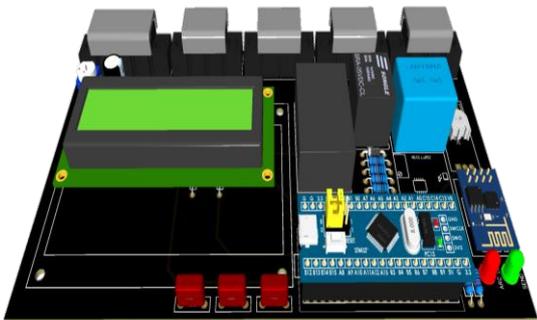
Gambar 2. Penempatan Sistem pada Jaringan Tegangan Rendah

Pada Gambar 2 diatas merupakan letak penempatan sistem pada jaringan tegangan rendah pada sebuah GTT (Gardu Trafo Tiang). Modul LDR didekatkan disekitar jointing (sambungan kabel antara output trafo menuju beban dan dengan kabel

NFA2X-T). Dengan tujuan bahwa alat ini dapat mendeteksi arc flash dan dapat memutus sistem pada GTT secara cepat.

B. Perencanaan Hardware

Board mikrocontroller didesain seminimalis mungkin untuk peletakan masing-masing pin pada tiap port digunakan untuk sebuah fungsi spesifik konfigurasi input dan output. Mulai dari fungsi GPIO, ADC, dan USART/UART. Pinout ADC dihubungkan dengan sensor tegangan dan sensor arus, pinout I2C untuk LCD 16x4, pinout GPIO dihubungkan dengan input sensor LDR, modul relay, dan pin serial komunikasi (USART UART) untuk modul ESP8266. Pada Gambar 3 dibawah merupakan desain hardware board mikrocontroller dan Gambar 4 merupakan bentuk fisik hardware keseluruhan.



Gambar 3. Desain Board Mikrocontroller

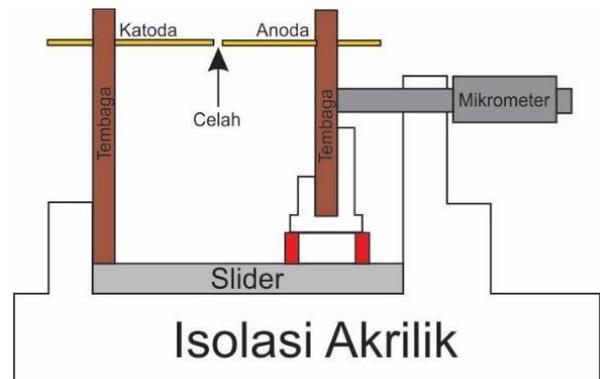


Gambar 4. Modul Sistem Deteksi Arc Flash

C. Arcing Generator

Dalam melakukan pengujian penelitian sistem ini, dibutuhkan suatu alat rekayasa untuk gangguan arc fault, oleh sebab itu digunakan arcing generator sebagai alat untuk pembangkit gangguan pada sistem. arcing generator ini terdiri dari dua buah elektroda yang saling berhadapan [13].

Pada penelitian ini menggunakan tegangan sumber sebesar 220V, 50 Hz. Arc Generator dirancang dengan menggunakan komponen berupa micrometer skrup, Tembaga dengan tebal 10 mm, linear guide, Terminal, dan berabahan dasar akrilik dengan tebal 10 mm dengan menggunakan penampang Saluran Udara Tegangan Rendah yaitu Kabel jenis Twisted / kabel pilin NFA2X-T [14]. Pada Gambar 5 dan 6 dibawah merupakan desain dan bentuk fisik dari Arcing generator.



Gambar 5. Desain Arcing Generator



Gambar 6. Arcing Generator

IV. HASIL DAN ANALISA

Pengujian integrasi merupakan pengujian dari keseluruhan sistem untuk mengetahui apakah setiap komponen sistem telah bekerja dengan baik serta menunjang antara satu dengan yang lainnya, untuk menghasilkan output sistem berupa hardware dan software yang seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Integrasi Sistem

Pada pengujian integrasi sistem ini, dilakukan pengujian untuk kerja sistem pemutus yang telah dibuat dengan menggunakan beberapa variasi beban linier yaitu berupa lampu pijar 500 W. Pengujian integrasi sistem dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut yaitu

1. Pengujian menggunakan variasi beban lampu pijar
2. Pengujian respon rangkaian pemutus saat terjadi *arc flash*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan Variac 1 fasa dengan tegangan input 220 V, dimana *arcing generator* digunakan untuk membuat *arc flash* pada penampang

konduktor, sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya pada saat terjadi gangguan *arc flash* dan kontaktor sebagai relay pemutus pada saat terjadi gangguan *arc flash*.

