



**TUGAS AKHIR - EE 184801**

**ANALISIS DETEKSI *ARCING* SERI TEGANGAN RENDAH  
TERHADAP PENGARUH IMPEDANSI JARINGAN  
DAN JARAK ELEKTRODA**

Awataraning Tunjung Pradipta  
0711174500041

Dosen Pembimbing  
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.  
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**FINAL PROJECT - EE 184801**

**ANALYSIS OF LOW VOLTAGE SERIES ARCING  
DETECTION ON THE EFFECT OF NETWORK  
IMPEDANCE AND ELECTRODE DISTANCE**

Awataraning Tunjung Pradipta  
0711174500041

Advisors

Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.  
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Electrical Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2019

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

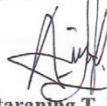
## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini Saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir Saya dengan judul "**Analisis Deteksi Arcing Seri Tegangan Rendah terhadap Pengaruh Impedansi Jaringan dan Jarak Elektroda**" adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang Saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 11 Juli 2019



**Awataraning T. Pradipta**  
NRP. 07111745000041

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALISIS DETEKSI ARCING SERI TEGANGAN RENDAH  
TERHADAP PENGARUH IMPEDANSI JARINGAN DAN  
JARAK ELEKTRODA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

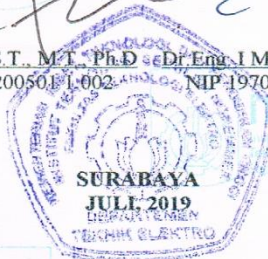
Pada  
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Dimas Anton A., S.T., M.T., Ph.D. & Dr. Eng. I Made Y. N., S.T., M.Sc.  
NIP 19810905 200501 1 002      NIP 19700712 199802 1 001



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# ANALISIS DETEKSI *ARCING* SERI TEGANGAN RENDAH TERHADAP PENGARUH IMPEDANSI JARINGAN DAN JARAK ELEKTRODA

Nama : Awataraning Tunjung Pradipta  
Pembimbing I : Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.  
Pembimbing II : Dr.Eng. I Made Yulistya N., ST., M.Sc.

## ABSTRAK

Peristiwa kebakaran yang banyak terjadi di Indonesia, sebagian besar disebabkan oleh fenomena hubung singkat yang menimbulkan busur api listrik (*arcing*). *Arcing* yang terjadi dalam waktu tertentu dapat menimbulkan percikan api yang dapat memicu kebakaran. Walaupun nominal arus gangguan sangat tinggi, biasanya arus ini hanya terjadi dalam durasi waktu yang sangat singkat. Sehingga, peralatan seperti *fuse* dan *circuit breaker* (CB) tidak dapat mendeteksi gangguan tersebut. Pada penelitian ini, akan dilakukan pendeteksian *arcing* seri tegangan rendah yang dipengaruhi oleh impedansi jaringan dan jarak elektroda dengan metode analisis frekuensi tinggi *fast Fourier Transform* (FFT). Karena besaran arus yang dideteksi, maka digunakan modul NI DAQ 9246 untuk akuisisi data gelombang arus. Pemrosesan data dari modul NI DAQ 9246 ini dibantu dengan *software* LabVIEW dan DIAdem untuk mendapatkan data gelombang arus. Lalu, dengan menggunakan alat deteksi *arcing*, gelombang arus tersebut diolah menjadi gelombang arus di domain frekuensi dengan metode FFT. Penelitian ini akan mendeteksi busur api seri tegangan rendah dalam 3 kondisi, yaitu saat kondisi normal, saat penambahan beban (*switching*), dan saat terjadinya busur api berdasarkan karakteristik gelombang arus frekuensi tinggi. Berdasarkan hasil pengujian, impedansi jaringan tidak berpengaruh terhadap kinerja deteksi, sedangkan jarak elektroda berpengaruh dalam tingkat keparahan *arcing*, dimana jarak elektroda terjauh sebelum rangkaian terputus kurang dari 0.0125 mm.

**Kata Kunci:** Deteksi *Arcing* Seri, *Fast Fourier Transform*, Impedansi Jaringan, Jarak Elektroda, Tegangan Rendah.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALYSIS OF LOW VOLTAGE SERIES ARCING DETECTION  
ON THE EFFECT OF NETWORK IMPEDANCE AND  
ELECTRODE DISTANCE**

**Name** : Awataraning Tunjung Pradipta  
**1<sup>st</sup> Advisor** : Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.  
**2<sup>nd</sup> Advisor** : Dr.Eng. I Made Yulistya N., S.T., M.Sc.

**ABSTRACT**

*Many fire events that occur in Indonesia, mostly caused by short circuit phenomena that cause electric arcs (arcing). Arcing that occurs in a certain time can cause sparks that can trigger a fire. Although the nominal noise current is very high, this current usually only occurs in a very short duration of time. Thus, equipment such as fuse and circuit breaker (CB) cannot detect the interference. In this study, the detection of low voltage series arcing is affected by network impedance and electrode distance with fast Fourier Transform (FFT) high frequency analysis method. Because of the amount of current detected, the NI DAQ 9246 module is used for data acquisition of current waves. Data processing from the NI DAQ 9246 module is assisted by LabVIEW and DIAdem software to obtain current wave data. Then, by using an arcing detection device, the current wave is processed into a current wave in the frequency domain using the FFT method. This study will detect low voltage series arcs in 3 conditions, namely during normal conditions, when adding a load (switching), and when arcing arcs based on the characteristics of high frequency current waves. Based on the test results, the network impedance does not affect the detection performance, while the electrode distance has an effect in the arcing severity, where the distance of the farthest electrode before the circuit is cut is less than 0.0125 mm.*

**Keywords:** *Series Arcing Detection, Fast Fourier Transform, Network Impedance, Electrode Distance, Low Voltage.*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Saya panjatkan kepada tuhan saya Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Tugas akhir yang berjudul "**Analisis Deteksi Arcing Seri Tegangan Rendah terhadap Pengaruh Impedansi Jaringan dan Jarak Elektroda**" ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan sarjana pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu Saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga Saya yang selalu memberikan dukungan moral dan materiil. Terimakasih atas nasehat dan semangat yang diberikan. Terutama untuk kedua orang tua Saya atas doa-doanya.
2. Bapak Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing, atas segala ilmu dan waktu yang telah diberikan untuk membimbing Saya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc., yang juga selaku kepala Laboratorium Tegangan Tinggi atas peminjaman fasilitas yang ada di laboratorium untuk mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Partner sesama TA *arcing*, Anton Putra Widyatama.
5. Mas Ikhlas, teman-teman asisten lab TT, dan pihak-pihak lainnya yang membantu pengerjaan TA ini yang tidak dapat Saya sebutkan satu-persatu.
6. Donna Meylinda, S.Pd., atas segala dukungan, semangat, dan doa serta kasih yang diberikan tiada henti.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang ingin mendalami ilmu mengenai *arcing*, dan dapat terhindar dari kesalahan *arcing* ini.

Surabaya, 11 Juli 2019

  
Penulis

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Arc Fault</i> .....	5
2.2 <i>Arcing</i> Seri .....	6
2.3 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	8
2.4 Impedansi Jaringan.....	10
<b>BAB III PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA</b> .....	<b>11</b>
3.1 Perancangan Alat Eksperimen .....	11
3.1.1 Modul Pengujian <i>Arcing</i> .....	12
3.1.2 Simulator <i>Arcing</i> Seri.....	14
3.1.3 NI DAQ 9246.....	15
3.1.4 Kabel NYMHY .....	15
3.2 Alat Deteksi <i>Arcing</i> Seri .....	18
3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data .....	23
3.3.1 Pengambilan Data Primer .....	23
3.3.2 Pengambilan Data Sekunder .....	26
3.3.3 Pengolahan Data .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA</b> .....	<b>31</b>
4.1 Pola Pengambilan Data .....	31
4.2 Grafik Data Primer Sinyal Arus .....	32
4.2.1 Grafik Sinyal Arus Kondisi Normal.....	32

4.2.2	Grafik Sinyal Arus Kondisi <i>Switching</i> .....	33
4.2.3	Grafik Sinyal Arus Kondisi <i>Arcing</i> .....	35
4.3	Grafik Data Sekunder Sinyal Arus .....	36
4.3.1	Grafik Sinyal Arus Kondisi Normal .....	37
4.3.2	Grafik Sinyal Arus Kondisi <i>Switching</i> .....	38
4.3.3	Grafik Sinyal Arus Kondisi <i>Arcing</i> .....	39
4.4	Penentuan <i>Threshold</i> .....	41
4.4.1	Penentuan <i>Threshold</i> untuk Pendeteksian <i>Arcing</i> .....	41
4.4.2	Penentuan <i>Threshold</i> untuk Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> ) <i>Arcing</i> .....	44
4.5	Hasil Pengujian Alat Deteksi <i>Arcing</i> dan Analisis Pengaruh Impedansi Jaringan dan Jarak Elektroda terhadap Kinerja Deteksi .....	48
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
5.1	Kesimpulan .....	55
5.2	Saran .....	55
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>
	<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS .....</b>	<b>59</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Fenomena Busur Api Listrik ( <i>Arcing/Arc-fault</i> ).....	5
<b>Gambar 2. 2</b>	Ilustrasi <i>Arcing</i> Seri .....	7
<b>Gambar 2. 3</b>	Karakteristik Arus <i>Arcing</i> Seri.....	8
<b>Gambar 2. 4</b>	Sinyal Domain Waktu (atas) dan Frekuensi (bawah) .....	8
<b>Gambar 2. 5</b>	<i>Bit Reversal Order</i> .....	9
<b>Gambar 2. 6</b>	Perhitungan <i>Butterfly</i> .....	10
<b>Gambar 3. 1</b>	Skema Rangkaian Peralatan Eksperimen.....	11
<b>Gambar 3. 2</b>	Modul Pengujian <i>Arcing</i> .....	12
<b>Gambar 3. 3</b>	Simulator <i>Arcing</i> Seri .....	14
<b>Gambar 3. 4</b>	Modul NI DAQ 9246.....	15
<b>Gambar 3. 5</b>	Panjang Kabel 6 meter, Impedansi 0.29 ohm .....	16
<b>Gambar 3. 6</b>	Panjang Kabel 12 m, Impedansi 1.02 ohm .....	16
<b>Gambar 3. 7</b>	Panjang Kabel 12 m, Impedansi 0.59 ohm .....	17
<b>Gambar 3. 8</b>	Panjang Kabel 12 m, Impedansi 0.77 ohm .....	17
<b>Gambar 3. 9</b>	Panjang Kabel 12 m, Impedansi 0.94 ohm .....	18
<b>Gambar 3. 10</b>	Alat Deteksi <i>Arcing</i> Seri.....	18
<b>Gambar 3. 11</b>	(a) Trafo CT <i>Step-down</i> , (b) Modul <i>Rectifier</i> , (c) Modul Pengkondisi Sinyal, dan (d) Modul STM32.....	19
<b>Gambar 3. 12</b>	Tampilan STM32CubeMX .....	20
<b>Gambar 3. 13</b>	Tampilan SW4STM32.....	20
<b>Gambar 3. 14</b>	<i>Flowchart</i> Pemrograman Alat Deteksi <i>Arcing</i> .....	21
<b>Gambar 3. 15</b>	Skema dari Rangkaian Modul dan Alat Deteksi <i>Arcing</i> .....	22
<b>Gambar 3. 16</b>	Tampilan <i>Software</i> LabVIEW .....	24
<b>Gambar 3. 17</b>	Tampilan <i>Software</i> DIAdem .....	24
<b>Gambar 3. 18</b>	<i>Flowchart</i> Proses Pengambilan Data Primer .....	25
<b>Gambar 3. 19</b>	<i>Flowchart</i> Pengambilan Data Sekunder .....	27
<b>Gambar 3. 20</b>	Pengambilan, Penyimpanan, dan Pengolahan Data .....	28
<b>Gambar 4. 1</b>	Grafik Data Primer Sinyal Arus.....	32
<b>Gambar 4. 2</b>	Grafik Kondisi Normal .....	33
<b>Gambar 4. 3</b>	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Fase (Polaritas) Positif .....	34
<b>Gambar 4. 4</b>	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Fase (Polaritas) Negatif.....	34
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik Kondisi <i>Arcing</i> .....	35
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik Data Sekunder Sinyal Arus .....	37

<b>Gambar 4. 7</b>	Grafik Kondisi Normal .....	37
<b>Gambar 4. 8</b>	Grafik Kondisi <i>Switching</i> .....	39
<b>Gambar 4. 9</b>	Grafik Kondisi <i>Arcing</i> .....	40
<b>Gambar 4. 10</b>	Visualisasi Penentuan <i>Threshold</i> .....	42
<b>Gambar 4. 11</b>	<i>Threshold</i> Frekuensi 140 – 160 Hz.....	43
<b>Gambar 4. 12</b>	<i>Threshold</i> Frekuensi 240 – 260 Hz.....	43
<b>Gambar 4. 13</b>	<i>Threshold</i> Frekuensi 340 – 360 Hz.....	44
<b>Gambar 4. 14</b>	<i>Threshold</i> Frekuensi 140 – 160 Hz.....	46
<b>Gambar 4. 15</b>	<i>Threshold</i> Frekuensi 240 – 260 Hz.....	47
<b>Gambar 4. 16</b>	<i>Threshold</i> Frekuensi 340 – 360 Hz.....	47
<b>Gambar 4. 17</b>	Tampilan Awal Alat Deteksi <i>Arcing</i> .....	48
<b>Gambar 4. 18</b>	Tampilan Alat Deteksi saat Mendeteksi <i>Arcing</i> .....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Spesifikasi CT yang Digunakan .....	13
<b>Tabel 4. 1</b> Pola Pengambilan Data Primer .....	31
<b>Tabel 4. 2</b> Pola Pengambilan Data Sekunder.....	31
<b>Tabel 4. 3</b> Amplitudo Sinyal Arus Kondisi Normal .....	33
<b>Tabel 4. 4</b> Amplitudo Sinyal Arus Kondisi <i>Switching</i> .....	34
<b>Tabel 4. 5</b> Amplitudo Sinyal Arus Kondsi <i>Arcing</i> .....	36
<b>Tabel 4. 6</b> Magnitudo Sinyal Arus Normal .....	38
<b>Tabel 4. 7</b> Magnitudo Sinyal Arus Kondisi <i>Switching</i> .....	39
<b>Tabel 4. 8</b> Magnitudo Sinyal Arus Kondisi Arcing .....	40
<b>Tabel 4. 9</b> Data <i>Threshold</i> Frekuensi 140 – 160 Hz .....	42
<b>Tabel 4. 10</b> Data <i>Threshold</i> Frekuensi 240 – 260 Hz .....	43
<b>Tabel 4. 11</b> Data <i>Threshold</i> Frekuensi 340 – 360 Hz .....	44
<b>Tabel 4. 12</b> Data Magnitudo Kondisi <i>Arcing</i> .....	45
<b>Tabel 4. 13</b> Nilai Maksimum, Minimum, dan Rata-rata.....	46
<b>Tabel 4. 14</b> <i>Threshold</i> Tingkat Keparahan <i>Arcing</i> .....	47
<b>Tabel 4. 15</b> Hasil Pengujian Pendeteksian <i>Arcing</i> .....	49
<b>Tabel 4. 16</b> Hasil Pengujian Tingkat Keparahan <i>Arcing</i> .....	53

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara di Asia Tenggara yang dilintasi garis khatulistiwa yang berada di antara benua Asia dan Australia, serta antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Ada sekitar 267 juta jiwa populasi di Indonesia yang menempatkan Indonesia pada peringkat 4 jumlah populasi terpadat negara-negara di dunia. Dari sekian banyak populasi tersebut, rasio elektrifikasi di Indonesia, sampai pada bulan Desember 2017, adalah 95,35 %, dimana yang paling rendah ada di dua wilayah, yaitu NTT (59,85 %) dan Papua (61,42 %) [1]. Rasio elektrifikasi adalah ukuran tingkat ketersediaan listrik di suatu daerah [2]. Yang artinya, masih ada sekitar 12 juta kepala keluarga di Indonesia yang belum teraliri listrik. Rasio elektrifikasi juga menandakan tingkat kebutuhan masyarakat terhadap listrik. Namun, jika dilihat dari data statistik mulai tahun 2010, rasio elektrifikasi di Indonesia selalu meningkat per tahun-nya sampai pada Desember 2017. Pada tahun 2010, rasio elektrifikasi Indonesia adalah 67,2 %, yang mana setiap tahunnya meningkat dengan rata-rata peningkatan 5%, hingga pada Desember 2017 mencapai 95,35 %, melebihi target rasio elektrifikasi yang tertuang dalam Rencana Strategis Kementerian ESDM yaitu 92,75 %, dengan proyeksi pada tahun 2018 dan 2019 memiliki rasio elektrifikasi masing-masing 97,5 % dan 99 % [1]. Seiring dengan besarnya tingkat kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap listrik, yang ditandai dengan semakin meningkatnya rasio elektrifikasi tiap tahun, tingkat terjadinya bencana berupa kebakaran akibat listrik juga semakin meningkat. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dari akhir tahun 2011 sampai pertengahan tahun 2015, ada 979 kasus kebakaran yang terjadi di Indonesia dengan 431 kasus yang diakibatkan oleh korsleting listrik [3].

Korsleting listrik terjadi karena beberapa sebab, diantaranya adalah pemasangan instalasi listrik yang tidak tepat, tingkat pengetahuan masyarakat yang masih rendah terhadap listrik, gangguan dari hewan (seperti tikus) dan lain sebagainya. Korsleting listrik dapat menyebabkan terjadinya gangguan hubung singkat yang dapat menghasilkan arus yang sangat besar, namun dalam durasi waktu yang sangat singkat. Jika kekuatan isolasi dari suatu penghantar tidak kuat menahan arus tersebut, maka akan terjadi *breakdown* pada penghantar yang kemudian dapat

menyebabkan terjadinya busur api atau *arc flash*. Busur api (*arc flash/arcing*) yang didefinisikan oleh *Underwriter Laboratories* (UL) dibawah standar 1699 adalah pelepasan listrik yang bercahaya melintasi media isolasi, biasanya disertai dengan penguapan parsial dari elektroda [4]. Busur api yang terakumulasi dan terjadi dalam waktu tertentu dapat menimbulkan percikan api yang dapat memicu terjadinya kebakaran.

Busur api (*arc flash*) dapat dibedakan menjadi dua, yaitu busur api seri dan busur api paralel. Busur api seri tidak dapat dikatakan hubungan singkat, dikarenakan penyebab dari busur api seri adalah adanya gangguan di jalur konduksi kawat bertegangan atau kawat netral, sehingga terjadi lompatan-lompatan elektron yang menimbulkan busur api yang seri dengan rangkaian. Nilai arusnya juga dibatasi oleh beban yang terpasang, maka arus gangguan yang terjadi masih dalam batas arus nominal. Sehingga, walaupun sudah terpasang peralatan pengaman standar arus lebih, seperti MCB (*Miniature Circuit Breaker*), *fuse*, dan sebagainya, tidak dapat mendeteksi gangguan tersebut. Busur api seri sangat berbahaya, karena jika busur api ini terakumulasi dalam waktu tertentu, dapat menimbulkan kebakaran, tanpa dapat terdeteksi oleh peralatan pengaman. Terjadinya busur api menandakan peralatan pengaman atau deteksi telah gagal dalam menjalankan fungsinya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sering terjadinya kebakaran di pemukiman penduduk (tegangan rendah) akibat korsleting listrik, khususnya *arcing* seri, menyebabkan pentingnya pendeteksian terhadap gangguan tersebut agar terhindar dari masalah. Besar atau kecilnya impedansi jaringan serta jarak elektroda masih belum diketahui pengaruhnya terhadap kinerja pendeteksian *arcing* seri.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengetahui pengaruh impedansi jaringan dan jarak elektroda terhadap kinerja pendeteksian *arcing* seri tegangan rendah.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Busur api listrik (*arcing*) yang diteliti adalah busur api seri tegangan rendah.

2. Beban dalam modul pengujian yang digunakan adalah beban resistif murni berupa lampu pijar.
3. Parameter dan klasifikasi gangguan ditentukan berdasarkan pada percobaan yang dilakukan pada modul atau rangkaian pengujian.
4. Variasi dalam impedansi jaringan hanya resistansinya saja.
5. Impedansi saluran yang digunakan adalah berupa kabel NYMHY 2x1.5mm<sup>2</sup>.

## 1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Studi literatur.  
Pada tahap ini, dilakukan studi dengan mencari jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan Tugas Akhir. Kemudian jurnal dan buku-buku tersebut akan dijadikan literatur untuk pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir.
2. Eksperimen atau percobaan dengan simulator *arcing* seri.  
Dilakukan eksperimen atau percobaan untuk menghasilkan *arcing* seri dengan simulatornya. Percobaan ini dilakukan dalam tiga kondisi, yaitu normal, *switching*, dan *arcing* serta *arcing* dengan menggunakan impedansi jaringan berupa panjang kabel.
3. Pengambilan data gelombang arus.  
Berdasarkan percobaan dalam 4 kondisi, besaran yang diukur adalah arus, sehingga untuk pembacaannya menggunakan bantuan CT (*current transformer*) yang terdapat pada rangkaian uji. Untuk akuisisi data awal gelombang arus dari CT dan mengintegrasikannya dengan PC (*personal computer*) menggunakan modul NI DAQ 9246 dan direpresentasikan dalam bentuk gelombang oleh aplikasi DIAdem.
4. Perancangan alat deteksi *arcing* seri.  
Karena alat deteksi yang digunakan telah ada, maka alat deteksi yang digunakan akan diprogram ulang dengan menggunakan metode FFT (*fast Fourier Transform*) agar didapatkan gelombang arus.
5. Uji coba alat deteksi *arcing* seri.  
Setelah alat deteksi selesai diprogram ulang, maka uji coba akan dilakukan berdasarkan 4 kondisi yang telah disebutkan sebelumnya dengan tujuan akhir alat deteksi dapat mendeteksi adanya *arcing* seri pada sistem tegangan rendah.

6. Evaluasi dan analisis data.  
Setelah didapatkan data-data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi dan analisis dari data yang didapatkan agar kemudian dapat diambil kesimpulan.
7. Penyusunan laporan Tugas Akhir.  
Penyusunan laporan Tugas Akhir dalam bentuk buku Tugas Akhir.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan dalam pembahasan yang akan dilakukan, studi ini dibagi menjadi lima bab.

Bab pertama adalah pendahuluan yang meliputi pembahasan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan dan relevansi.

Bab kedua adalah dasar teori yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu *arc fault*, *arc*ing seri dan karakteristiknya, *fast Fourier Transform* (FFT), dan impedansi jaringan.

Bab ketiga adalah perancangan alat eksperimen, pengambilan dan pengolahan data. Berisi penjelasan mengenai alat-alat yang digunakan guna menyelesaikan permasalahan dari penelitian Tugas Akhir ini.

Bab keempat adalah hasil dan analisa data. Berisi sajian-sajian data dalam bentuk grafik berupa data primer sinyal arus, data sinyal arus menggunakan alat deteksi, pengujian akurasi alat pendeteksi *arc*ing, dan analisa sinyal arus pada impedansi saluran yang berbeda.

Bab kelima adalah penutup, yang berisi kesimpulan dan saran.

## **1.7 Relevansi**

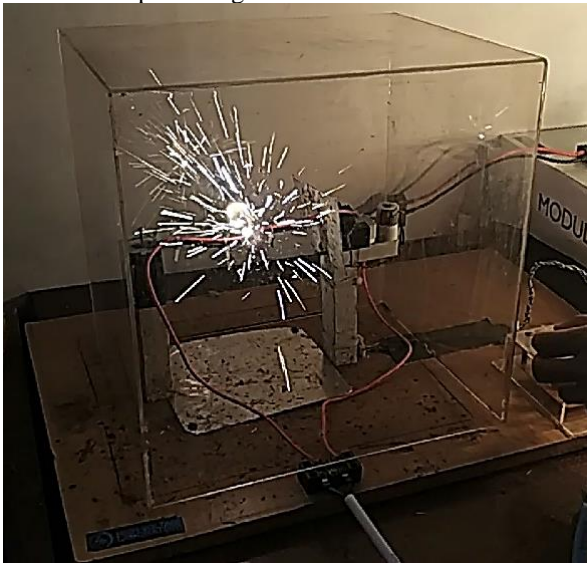
Relevansi dalam Tugas Akhir ini adalah teknologi ini dapat digunakan untuk instalasi tegangan rendah.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 *Arc Fault*

*Arc-fault* (*arcing*/busur api) adalah pelepasan daya listrik tinggi antara dua konduktor atau lebih. Pelepasan ini menyebabkan panas, yang mana dapat membuat isolasi *breakdown* disekitar kawat penghantar, dan mungkin sebagai pemicu untuk terjadinya kebakaran akibat listrik. *Arc-fault* ini dapat berkisar dari beberapa *ampere* hingga ribuan *ampere* besarnya dan sangat bervariasi dalam hal kekuatan dan durasi. Penyebab umum terjadinya *arc-fault* adalah kesalahan dalam sambungan karena korosi dan kesalahan pemasangan awal.