A. Pengujian Menggunakan Variasi Beban Lampu Pijar

Pengujian sistem ini menggunakan beban paralel lampu pijar 100 W sebanyak 5 buah dengan variasi beban pada saat pengambilan data sebesar 100 W – 500 W. Kemudian arc generator dipasang secara seri pada rangkaian. Pengujian *arcing generator* dilakukan pada 2 kondisi, yaitu pada saat kondisi normal dan pada saat terjadi *arc flash*. Berikut merupakan hasil data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Pengujian Menggunakan Variasi beban lampu pijar

No	Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Kondisi	Selisih Arus (A)
1	Lampu Pijar (500W)	224	2,27	Normal	0,04
2	Lampu Pijar (500W)	0	2,23	Gangguan	
3	Lampu Pijar (400W)	224	2,08	Normal	0,04
4	Lampu Pijar (500W)	0	2,04	Gangguan	
5	Lampu Pijar (300W)	224	1,76	Normal	0,06
6	Lampu Pijar (300W)	0	1,70	Gangguan	
7	Lampu Pijar (200W)	226	1,28	Normal	0,48
8	Lampu Pijar (200W)	0	0,8	Gangguan	
9	Lampu Pijar (100W)	215	0,63	Normal	0,03
10	Lampu Pijar (100W)	0	0,60	Gangguan	
Rata- Rata Selisih Arus (A)					0,13

Dapat dilihat pada Tabel 1 terdapat selisih nilai antara pada saat normal dan dengan gangguan. Penyebab terjadinya hal ini karena terdapat celah antara kabel *NFA2X-T*, sehingga arus yang mengalir menjadi berkurang dari arus yang sebelumnya terukur pada sistem dan hal ini dapat menyebabkan terjadinya selisih antara arus yang mengalir pada saat kondisi normal dan arus yang mengalir pada saat kondisi gangguan. Setelah dihitung dan di rata-rata, besar nilai selisih antara arus yang mengalir pada saat kondisi normal dan gangguan adalah 0,13 A.

B. Pengujian Respon Rangkaian Pemutus Saat Terjadi Arc Flash

Selain pengujian menggunakan variasi beban lampu pijar, terdapat pengujian respon dari pemutusan kontaktor. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat kesuksesan kontaktor dalam merespon ketika sedang terjadi gangguan *arc flash*. Apabila terjadi gangguan, maka sensor LDR akan mendeteksi cahaya dari *arc flash* tersebut dan sensor LDR akan bernilai logika 1, kemudian sensor LDR memerintahkan mikrokontroler untuk memutus aliran listrik melalui kontaktor, sehingga akan mengubah kondisi awal kontaktor yaitu kondisi NC (normally close) menjadi NO (normally open). Hal ini menyebabkan arus yang mengalir dari sumber menuju beban terputus sehingga kontaktor dapat mengamankan sistem dari gangguan *arc flash*.

Pengujian dilakukan dengan cara memutar mikrometer sekrup yang terhubung dengan kabel *NFA2X-T*, sehingga terdapat celah diantara dua kabel tersebut. Dari celah tersebut, nantinya terdapat lompatan bunga api yang disebut dengan *arc*. Berikut merupakan gambar tampilan lcd pada saat kondisi normal dan pada saat gangguan *arc flash*. pada Gambar 8 merupakan tampilan LCD ketika kondisi normal dan pada Gambar 9 merupakan tampilan LCD ketika terjadi gangguan.



Gambar 8. Tampilan LCD Ketika Kondisi Normal



Gambar 9. Tampilan LCD Ketika Kondisi Gangguan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan stopwatch. Hal ini bertujuan agar mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan Relay Kontaktor untuk mengamankan sistem dari gangguan *arc flash*. Berikut merupakan nilai data pengujian respon waktu kontaktor dalam mengamankan sistem. yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Menggunakan Variasi beban Lampu Pijar

No	Beban	Waktu (s)
1	5 Lampu Pijar (5 x 100 Watt)	0,85
2	4 Lampu Pijar (4 x 100 Watt)	0,84
3	3 Lampu Pijar (3 x 100 Watt)	0,84
4	2 Lampu Pijar (2 x 100 Watt)	0,82
5	1 Lampu Pijar (1 x 100 Watt)	0,83
Rata-rata waktu respon kontaktor (s)		0,836

Dapat dilihat pada Tabel 2., yakni pengujian respon waktu yang digunakan SSR untuk memutuskan aliran listrik pada sistem ketika terdeteksi gangguan *arc flash*. Dari waktu tersebut didapatkan rata-rata waktu kontaktor dalam memutus aliran

listrik sebesar 0,836 detik. Sedangkan apabila dibandingkan dengan standar IEC6206 yaitu sebesar 0,5 detik [15], maka Sistem Pemutus yang ada pada proyek akhir ini masih belum memenuhi standar IEC6206. Hal tersebut terjadi karena faktor komponen yang digunakan pada pembuatan alat ini serta kualitas komponen tersebut dan juga toleransi error yang didapatkan dari alat ukur.

Hasil data pengujian integrasi berupa nilai tegangan, arus, data lokasi gardu distribusi, kondisi arc flash serta perintah reset sistem dapat termonitoring dan dikontrol melalui aplikasi bot Telegram setiap 15 detik. Pada Gambar 10 dibawah merupakan tampilan monitoring pengukuran dari sensor pada aplikasi bot Telegram.