Gambar 2. 1 Fenomena Busur Api Listrik (*Arcing/Arc-fault*)[5]

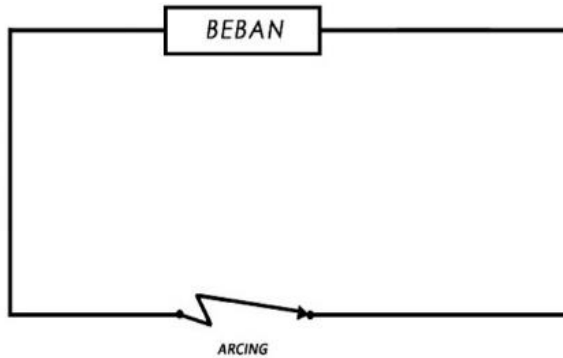
Istilah dari *arc-fault* (*arcing*/busur api) mengacu ke situasi dimana sambungan kabel yang longgar atau berkarat membuat kontak yang terputus-putus yang menyebabkan arus listrik menimbulkan percikan, atau busur api, antara ujung kontak logam. Ketika mendengar saklar lampu atau tombol berdengung atau mendesis, saat itu *arcing* sedang terjadi. Mendengar adanya dengungan pada saklar bukan berarti api akan segera terjadi, tetapi itu berarti ada potensi bahaya yang harus segera

ditangani. Dalam prakteknya, kebanyakan orang berpendapat bahwa istilah *arc-fault*, *short-circuit*, dan *ground-fault* adalah sesuatu yang sama, tetapi sebenarnya ketiga istilah tersebut memiliki arti tersendiri. *Short-circuit* mengacu ke situasi dimana arus liar berenergi “panas” diluar sistem pengkabelan yang ada membuat kontak dengan jalur pengkabelan netral atau jalur *grounding*. *Ground-fault* mengacu ke situasi dimana arus berenergi “panas” membuat kontak dengan *ground*. *Ground-fault* juga dikenal sebagai “*short-to-ground*”.

Secara umum, fenomena *arcing* banyak terjadi pada sistem jaringan tegangan tinggi. Tetapi, dalam kenyataannya, *arcing* juga sering terjadi pada sistem jaringan tegangan rendah melihat dari data-data banyaknya terjadi kebakaran karena korsleting listrik. Korsleting listrik dapat terjadi karena beberapa hal, di antaranya kesalahan dalam instalasi awal, adanya hewan pengerat dan terjadinya korosi atau perkaratan. Faktor yang sering menyebabkan terjadinya gangguan ini adalah adanya hewan pengerat, seperti tikus, dan lain-lain. Disini, hewan pengerat berperan dalam menghilangkan isolasi pada kabel konduktor dengan cara menggigitnya, sehingga konduktor pada kabel tidak terlindungi. Jika konduktor tersebut mengenai konduktor yang lain atau mengenai kabel netral atau *ground*, maka akan terjadi gangguan yang dapat menimbulkan *arcing*. *Arcing* dapat terjadi dalam dua kondisi, yaitu *arcing* seri dan *arcing* paralel.

## **2.2 Arcing Seri**

*Arcing* seri dapat terjadi jika terdapat gangguan atau terputusnya jalur penghantar konduktor atau jalur penghantar netral yang terangkai seri dengan rangkaian atau beban. Dengan kata lain, dimanapun kabel rusak atau sambungannya lepas atau kendur, ada potensi bahaya terjadinya *arcing* seri diantara dua bagian dari kabel yang sama. Fenomena ini dapat menjadikan terbentuknya titik panas (*hot spot*) yang mulai meng-karbonisasi material isolasi yang berdekatan. Karbon ini bersifat konduktif, sehingga dapat mengalirkan arus melaluinya yang menyebabkan busur api listrik. Busur api yang terjadi meningkatkan kondisi karbonisasi, menyebabkan reaksi berantai yang akhirnya menghasilkan percikan api yang tiba-tiba.

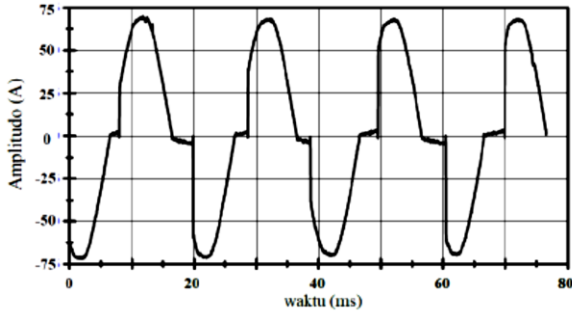


**Gambar 2. 2** Ilustrasi *Arcing* Seri[5]

Konfigurasi secara seri ini mengartikan arus busur api/*arcing* tidak dapat lebih besar daripada arus beban yang disediakan oleh konduktor. Secara khusus, *arcing* seri tidak dapat menghasilkan energi panas (*thermal*) yang cukup untuk membuat api.

Pada sebuah gelombang arus *arcing* pada umumnya dapat dijumpai karakteristik-karakteristik sebagai berikut [6]:

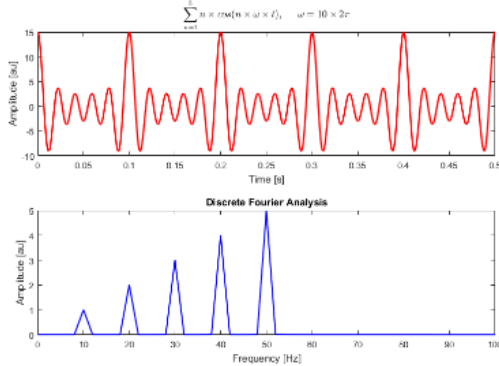
- a. Pada setiap setengah siklus gelombang, arus AC dari *arcing* padam sebelum titik nol dan muncul setelah melewati titik nol, maka terlihat bagian dari arus titik nol yang hampir rata bentuknya (yang biasa disebut “bahu”), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.
- b. Laju kenaikan dan puncak dari arus *arc* biasanya lebih besar dibandingkan dengan arus normal.
- c. Arus *arcing* lebih rendah daripada arus bukan *arcing* pada rangkaian yang sama (dikarenakan jatuh tegangan pada *arc*).
- d. *Arc* adalah sebuah fenomena non stasioner, seringkali sporadik (tidak menentu), dan bagian dari arus *arcing* dapat menyatu dengan bagian dari aliran arus normal.
- e. *Broadband noise* berfrekuensi tinggi ada didalam arus *arcing* (dari puluhan kilohertz sampai dengan sekitar 1GHz).



Gambar 2. 3 Karakteristik Arus Arcing Seri[6]

### 2.3 Fast Fourier Transform (FFT)

*Fast Fourier Transform*/FFT adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk menghitung transformasi Fourier diskrit kompleks (dalam bahasa Inggris, *Discrete Fourier Transform*, disingkat DFT) dari suatu urutan, atau kebalikannya (*inverse DFT* atau iDFT) [7]. Transformasi ini mengubah sinyal dari yang awalnya berdomain waktu menjadi domain frekuensi. Karena FFT bekerja pada DFT kompleks, maka notasi kompleks akan digunakan, dimana dalam tiap domain waktu dan frekuensi terdiri dari satu sinyal yang terbentuk dari N titik kompleks. Tiap bagian titik kompleks ini terdiri dari dua angka, yaitu bagian *real* dan bagian kompleks (imajiner).



Gambar 2. 4 Sinyal Domain Waktu (atas) dan Frekuensi (bawah)

FFT beroperasi dengan menguraikan sebuah N titik sinyal domain waktu menjadi N titik sinyal yang masing-masing tersusun dari titik

tunggal. Langkah kedua adalah menghitung N spektrum frekuensi yang sesuai dengan N sinyal domain waktu tersebut. Terakhir, spektrum frekuensi disintesis menjadi spektrum frekuensi tunggal [7].

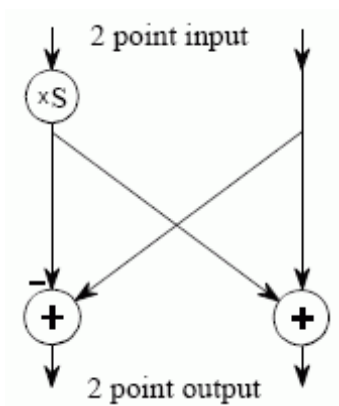
Dalam menguraikan sinyal pada domain waktu, digunakan penguraian *interlace* (*interlace decomposition*). Penguraian ini menguraikan dari N titik sinyal menjadi titik tunggal, dengan pengelompokkan ganjil (*odd*) dan genap (*even*) dengan jarak/selisih yang berbeda tiap tingkatnya. Hasil dari dekomposisi ini adalah penyusunan kembali dari N titik sinyal menjadi titik tunggal secara terbalik berdasarkan angka biner-nya atau disebut dengan *bit reversal sorting algorithm*.

Sample numbers in normal order			Sample numbers after bit reversal	
Decimal	Binary		Decimal	Binary
0	0000		0	0000
1	0001		8	1000
2	0010		4	0100
3	0011		12	1100
4	0100		2	0010
5	0101		10	1010
6	0110	⇒	6	0110
7	0111		14	1110
8	1000		1	0001
9	1001		9	1001
10	1010		5	0101
11	1011		13	1101
12	1100		3	0011
13	1101		11	1011
14	1110		7	0111
15	1111		15	1111

**Gambar 2. 5** Bit Reversal Order

Selanjutnya adalah mencari spektrum frekuensi sinyal dari titik tunggal sinyal domain waktu, dimana spektrum dari sinyal titik tunggal adalah sama dengan dirinya sendiri. Karena telah menjadi spektrum frekuensi, maka sinyal titik tunggal tersebut sudah berada di domain frekuensi, bukan di domain waktu.

Langkah terakhir adalah menggabungkan N spektrum frekuensi dalam urutan terbalik yang tepat seperti yang terjadi saat penguraian domain waktu. Disinilah biasanya algoritma dari FFT menjadi berantakan. Penggabungan ini menggunakan perhitungan *butterfly* karena kemunculan seperti sayap kupu-kupu, seperti ditunjukkan Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Perhitungan *Butterfly*

## 2.4 Impedansi Jaringan

Impedansi dalam tenaga listrik menunjukkan ukuran penolakan terhadap arus bolak-balik (AC). Dalam koordinat Kartesius, impedansi terdiri dari nilai nyata, yaitu resistansi ( $R$ ), dan nilai imajiner, yaitu reaktansi ( $X$ ). Sedangkan secara dimensi, impedansi sama dengan resistansi. Satuan SI dari impedansi adalah ohm.

Impedansi pada suatu jaringan, biasanya terdapat pada suatu kabel. Karena secara dimensi impedansi sama dengan resistansi, maka besarnya impedansi jaringan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan,

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

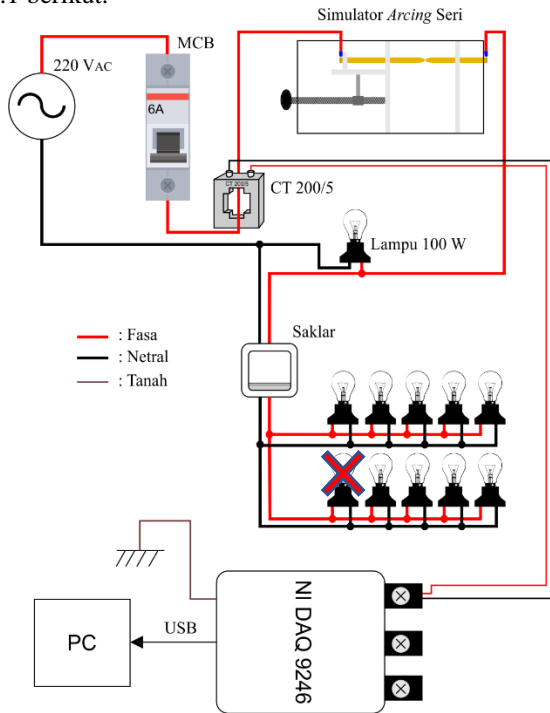
dimana,  $\rho$  adalah massa jenis konduktor,  $l$  adalah panjang dari kabel, dan  $A$  adalah luas penampang kabel. Berdasarkan persamaan ini, impedansi jaringan dipengaruhi oleh massa jenis, panjang kabel dan luas penampang dari kabel.

# BAB III

## PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 3.1 Perancangan Alat Eksperimen

Pada subbab kali ini akan dijelaskan mengenai alat yang digunakan dalam penelitian. Alat-alat ini digunakan untuk pengujian serta pengambilan data gelombang arus saat kondisi normal, *switching*, dan saat terjadinya *arcing*. Skema rangkaian dari penelitian ini diberikan pada Gambar 3.1 berikut.



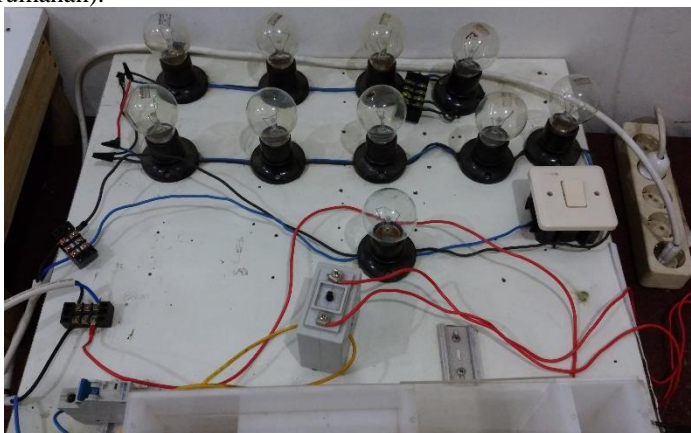
**Gambar 3. 1** Skema Rangkaian Peralatan Eksperimen[6]

Pada skema rangkaian diatas terdapat beberapa komponen yang digunakan dalam penelitian. Terdapat komponen MCB 6 A, *arc chamber* (simulator *arcing* seri), CT 200/5 A, lampu bohlam 100 W yang terdiri

dari 10 lampu (dimana 1 lampu digunakan sebagai indikator bekerjanya atau telah siap digunakan modul *arcing*), dan saklar serta sumber 220 V dan modul NI DAQ 9246 yang telah terintegrasi dengan PC (*personal computer*) menggunakan media kabel USB (*universal serial bus*). Untuk alat pendeteksi *arcing* seri, digunakan modul dengan mikrokontroler STM32 dengan penampil LCD 2x16 cm dengan penyimpanan data menggunakan *micro SD*. Modul alat pendeteksi ini akan menggantikan peran dari modul NI DAQ 9246 sebagai pencuplik atau perekam data arus dengan metoda *fast Fourier Transform* (FFT). Komponen-komponen tersebut masing-masing akan dijelaskan sebagai berikut.

### 3.1.1 Modul Pengujian *Arcing*

Pada modul pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2 terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk pengujian penelitian ini. Komponen-komponen ini digunakan untuk merepresentasikan sistem tegangan rendah yang biasanya digunakan di pemukiman masyarakat (perumahan).



Gambar 3. 2 Modul Pengujian *Arcing*

Komponen-komponen tersebut terdiri dari:

a. Beban Resistif Murni

Beban resistif murni yang digunakan adalah lampu bohlam dengan daya 100 W tiap lampu. Beban ini berjumlah 10 lampu dengan 1 lampu yang berada di depan sebagai indikator bahwa modul pengujian masih berfungsi dan siap digunakan. Karena berjumlah 10 lampu, total



daya dari beban ini adalah sebesar 1000 W, yang mendekati representasi penggunaan daya di pemukiman penduduk sebesar 1300 VA.

b. Saklar

Saklar adalah komponen yang digunakan untuk menyalakan atau mematikan (memutus atau menyambung) dari satu komponen listrik ke komponen listrik yang lain. Dalam modul pengujian, saklar digunakan untuk mengatur terjadinya *switching* atau perubahan jumlah beban, dari 1 lampu menjadi jumlah lampu yang lain.

c. CT (*Current Transformer*)

CT (*current transformer*) atau trafo arus adalah komponen yang digunakan untuk menurunkan level atau besar arus dari tinggi ke rendah sesuai dengan kebutuhan. *Output* dari CT ini dapat digunakan untuk *input* komponen *metering* ataupun proteksi yang ada dalam rangkaian listrik. *Output* dari CT hanya terdapat 2, yaitu 1 A atau 5 A. CT yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi seperti yang ditunjukkan oleh Table 3.1.

Pada Tabel 3.1, dapat diketahui bahwa CT memiliki rasio 200/5 A yang mengindikasikan bahwa CT jika arus yang melewati rangkaian sebesar maksimal 200 A, maka CT dapat menurunkan dan membacanya menjadi maksimal 5 A, atau dengan kata lain CT dapat menurunkan 40 kali lipat arus dari sisi primer ke sisi sekunder. Kelas CT merupakan tingkat kesalahan yang dapat terjadi dalam pembacaan CT. Kelas 1 mengindikasikan CT tersebut dapat terjadi salah pembacaan sebesar 1%. *Burden* adalah impedansi maksimum yang dapat dibebankan kepada CT, yaitu sebesar 5 VA. Dan, *range frequency* adalah batas frekuensi yang disarankan untuk menggunakan CT, yaitu 50 – 60 Hz.

**Tabel 3. 1** Spesifikasi CT yang Digunakan

<i>Type</i>	POWELL MSQ-30
<i>Ratio</i>	200/5 A
<i>Class</i>	1
<i>Burden</i>	5 VA
<i>Range Frequency</i>	50-60 Hz

d. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

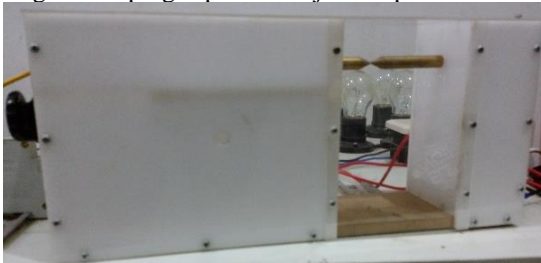
MCB (*miniature circuit breaker*) atau miniatur pemutus sirkuit/rangkaian adalah komponen yang digunakan untuk memutus rangkaian secara otomatis ketika terjadi arus berlebih (*over current*) atau beban berlebih (*over load*). Prinsip kerja MCB sama seperti sekering (*fuse*), hanya saja, MCB dapat di-ON-kan lagi ketika rangkaian sudah kembali normal. MCB dalam penelitian ini memiliki arus nominal 6 A dan bertipe C, yang artinya MCB ini dapat menahan arus 5 sampai 10 kali arus nominal. MCB dengan arus nominal 6 A biasanya digunakan dalam pemukiman penduduk dengan daya 1300 VA.

e. Kabel *Power*

Kabel *power* atau kabel catu daya adalah kabel yang menghubungkan sumber tenaga (catu daya) dengan rangkaian agar rangkaian dapat bekerja. Catu daya yang digunakan dalam penelitian adalah 220 V.

### 3.1.2 Simulator *Arcing* Seri

Simulator *arcing* seri digunakan untuk mensimulasikan terjadinya *arcing* seri yang terjadi di kabel penghantar. Karena *arcing* ini hanya terjadi di salah satu jalur konduksi kabel (jalur konduksi fasa saja atau netral saja), maka direpresentasikan dengan penggunaan dua elektroda yang dapat diatur jaraknya agar terjadi *arcing* dengan pemutar mekanis yang ada dibagian samping seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Simulator *Arcing* Seri

Alat ini dapat bekerja ketika sumber listrik atau catu daya telah terhubung ke rangkaian, secara perlahan memutar pemutar mekanis agar elektroda saling menjauh hingga terjadi *arcing*. Kondisi awal dari elektroda ini harus saling menyentuh agar rangkaian dapat berjalan dan sebagai representasi dari kabel yang masih tersambung, lalu secara perlahan jalur konduksinya terganggu. Ketika terjadi *arcing*, jarak antar

elektroda adalah sangat kecil sekali, yaitu berkisar  $\leq 0,05$  mm, sehingga dibutuhkan ketelitian dalam memutar pemutar mekanis agar gelombang atau sinyal *arcing* dapat tertangkap.

### 3.1.3 NI DAQ 9246

NI DAQ (*national instrument data acquisition*) 9246 adalah sebuah modul dengan *input* arus yang dapat mengakuisisi pengukuran arus AC tiga fasa dari trafo arus (*current transformer/CT*) 1 A dan 5 A. modul ini terdiri dari 3 *channel*, dengan laju *sampling* tiap *channel* 50 kS/s. Bentuk dari modul ini diberikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Modul NI DAQ 9246

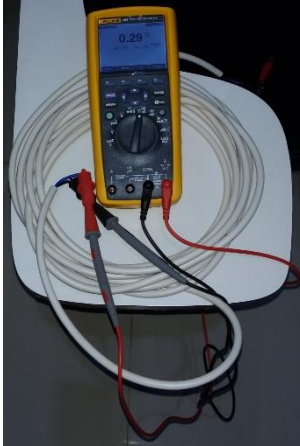
Dalam penelitian ini, modul NI DAQ 9246 digunakan untuk akuisisi data gelombang arus dari CT yang kemudian disambungkan dengan PC (*personal computer*) atau laptop untuk kemudian dapat diproses oleh *software* LabVIEW melalui kabel USB. Data yang telah diproses oleh LabVIEW, lalu direpresentasikan oleh *software* DIAdem dalam bentuk grafik untuk dilihat bentuk gelombang/sinyal arus berdasarkan 3 kondisi, yaitu normal, *switching*, dan *arcing*.

### 3.1.4 Kabel NYMHY

Kabel NYMHY adalah kabel tembaga berinti serabut dengan isolasi dan selubung luar berbahan PVC, dengan inti kabel lebih dari satu. NYMHY sendiri memiliki arti, N adalah kabel inti tembaga, Y adalah isolasi PVC, M adalah inti kabel lebih dari satu, H adalah kabel fleksibel (serabut), dan selubung luar isolasi (*sheath*) PVC. Kabel NYMHY biasa digunakan di pemukiman masyarakat pada alat-alat yang sering berpindah dan ditempatkan yang kering.

Pada penelitian ini, kabel NYMHY yang digunakan adalah NYMHY  $2 \times 1,5$  mm<sup>2</sup>, dimana artinya kabel ini memiliki 2 konduktor didalamnya dengan luas penampang 1,5 mm<sup>2</sup>. Kabel yang digunakan adalah,

- a. Impedansi 1 (ditunjukkan pada Gambar 3.5): Menggunakan kabel dengan panjang 6 meter.



**Gambar 3. 5** Panjang Kabel 6 meter, Impedansi 0.29 ohm

- b. Impedansi 2 (ditunjukkan pada Gambar 3.6): Menggunakan kabel dengan panjang 12 meter.



**Gambar 3. 6** Panjang Kabel 12 m, Impedansi 1.02 ohm

- c. Impedansi 3 (ditunjukkan pada Gambar 3.7): Menggunakan kabel dengan panjang 18.



**Gambar 3. 7** Panjang Kabel 18 m, Impedansi 0.59 ohm

- d. Impedansi 4 (ditunjukkan pada Gambar 3.8): Menggunakan kabel dengan panjang 24.



**Gambar 3. 8** Panjang Kabel 24 m, Impedansi 0.77 ohm

- e. Impedansi 5 (ditunjukkan pada Gambar 3.9): Menggunakan kabel dengan panjang 30.



**Gambar 3. 9** Panjang Kabel 30 m, Impedansi 0.94 ohm

Impedansi-impedansi tersebut dipilih untuk mendapatkan data dan pengaruh setiap kenaikan 6 meter dari impedansi jaringan terhadap adanya *arcing* seri.

### **3.2 Alat Deteksi *Arcing* Seri**

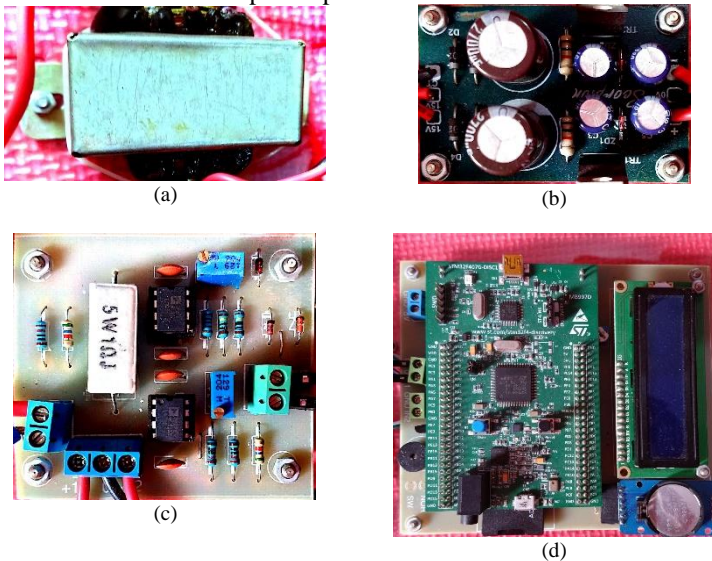
Sesuai dengan namanya, alat deteksi *arcing* seri adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi terjadinya *arcing* seri di suatu peralatan listrik. Alat ini akan menampilkan informasi pada bagian LCD 16x2 jika terdapat *arcing* yang terjadi. Tidak hanya menampilkan saat *arcing*, alat ini juga akan menampilkan waktu dan saat terjadinya *switching* dari peralatan, dalam hal ini modul pengujian *arcing*, dimana ditunjukkan dalam Gambar 3.10.



**Gambar 3. 10** Alat Deteksi *Arcing* Seri

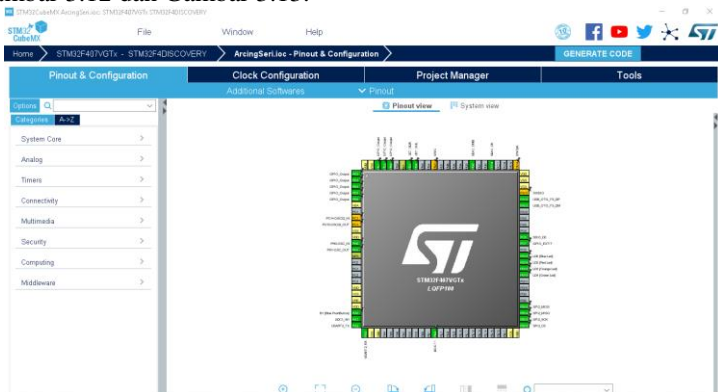
Alat ini terdiri dari beberapa modul yang saling terhubung. Modul tersebut adalah adanya trafo CT *step down*, modul *rectifier*, modul

pengkondisi sinyal, dan modul STM32. Trafo CT *stepdown* digunakan untuk menurunkan tegangan ac 220 V menjadi 15 V untuk *input* dari modul *rectifier*. Lalu, tegangan dari trafo akan disearahkan oleh modul *rectifier* yang akan menghasilkan 2 polaritas *output*, positif (+) 12 V dan negatif (-) 12 V. *Output* dengan dua polaritas ini nantinya akan digunakan sebagai *input* untuk Op-Amp yang ada pada modul pengkondisi sinyal. Modul pengkondisi sinyal akan mendapatkan sinyal arus dari CT (*current transformer*) yang ada. Tugas dari modul pengkondisi sinyal adalah mengubah nilai yang masuk dari CT menjadi nilai tegangan dan untuk menaikkan *offset* dari nilai tegangan tersebut agar dapat dibaca oleh ADC (*analog-to-digital converter*) dari modul STM32. Tegangan yang keluar dari modul pengkondisi sinyal maksimal sebesar 3 V, karena ADC dari modul STM32 hanya mampu di-*input* tegangan maksimal sebesar 3 V. Terakhir, sinyal atau data dari ADC ini akan di-*sampling* oleh mikrokontroller STM32, kemudian di FFT-kan, lalu hasilnya akan ditampilkan pada modul LCD 16x2. Gambar dari tiap modul yang ada pada alat deteksi ini ditampilkan pada Gambar 3.11.