Gambar 10. Tampilan Notifikasi pada Telegram

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Pada saat terjadinya *Arc flash* pada sisi kabel NFA2X-T rata-rata terjadi penurunan arus sekitar 0,13 A. Hal ini disebabkan adanya celah antara kabel sehingga arus yang mengalir tidak sempurna.
2. Desain modul sensor LDR mampu mendeteksi gangguan berupa cahaya *Arc flash* yang terjadi pada kabel NFA2X-T dengan dengan daya 500 watt.
3. Sistem pemutus / kontaktor pada beban yang dirancang, menghasilkan nilai rata-rata waktu respon putus sebesar 0,836 detik. Apabila dibandingkan dengan standar dari IEC62606 tentang standarization of *arc flash* detection device yaitu lama waktu yang direkomendasikan adalah sebesar 0,5 detik, maka pada penelitian ini, memiliki error waktu pemutusan sebesar 0,33 detik.

4. Perangkat software berupa bot telegram dapat menerima nilai tegangan, arus, kondisi *arc flash* dan data lokasi gardu distribusi secara real time setiap 15 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT.PLN (Persero), Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dan sivitas akademika yang telah yang telah memberi dukungan dalam membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel. Serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Duyo, "Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi Listrik Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Di PT. PLN (Persero) Rayon Daya Makassar," *Vertex Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 1–12, 2020, doi: 10.26618/jte.v12i2.4017.
- [2] A. S. Sutopo, Mustamam, and M. Affandi, "Analisis Gangguan Kualitas Daya Sistem Tenaga Listrik Di Universitas Negeri Medan," *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, vol. 20, no. 2, 2018, doi: 10.24114/jptk.v20i2.14216.
- [3] Adi Sutopo, Mustamam MA. Analisis Gangguan Kualitas Daya Sistem Tenaga Listrik Di Universitas Negeri Medan. *J Pendidik Teknol dan Kejuru*. 2018;20(1):1–2.
- [4] G. Parise and P. A. Scarpino, "A Basic Assessment of Arc Flash in Low Voltage AC," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 57, no. 5, pp. 4513–4519, Sept.-Oct. 2021, doi: 10.1109/TIA.2021.3092699..
- [5] M. Ayman, "Intelligent Low Voltage Series Arc Detection System," Uwaterloo.ca, Dec. 2015, doi: http://hdl.handle.net/10012/10050.
- [6] Underwriter Laboratories Inc., UL standard for safety for arc-fault circuit interrupters, UL 1699, Second Edition, April 7, 2006.
- [7] Ying-Hong Lin, Chih-Wen Liu and Ching-Shan Chen, "A new PMU-based fault detection/location technique for transmission lines with consideration of arcing fault discrimination-part I: theory and algorithms," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 19, no. 4, pp. 1587–1593, Oct. 2004, doi: 10.1109/TPWRD.2004.832407.
- [8] R. Wiryatama, D. A. Asfani, and D. Fahmi, "Analisis Karakteristik Busur Api Listrik Tegangan Rendah Pada Bunga Singkat Langsung Melalui Sinkronisasi Penginderaan Termal Bunga Api Dan Arus Hubung Singkat," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, Mar. 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.21148.
- [9] B. Rubini and R. Krishnakumar, "Implementation of Yagi-Uda Loop Array Antennas in Distribution Switchboards," *2022 6th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 2022, pp. 492–497, doi: 10.1109/ICOEI53556.2022.9777222.
- [10] M. Suyanto and S. Syafriyudin, "Sistem Pengaman Peralatan Listrik Pln Untuk Keselamatan Manusia Dalam Rumah Tinggal Di Pedukuhan Suren Wetan - akprind repository," Akprind.ac.id, Oct. 2021.
- [11] Mochammad Zulfikar Trysnawan, Hendik Eko H.S, and Dimas Okky Anggriawan, "Penggunaan Fast Fourier Transform Pada Identifikasi Arc Fault Pada Berbagai Jenis Kabel," *INOVTEK - Seri Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 146–158, 2020, doi: 10.35314/ise.v2i3.1473.
- [12] D. O. Anggriawan, A. E. Rheinanda, M. K. Khafidli, E. Prasetyono, and N. A. Windarko, "Series Arc Fault Breaker in Low Voltage Using Microcontroller Based on Fast Fourier Transform," *Emit. Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 239–251, 2021, doi: 10.24003/emitter.v9i2.615.
- [13] Khafidli MK, Prasetyono E, Anggriawan DO, Tjahjono A, Syafii MHRA. Implementation AC Series Arc Fault Recognition using Mikrokontroller Based on Fast Fourier Transform. 2018 Int Electron Symp Eng Technol Appl IES-ETA 2018 - Proc. 2019;31–6.
- [14] PT. PLN (Persero). Buku 1 Kriteria Enjinerling Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. PT PLN. 2010;170.
- [15] IEC 62606 Standard. General Requirements for Arc fault Detection Devices. Edition 1.0.,2013.