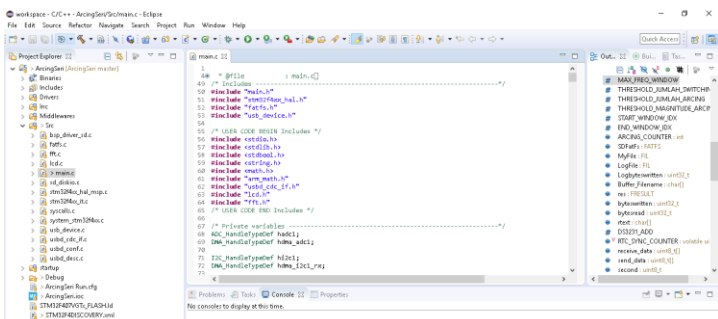


**Gambar 3. 11** (a) Trafo CT *Step-down*, (b) Modul *Rectifier*, (c) Modul Pengkondisi Sinyal, dan (d) Modul STM32

Untuk dapat memasukkan program ke dalam alat deteksi *arcing* digunakan USB *mini* untuk koneksi antara PC/laptop dengan alat ini. Ada dua aplikasi atau *software* yang digunakan untuk pemrograman alat deteksi ini, yaitu STM32CubeMX dan SW4STM32. Kedua aplikasi ini adalah aplikasi *open source* yang disediakan gratis di internet dimana untuk *download*-nya harus melakukan registrasi terlebih dahulu. STM32CubeMX adalah aplikasi yang digunakan untuk melakukan inisialisasi parameter yang digunakan, termasuk inisialisasi *pin* yang digunakan pada mikrokontroler STM32. Sedangkan, SW4STM32 (*System Workbench for STM32*) adalah aplikasi yang digunakan untuk melakukan pemrograman/*coding* dan *uploading* program ke alat deteksi *arcing*. Tampilan dari kedua aplikasi ini masing-masing diberikan pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.



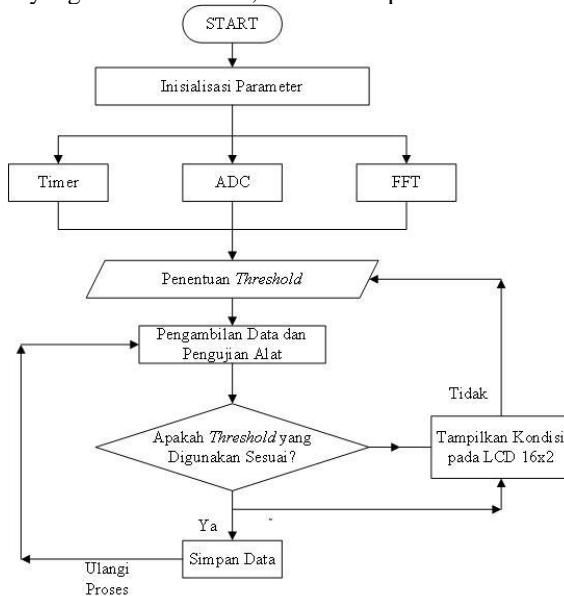
Gambar 3. 12 Tampilan STM32CubeMX



Gambar 3. 13 Tampilan SW4STM32



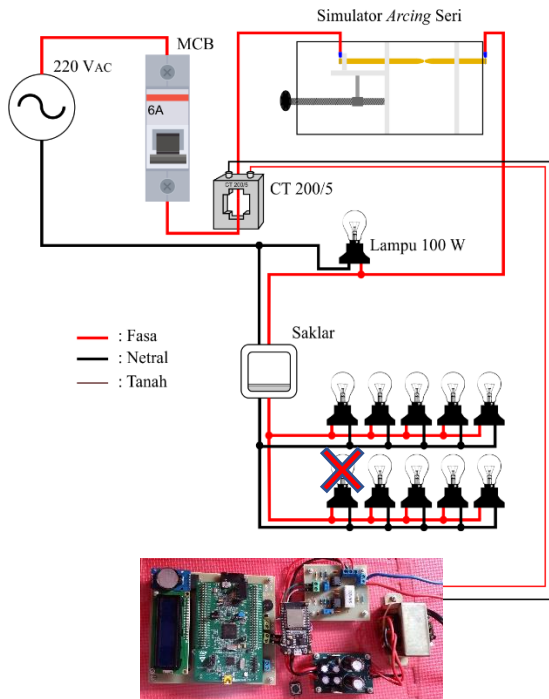
Untuk melakukan pemrograman pada alat ini, pertama yang dilakukan adalah melakukan inialisasi program pada aplikasi STM32CubeMX. Yang perlu diinisialisasikan ada tiga, yaitu *Timer*, ADC, dan FFT. *Timer* yang digunakan adalah *Timer2*, dimana berfungsi untuk membatasi ADC dalam menyampling sinyal yang akan digunakan. Karena frekuensi *sampling* yang digunakan dalam penelitian ini 5 kHz, maka *Timer2* diisikan dengan frekuensi *sampling* tersebut. Kemudian, ada ADC (*Analog-to-Digital Converter*) 12 bit yang menggunakan mekanisme DMA (*Direct Memory Access*). DMA disini berfungsi sebagai penyimpan data digital dari konversi data analog sebelum dikirim ke *buffer* FFT. Jumlah *sample* data yang diterima oleh *buffer* FFT adalah sebesar 2048, dimana terdiri dari 1024Re dan 1024Im. Karena transformasi ini hanya dapat memproses data *real*, maka data imajiner diinisialisasikan dengan nilai 0. Oleh karena itu, inialisasi FFT dalam program ini adalah *FFT size* = 1024. Setelah data dari DMA memenuhi *buffer* FFT, maka FFT akan melaksanakan fungsinya dalam melakukan transformasi *fast Fourier* pada sinyal yang ada. Setelah itu, melakukan penentuan *threshold* untuk



**Gambar 3. 14** Flowchart Pemrograman Alat Deteksi Arcing

membedakan kondisi normal, *switching*, dan *arcing* (akan dijelaskan pada BAB IV). Lalu, dilakukan pengujian dan pengambilan data. Pengujian disini dimaksudkan untuk menguji apakah *threshold* yang ditentukan telah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Sedangkan, pengambilan data dimaksudkan untuk pengambilan data sekunder sinyal arus yang telah di FFT. Jika *threshold* telah sesuai, maka data akan disimpan dalam kartu SD dalam *file* dengan ekstensi '.txt' dan dilakukan pengambilan data dengan variable yang berbeda. Jika tidak, maka dilakukan penentuan ulang *threshold* yang digunakan. Diagram alir/*flowchart* dari program ini diberikan dalam Gambar 3.14 diatas.

Sedangkan untuk skema dari rangkaian antara modul pengujian *arcing* seri tegangan dengan alat deteksi *arcing* diberikan pada Gambar 3.15.



**Gambar 3. 15** Skema dari Rangkaian Modul dan Alat Deteksi *Arcing*

Alat deteksi *arcing* ini menggantikan peran dari NI DAQ 9246 dalam akuisisi data gelombang arus. Hanya saja, alat deteksi ini dapat menyimpan datanya terlebih dahulu pada *microSD* yang ada tanpa harus terkoneksi dengan PC/laptop.

### **3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data**

Dalam subbab ini akan dijelaskan mengenai pengambilan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian. Pengambilan data dalam penelitian ini ada dua, yaitu pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder. Dari data yang telah diambil, dilakukan pengolahan data sedemikian rupa untuk kemudian ditemukan hasil dan analisis dari data tersebut.

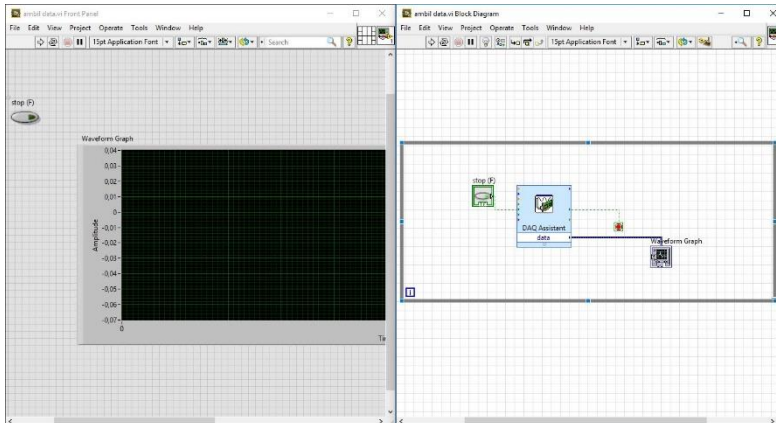
#### **3.3.1 Pengambilan Data Primer**

Pengambilan data primer adalah pengambilan data awal sinyal arus yang dilakukan untuk mendapatkan sinyal arus dalam domain waktu melalui tiga kondisi, yaitu kondisi normal, *switching* (perubahan beban), dan saat terjadi *arcing*. Skema pengambilan data primer ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1 diatas. Dalam pengambilan data primer ini, sinyal arus diakuisisi oleh modul NI DAQ 9246 yang telah terintegrasi dengan PC/laptop melalui kabel USB.

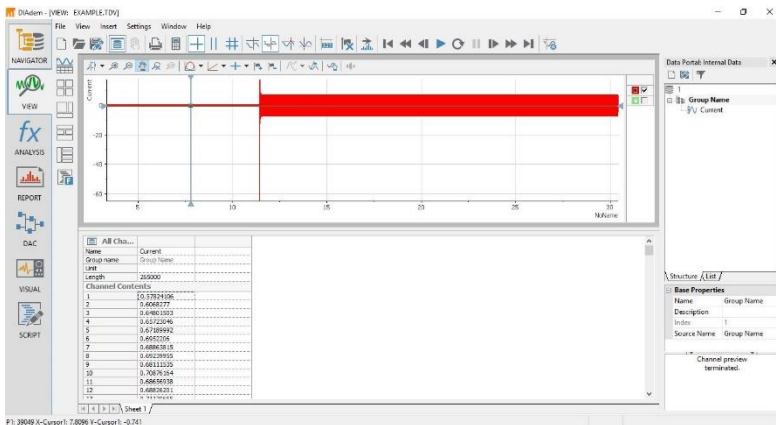
Ketika modul, pengujian *arcing* mendapatkan sumber 220 V atau saat kabel *power* ditancapkan ke stopkontak, dan MCB 6A di-ON-kan, maka akan ada satu lampu indikator yang menyala menandakan modul pengujian telah dialiri arus listrik. Perlu diingat, karena ini pengujian untuk *arcing* seri, maka kondisi elektroda dalam simulator *arcing* harus saling bersentuhan.

Untuk mendapatkan data sinyal arus yang telah diakuisisi oleh modul NI DAQ 9246, perlu dilakukan *running* program LabVIEW. Proses ini dilakukan ketika MCB 6A di-ON-kan. Kondisi *switching* didapatkan ketika saklar di-ON-kan, yang kemudian beban lampu yang lain akan menyala sesuai kebutuhan penelitian. Sedangkan, kondisi *arcing*, didapatkan dengan memutar pemutar mekanis yang ada pada alat simulator *arcing* seri. Pemutar tersebut diputar sampai terjadi *arcing*. Apabila pengambilan data dirasa cukup, maka pemutar mekanis diputar kembali sampai beban lampu padam semua. Ketika kondisi ini tercapai, maka saklar dan MCB harus di-OFF-kan terlebih dahulu, dan program LabVIEW di *stop*, sehingga datanya dapat tersimpan. Dari file yang telah tersimpan tersebut, digunakan *software* DIAdem untuk mendapatkan

bentuk sinyal dalam tiga kondisi, yaitu normal, *switching*, dan *arcng*. Gambar dari tampilan *software* LabVIEW dan DIAdem diberikan dalam Gambar 3.16 dan Gambar 3.17.

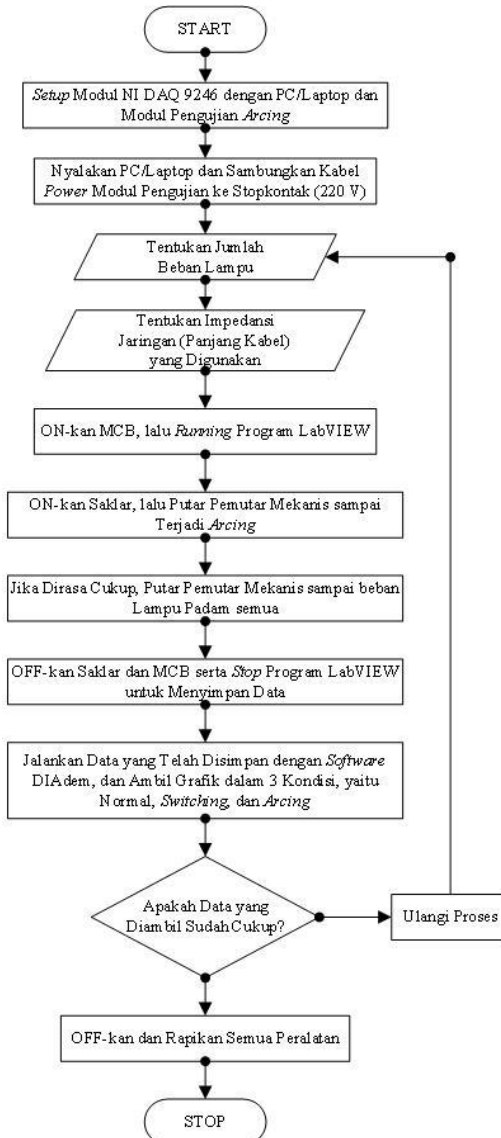


**Gambar 3. 16** Tampilan *Software* LabVIEW



**Gambar 3. 17** Tampilan *Software* DIAdem

Ketika data yang diambil sudah cukup, maka data tersebut dapat langsung diambil dan dianalisa. Tetapi, jika dirasa kurang, maka dapat mengulangi proses tersebut diatas. Diagram alir (*flowchart*) dari proses tersebut diberikan dalam Gambar 3.18 dibawah ini.

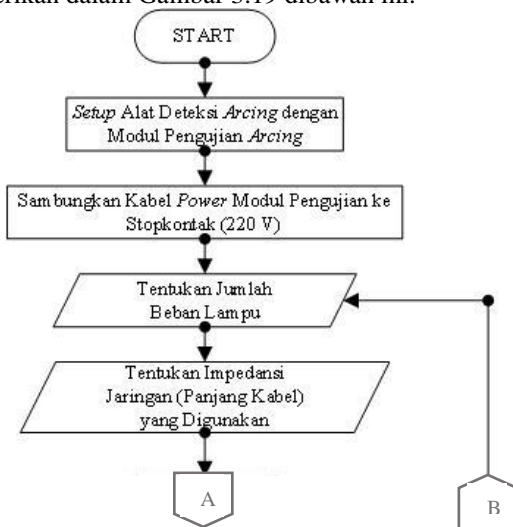


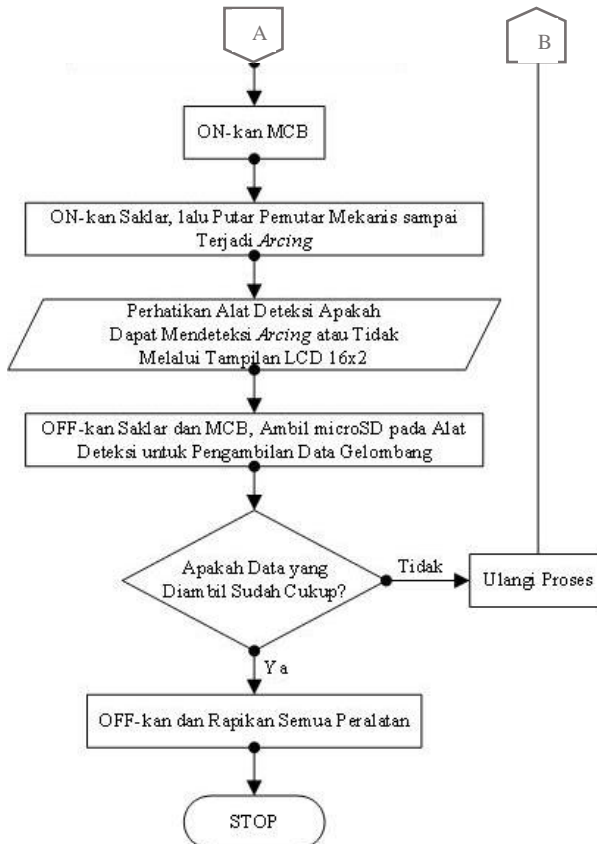
**Gambar 3. 18** Flowchart Proses Pengambilan Data Primer

### 3.3.2 Pengambilan Data Sekunder

Pengambilan data sekunder adalah pengambilan data sinyal arus yang dilakukan dengan menggunakan alat deteksi *arcing* seri yang telah diterapkan metode *fast Fourier Transforms*. Pengambilan data sekunder juga dilakukan dengan menggunakan tiga kondisi, yaitu kondisi normal, *switching* dan *arcing*. Tujuan dari pengambilan data ini adalah untuk membandingkan antara gelombang sinyal arus dalam domain waktu dan domain frekuensi, serta untuk membedakan kondisi normal, *switching*, dan *arcing* dalam domain frekuensi. Dalam membedakan kondisi-kondisi tersebut, digunakan *threshold* (batas) yang telah ditentukan sesuai dengan data pengujian. Skema dari pengambilan data sekunder diberikan oleh Gambar 3.15 diatas.

Mekanisme atau proses pengambilan data sekunder hampir sama dengan mekanisme atau proses dalam pengambilan data primer. Hanya saja, dalam pengambilan data sekunder, tugas dari modul NI DAQ 9246 digantikan oleh alat deteksi *arcing* sebagai pencuplik data sinyal arus. Alat deteksi ini akan memproses sinyal arus yang awalnya berada dalam domain waktu, lalu ditransformasikan ke domain frekuensi dengan metode *fast Fourier Transforms*. Diagram alir (*flowchart*) dari proses tersebut diberikan dalam Gambar 3.19 dibawah ini.





**Gambar 3. 19** Flowchart Pengambilan Data Sekunder

Hasil dari pencuplikan data ini kemudian akan tersimpan dalam kartu SD yang ada dalam alat deteksi *arcing*. Data dari kartu SD tersebut lalu dimasukkan ke dalam PC/Laptop untuk kemudian diolah dan dianalisa. Tetapi, jika dirasa data yang ada kurang, maka dapat mengulangi proses yang ada.

### 3.3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dimaksud adalah pemilihan sinyal gelombang arus yang diinginkan, yang sesuai dengan kebutuhan penelitian dan penentuan *threshold* dari sinyal yang akan dimasukkan ke

dalam program alat deteksi *arcing*. Dalam pengolahan data primer, dipilih gelombang sinyal arus dalam domain waktu yang sesuai dengan tiga kondisi, yaitu normal, *switching*, dan *arcing*. Pemilihan ini didasarkan pada karakteristik sinyal arus dalam tiga kondisi tersebut. Data dari modul NI DAQ 9246 akan diolah oleh perangkat lunak LabVIEW untuk kemudian data sinyal arus tersebut disimpan dan di-plot menggunakan perangkat lunak Matlab atau Ms. Excel. Sedangkan, pengolahan data sekunder, pemilihan gelombang sinyal arus dalam domain frekuensi, sehingga dapat digunakan sebagai masukkan data ke program alat deteksi *arcing* sebagai *threshold* untuk membedakan antara tiga kondisi yang telah disebutkan sebelumnya. Pengolahan data sekunder juga dilakukan untuk dapat melihat perbedaan bentuk gelombang frekuensi tinggi dengan metode FFT antara kondisi normal, *switching*, dan *arcing* serta untuk mengetahui karakteristik dari tiga kondisi tersebut. Data sinyal yang telah di-*sampling* oleh alat tersebut akan disimpan dalam kartu SD yang terletak dibawah mikrokontroler. Data ini memiliki ekstensi '.txt' sehingga dapat dibuka dengan perangkat lunak *notepad*, lalu dapat di-plot menggunakan Matlab atau Ms. Excel. Gambar 3.20 merupakan tampilan pengambilan, penyimpanan, dan pengolahan data.

Data 18 m; Beban 2 Lampu				
-0.3285	0.49464	-0.43443	-0.1621	0.530749
-0.2945	0.48817	-0.46482	-0.20002	0.510739
-0.26667	0.459584	-0.47836	-0.24696	0.482754
-0.2274	0.440175	-0.49656	-0.25899	0.454167
-0.19475	0.4155	-0.53328	-0.31406	0.426935
-0.16466	0.370965	-0.54215	-0.33031	0.409632
-0.12494	0.35276	-0.56713	-0.36597	0.379391
-0.09635	0.31981	-0.57074	-0.40118	0.337865
-0.05768	0.290471	-0.57826	-0.53388	0.314695
-0.00427	0.254663	-0.60173	-0.55073	0.276629
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

**Gambar 3. 20** Pengambilan, Penyimpanan, dan Pengolahan Data

Pengambilan dan pengolahan data ini dilakukan dengan menerapkan impedansi jaringan (panjang kabel) dan jumlah beban lampu



yang berbeda disetiap pengujiannya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan impedansi jaringan dan jumlah beban lampu yang digunakan dalam pendeteksian *arcing* seri tegangan rendah. Selain itu, juga dilakukan penerapan variasi jarak elektroda dengan panjang kabel/impedansi jaringan dan beban lampu tetap untuk mengetahui tingkat keparahan dari *arcing* yang terjadi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

### 4.1 Pola Pengambilan Data

Dalam suatu penelitian atau studi, diperlukan suatu pola pengambilan data agar pengambilan data yang dilakukan sesuai yang diharapkan dan dapat mencapai tujuan dari penelitian tersebut. Dalam subbab ini, akan dijelaskan bagaimana pola pengambilan data dari penelitian *arcing* ini.

**Tabel 4. 1** Pola Pengambilan Data Primer

Panjang Kabel (m)	Beban (lampu)					Jumlah Percobaan	
	2	4	6	8	10		
6	5	5	5	5	5		
12	5	5	5	5	5		
18	5	5	5	5	5		
24	5	5	5	5	5		
30	5	5	5	5	5		
<b>TOTAL</b>						<b>125 Percobaan</b>	

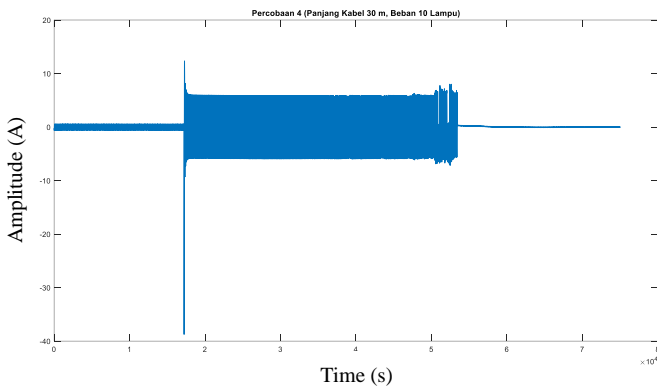
**Tabel 4. 2** Pola Pengambilan Data Sekunder

Panjang Kabel (m)	Beban (lampu)					Jumlah Percobaan	
	2	4	6	8	10		
6	5	5	5	5	5		
12	5	5	5	5	5		
18	5	5	5	5	5		
24	5	5	5	5	5		
30	5	5	5	5	5		
<b>TOTAL</b>						<b>125 Percobaan</b>	

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dilakukan dua pengambilan data, yaitu pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder. Tabel 4.1 dan 4.2 menunjukkan pola pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian. Pengambilan data primer dilakukan untuk mendapatkan sinyal arus dalam domain waktu untuk kondisi 5 panjang kabel (impedansi jaringan) yang berbeda dan 5 variasi beban lampu pijar, dimana setiap percobaan untuk 1 panjang kabel 1 beban lampu dilakukan 5 percobaan. Sehingga, jika dijumlahkan, akan terjadi sebanyak 125 percobaan untuk pengambilan data primer. Begitu pula dengan pengambilan data sekunder. Hanya saja yang membedakan adalah, pengambilan data sekunder untuk mendapatkan data sinyal arus domain frekuensi, penentuan *threshold arcing*, dan pengujian alat deteksi.

## 4.2 Grafik Data Primer Sinyal Arus

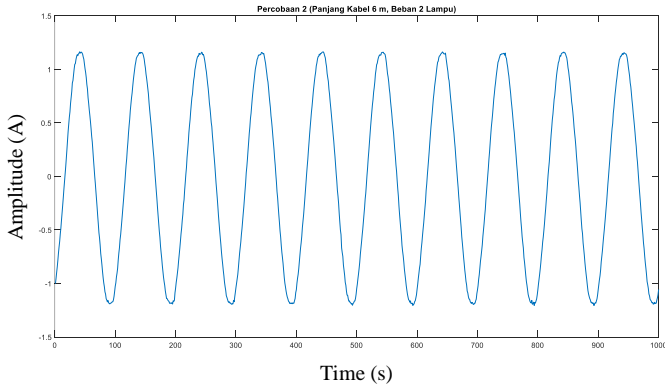
Pada subbab ini ditunjukkan grafik data primer sinyal arus dalam domain waktu pada tiga kondisi yaitu normal, *switching*, dan *arcing* dengan variasi impedansi saluran dan beban lampu. Gambar 4.1 menunjukkan data primer sinyal arus lengkap sebelum dipilah berdasarkan tiga kondisi tersebut pada salah satu variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Dalam pemilahan tiga kondisi tersebut, akan dipilih sebanyak  $\pm 10$  siklus gelombang sinyal arus untuk memudahkan analisis.



**Gambar 4. 1** Grafik Data Primer Sinyal Arus

### 4.2.1 Grafik Sinyal Arus Kondisi Normal

Pada Gambar 4.2, pada salah satu kondisi variasi impedansi jaringan dan beban lampu, diberikan grafik sinyal arus kondisi normal dengan panjang kabel 6 m dan beban 2 lampu. Amplitudo dari sinyal arus ini adalah 1.16 A dengan bentuk sinyal sinusoidal. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, bentuk sinyal arus dari variasi impedansi jaringan dan beban lampu adalah sama, yaitu sinusoidal, hanya amplitudonya saja yang berbeda, karena semakin banyak beban lampu, maka amplitudonya akan semakin besar.



Gambar 4. 2 Grafik Kondisi Normal

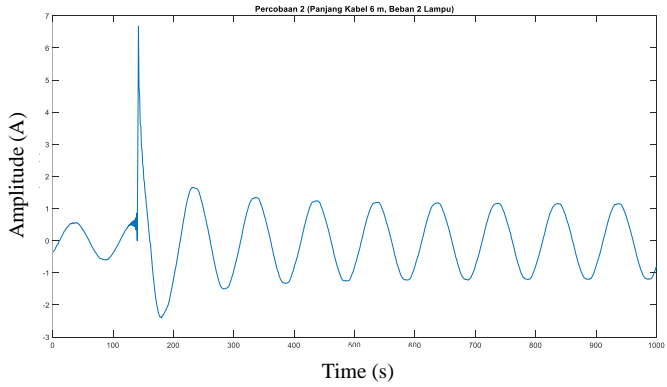
Tabel 4. 3 Amplitudo Sinyal Arus Kondisi Normal

Data Sinyal Arus Normal Domain Waktu						
Panjang Kabel (m)	Variasi Beban (Lampu)					I <sub>max</sub> (A)
	2	4	6	8	10	
6	1.16	2.326	3.521	4.672	5.869	
12	1.158	2.369	3.537	4.717	5.868	
18	1.18	2.38	3.572	4.712	5.833	
24	1.169	2.365	3.627	4.77	6.022	
30	1.169	2.352	3.558	4.743	5.855	

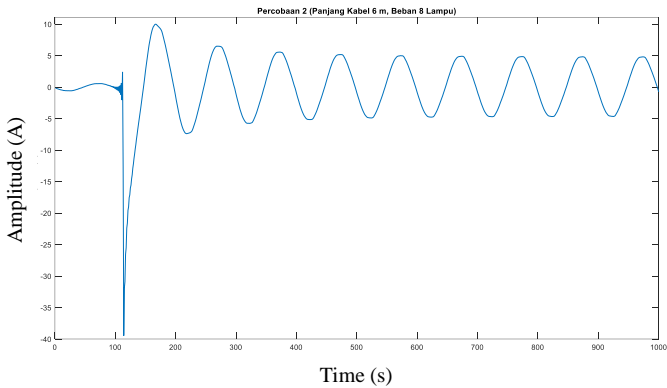
Tabel 4.3 menunjukkan perbedaan amplitudo dari sinyal arus kondisi normal dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Dari tabel tersebut, dapat terlihat bahwa dengan beban yang sama dan impedansi jaringan yang berbeda tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara impedansi jaringan satu dengan impedansi jaringan yang lain. Sedangkan, dengan kabel yang sama dan beban lampu yang berbeda terjadi perbedaan sebesar  $\pm 1.2$  A untuk setiap pembebanan yang berbeda.

#### 4.2.2 Grafik Sinyal Arus Kondisi *Switching*

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 dibawah, pada salah satu kondisi variasi impedansi jaringan dan beban lampu, diberikan grafik sinyal arus kondisi *switching*. Karena data yang diambil adalah arus AC (*Alternating Current*), maka polaritas saat dimana amplitudo *switching* tertinggi dapat terjadi antara saat fase positif atau saat fase negatif.



**Gambar 4.3** Grafik Kondisi *Switching* Fase (Polaritas) Positif



**Gambar 4.4** Grafik Kondisi *Switching* Fase (Polaritas) Negatif

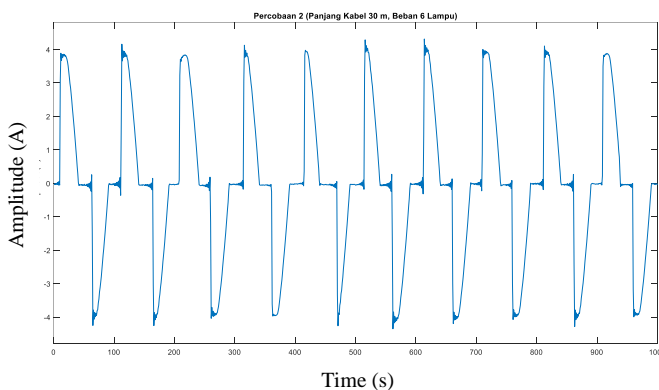
**Tabel 4.4** Amplitudo Sinyal Arus Kondisi *Switching*

Data Sinyal Arus <i>Switching</i> Domain Waktu						I <sub>max</sub> (A)
Panjang Kabel (m)	Variasi Beban (Lampu)					
	2	4	6	8	10	
6	6.669	15.74	20.36	-39.46	46.03	
12	6.214	10.24	-17.33	-24.44	28.51	
18	-6.857	-9.894	-28.77	-42.43	49.17	
24	-4.465	-19.17	-14.91	-22.75	32.29	
30	-5.092	-9.78	16.22	-31.44	-38.74	

Tabel 4.4 memberikan amplitudo sinyal arus kondisi *switching* dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Dengan panjang kabel yang berbeda dan beban yang sama terlihat bahwa terjadi perbedaan yang cukup signifikan dalam amplitudo. Ini terjadi karena perbedaan penekanan kecepatan saat *switch* dilakukan atau saat tombol *switch* ditekan, sehingga semakin cepat tombol *switch* ditekan akan menghasilkan amplitudo sinyal yang lebih tinggi. Namun, jika ditinjau dari panjang kabel yang sama dan beban lampu yang berbeda, secara umum, amplitudo dari sinyal arus *switching* tersebut semakin meningkat sesuai bertambahnya beban. Adanya notasi minus (-) menandakan bahwa *switching* terjadi saat polaritas atau fase negatif.

### 4.2.3 Grafik Sinyal Arus Kondisi Arcing

Sesuai dengan karakteristik dari sinyal arus *arcing* pada beban resistif, sinyal arus ini akan membentuk seperti ‘bahu’ pada setiap siklusnya. Bentuk ini terbentuk karena adanya distorsi pada gelombang sinus saat terjadi *arcing*, sehingga bentuk gelombang bukan sinus lagi. Grafik sinyal arus kondisi *arcing*, pada salah satu kondisi variasi impedansi jaringan dan beban lampu, diberikan pada Gambar 4.5 diatas.



**Gambar 4. 5** Grafik Kondisi *Arcing*

Tabel 4.5 menunjukkan amplitudo dari sinyal arus kondisi *arcing* dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Dengan panjang kabel yang berbeda dan beban lampu yang sama, terlihat bahwa terjadi perbedaan tidak terlalu signifikan karena perbedaannya hanya berkisar

antara  $\pm 0.2$  A. sedangkan, dengan panjang kabel yang sama dan beban lampu yang berbeda terjadi perbedaan yang signifikan karena perbedaannya bertambah sesuai penambahan beban dan berkisar antara  $\pm 1.5$  A. Adanya notasi minus (-) menandakan bahwa amplitudo *arcing* tertinggi terjadi saat polaritas atau fase negatif.

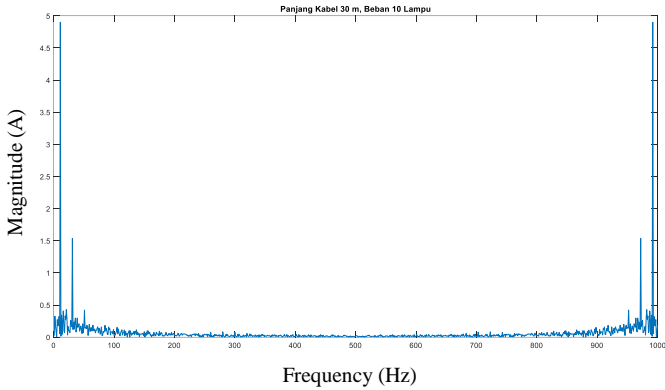
**Tabel 4. 5** Amplitudo Sinyal Arus Kondsi *Arcing*

Data Sinyal Arus Arcing Domain Waktu						I <sub>max</sub> (A)
Panjang Kabel (m)	Variasi Beban (Lampu)					
	2	4	6	8	10	
6	1.276	-2.691	-4.302	5.279	-6.377	
12	-1.331	3.008	4.125	5.08	-6.993	
18	-1.325	2.72	-4.203	5.583	-6.751	
24	-1.413	2.756	-4.335	-5.093	-6.969	
30	-1.454	-2.844	-4.348	5.698	7.755	

### 4.3 Grafik Data Sekunder Sinyal Arus

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai grafik data sekunder sinyal arus dalam domain frekuensi pada tiga kondisi, yaitu normal, *switching*, dan *arcing*. Pada Gambar 4.6, ditunjukkan grafik data sekunder sinyal arus dalam domain frekuensi menggunakan metode *fast Fourier Transform* (FFT). Dalam grafik tersebut, frekuensi *sampling* yang digunakan adalah sebesar 5000 Hz (5 kHz) untuk menyatakan bahwa sinyal di-*sampling* sebanyak 5000 kali per data. Dengan metode FFT, dihasilkan sinyal yang sama, pada magnitudo dan karakteristik, antara sinyal pada frekuensi pertama dan akhir sampai bertemu pada frekuensi pertengahan frekuensi *sampling*, yaitu di frekuensi 2500 Hz. Oleh karena itu, dalam penjelasan selanjutnya, sinyal akan ditampilkan hanya sampai frekuensi 2500 Hz, karena setelah frekuensi 2500 Hz hanya seperti pencerminan pada frekuensi sebelum frekuensi 2500 Hz.

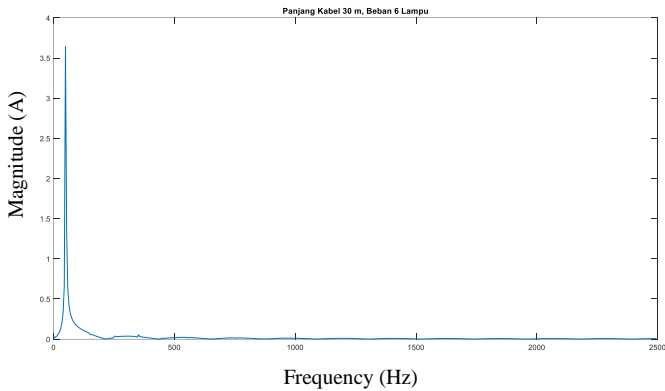




**Gambar 4. 6** Grafik Data Sekunder Sinyal Arus

### 4.3.1 Grafik Sinyal Arus Kondisi Normal

Pada penjelasan sebelumnya, telah dijelaskan bahwa sinyal hanya akan diberikan sampai pada frekuensi pertengahan frekuensi *sampling*, yaitu sampai frekuensi 2500 Hz, maka hasil dari grafik data sinyal arus kondisi normal, pada salah satu kondisi variasi impedansi jaringan dan beban lampu, ditunjukkan pada Gambar 4.7 dibawah. Dalam grafik, terlihat bahwa hanya pada frekuensi fundamental atau dasarnya saja, yaitu



**Gambar 4. 7** Grafik Kondisi Normal

berkisar antara 40 – 60 Hz, magnitudo dari sinyal arus sangat tinggi. Kemudian, secara berangsur-angsur magnitudo sinyal arus turun mendekati nilai nol (0) setelah melewati frekuensi harmonik orde ke-3, 5, 7 dan 9 hingga sampai pada frekuensi 500 Hz, sinyal arus mulai masuk ke kondisi *steady*-nya. Karakteristik ini juga berlaku untuk setiap variasi panjang kabel dan beban lampu.

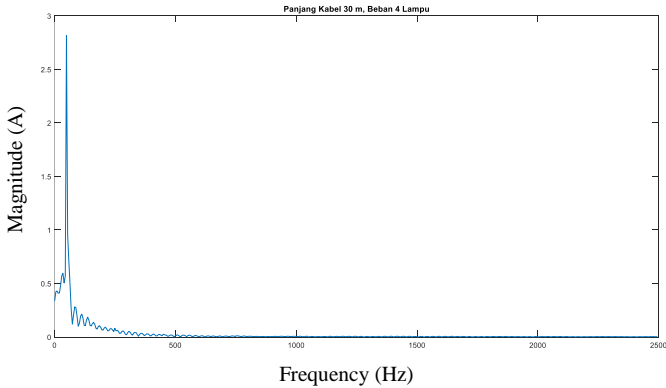
Dalam masalah perbedaan tinggi magnitudo, tentu saja, dengan perbedaan variasi panjang kabel dan beban lampu akan menghasilkan magnitudo yang berbeda. Perbedaan magnitudo ini akan ditinjau pada frekuensi dasarnya, yaitu magnitudo tertinggi pada frekuensi antara 40 – 60 Hz. Pada Tabel 4.6, diberikan hasil magnitudo sinyal arus kondisi normal pada frekuensi dasarnya dengan variasi beban lampu dan impedansi jaringan. Dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu yang sama, terlihat bahwa terjadi perbedaan magnitudo sebesar  $\pm 0.02$  A untuk 2 dan 6 lampu,  $\pm 0.03$  A untuk 4 lampu,  $\pm 0.05$  untuk 8 lampu, dan  $\pm 0.04$  A untuk 10 lampu. Sedangkan, dengan variasi beban lampu dan panjang kabel yang sama terlihat bahwa terjadi perbedaan yaitu semakin besar beban, maka semakin besar pula magnitudo-nya.

**Tabel 4. 6** Magnitudo Sinyal Arus Normal

Data Sinyal Arus Normal Domain Frekuensi						
Panjang Kabel (m)	Variasi Beban (Lampu)					Magnitudo (A)
	2	4	6	8	10	
6	1.195	2.393	3.588	4.779	5.98	
12	1.193	2.403	3.626	4.811	5.967	
18	1.213	2.437	3.646	4.783	5.79	
24	1.214	2.428	3.652	4.886	6.055	
30	1.198	2.398	3.632	4.832	6.002	

### 4.3.2 Grafik Sinyal Arus Kondisi *Switching*

Berbeda dengan sinyal arus pada kondisi normal, pada kondisi *switching* setelah pada frekuensi fundamental terjadi magnitudo yang sangat tinggi, magnitudo sinyal arus tidak segera turun mendekati nilai nol. Disini, sinyal arus masih memiliki magnitudo yang berangsur-angsur turun sampai mendekati nilai nol pada pertengahan frekuensi *sampling* (2500 Hz). Karakteristik ini juga berlaku untuk setiap variasi panjang kabel dan beban lampu. Gambar 4.8 diatas menunjukkan grafik dari sinyal arus kondisi *switching* pada salah satu kondisi variasi impedansi jaringan dan beban lampu.



**Gambar 4. 8** Grafik Kondisi *Switching*

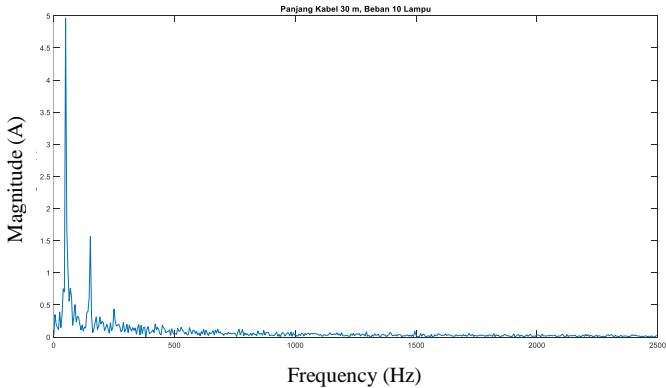
**Tabel 4. 7** Magnitudo Sinyal Arus Kondisi *Switching*

Data Sinyal Arus <i>Switching</i> Domain Frekuensi						
Panjang Kabel (m)	Variasi Beban (Lampu)					Magnitudo (A)
	2	4	6	8	10	
6	1.29	2.834	4.351	5.621	7.124	
12	1.298	2.78	4.134	5.692	6.936	
18	1.352	2.837	4.22	5.633	6.969	
24	1.298	2.638	4.267	5.828	7.378	
30	1.259	2.638	4.134	5.857	7.372	

Tabel 4.7, diberikan hasil magnitudo sinyal arus kondisi *switching* pada frekuensi dasarnya dengan variasi beban lampu dan impedansi jaringan. Dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu yang sama, terlihat bahwa terjadi perbedaan magnitudo sebesar  $\pm 0.06$  A untuk 2 lampu,  $\pm 0.1$  A untuk 4 lampu,  $\pm 0.2$  A untuk 6 dan 8 lampu, dan  $\pm 0.4$  untuk 10 beban lampu. Sedangkan, dengan variasi beban lampu dan panjang kabel yang sama terlihat bahwa terjadi perbedaan yaitu semakin besar beban, maka semakin besar pula magnitudo-nya.

### 4.3.3 Grafik Sinyal Arus Kondisi *Arcing*

Berbeda dengan grafik pada kondisi normal dan *switching*, pada kondisi *arcing* setelah terjadi magnitudo yang sangat tinggi pada frekuensi dasar, terjadi pula lonjakan magnitudo pada frekuensi harmonik orde ke-3, 5, 7 dan seterusnya.



**Gambar 4. 9** Grafik Kondisi *Arcing*

Lonjakan ini ada karena adanya frekuensi lain saat terjadi *arcing*, sehingga menimbulkan magnitudo yang cukup besar. Lonjakan magnitudo ini akan semakin kecil sejalan dengan semakin besar frekuensi harmoniknya sampai pada pertengahan frekuensi *sampling*. Karakteristik ini juga berlaku untuk setiap variasi panjang kabel dan beban lampu. Gambar 4.9 menunjukkan grafik sinyal arus pada kondisi *arcing* pada salah satu kondisi variasi impedansi jaringan dan beban lampu.

**Tabel 4. 8** Magnitudo Sinyal Arus Kondisi *Arcing*

Data Sinyal Arus <i>Arcing</i> Domain Frekuensi						
Panjang Kabel (m)	Variasi Beban (Lampu)					Magnitudo (A)
	2	4	6	8	10	
6	1.078	2.174	2.822	4.055	5.164	
12	1.061	1.754	2.965	4.286	4.74	
18	1.1	2.076	2.987	3.689	4.926	
24	1.09	1.993	2.67	4.399	5.435	
30	0.9721	1.942	2.794	3.866	4.9	

Pada Tabel 4.8, diberikan hasil magnitudo sinyal arus kondisi *arcing* pada frekuensi dasarnya dengan variasi beban lampu dan impedansi jaringan. Dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu yang sama, terlihat bahwa terjadi perbedaan magnitudo sebesar  $\pm 0.01 - 0.05$  A untuk semua beban lampu setiap panjang kabel. Sedangkan, dengan variasi beban lampu dan panjang kabel yang sama terlihat bahwa terjadi perbedaan yaitu semakin besar beban, maka semakin besar pula magnitudo-nya.

#### 4.4 Penentuan *Threshold*

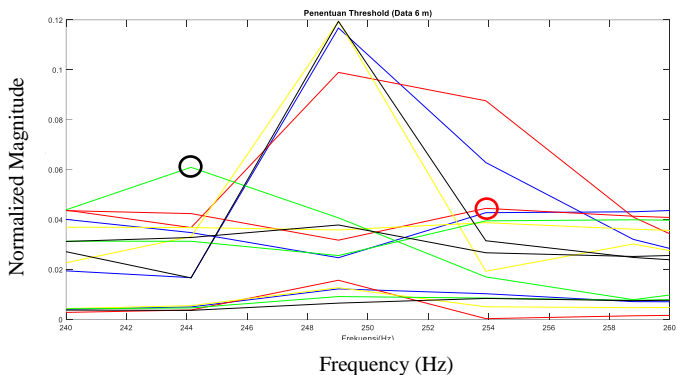
Penentuan *threshold* akan dibagi menjadi dua, yaitu penentuan *threshold* untuk pendeteksian *arcing* dan penentuan *threshold* untuk menentukan keparahan atau *severity* dari *arcing* yang terjadi. Dalam penentuan *threshold* ini, sinyal-sinyal yang didapatkan dari data sekunder atau yang telah melalui proses FFT (transformasi dari domain waktu ke domain frekuensi), kemudian magnitudo-nya disamaratakan atau dijadikan satuan “per unit” semua agar tidak tergantung lagi dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Cara untuk menjadikan magnitudo dari sinyal-sinyal tersebut menjadi “per unit” adalah dengan cara membaginya dengan frekuensi fundamental per sinyal, antara frekuensi 40 – 60 Hz atau lebih tepatnya di frekuensi 48.83 Hz. Dengan cara ini, sinyal dengan variasi beban lampu dan impedansi jaringan serta dalam tiga kondisi, normal, *switching*, dan *arcing*, akan memiliki magnitudo yang paling tinggi sama besar, yaitu 1, dan tidak akan terpengaruh lagi oleh variasi tersebut. Namun disini, peneliti harus lebih cermat dan teliti terhadap perbedaan antara tiga kondisi tersebut, agar tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan.

Dalam subbab ini, penentuan *threshold* dilakukan hanya pada frekuensi harmonisa orde ke-3 (140 – 160 Hz), 5 (240 – 260 Hz), dan 7 (340 – 360 Hz) sebagai inisiasi terjadinya *arcing* seri tegangan rendah. Karena, pada frekuensi-frekuensi tersebut, muncul magnitudo yang cukup besar pada karakteristik kondisi *arcing* dengan metode FFT, dimana berbeda dengan dua kondisi lainnya. Sehingga, pada pembahasan berikutnya, hanya akan difokuskan pada pembahasan tersebut.

##### 4.4.1 Penentuan *Threshold* untuk Pendeteksian *Arcing*

Penentuan *threshold* untuk pendeteksian *arcing* menggunakan data yang ada pada data sekunder dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Data yang digunakan adalah data normal atau *switching* yang paling ekstrim atau yang paling tinggi magnitudo-nya dan data *arcing* dengan magnitudo terkecil diantara semua beban berdasarkan impedansi jaringan. Lalu dari data tersebut, dipilah lagi berdasarkan orde harmonik untuk inisiasi terjadinya *arcing*, yaitu orde harmonic ke-3 (140 – 160 Hz), 5 (240 – 260 Hz), dan 7 (340 – 360 Hz). Pada Gambar 4.10,

diberikan visualisasi dalam penentuan threshold per impedansi jaringan dalam salah satu orde harmonik.



**Gambar 4. 10** Visualisasi Penentuan *Threshold*

Pada Gambar 4.10 diatas, data diambil pada impedansi jaringan 6 m dan orde harmonik ke-5 (antara 240 – 260 Hz). Terdapat dua lingkaran, yaitu lingkaran yang berwarna merah dan yang berwarna hitam. Lingkaran berwarna merah menandakan magnitudo dari kondisi normal atau *switching* yang paling ekstrim, sedangkan lingkaran yang berwarna hitam menandakan magnitudo *arcing* yang terkecil. Agar tidak menimbulkan kesalahan atau keraguan dalam pemilihan magnitudo normal atau *switching*, maka perlu ditambahkan *margin*. *Margin* yang digunakan adalah sebesar 0.005 dari magnitudo paling ekstrim kondisi normal atau *switching*.

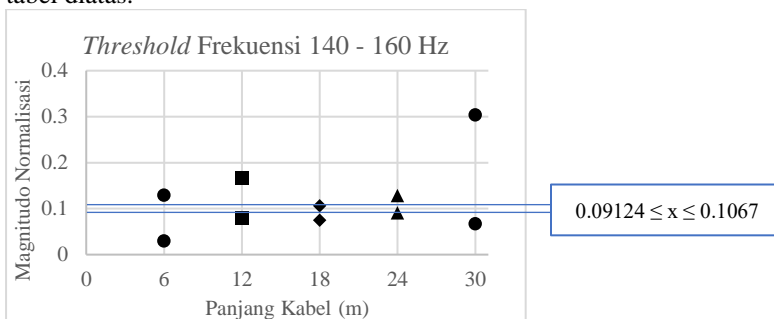
**Tabel 4. 9** Data *Threshold* Frekuensi 140 – 160 Hz

Data <i>Threshold</i> 140 - 160 Hz										
6	0.1291	12	0.1679	18	0.1067	24	0.1288	30	0.3042	- (a)
	0.0297		0.07936		0.07521		0.09124		0.06773	- (b)

(c)

Tabel 4.9 menunjukkan data yang telah diambil pada semua impedansi jaringan dan beban lampu pada frekuensi antara 140 – 160 Hz atau pada orde harmonik ke-3. Pada tabel tersebut, terdapat beberapa parameter yang disimbolkan dengan alfabet, yaitu (a) adalah magnitudo terjadinya *arcing* terkecil; (b) adalah magnitudo paling ekstrim kondisi normal atau *switching* dengan *margin* 0.005; dan (c) adalah impedansi

jaringan, terdiri dari 6 m, 12 m, 18 m, 24 m, dan 30 m. Kemudian, agar memudahkan dalam penentuan *threshold*, dibuatlah grafik berdasarkan tabel diatas.

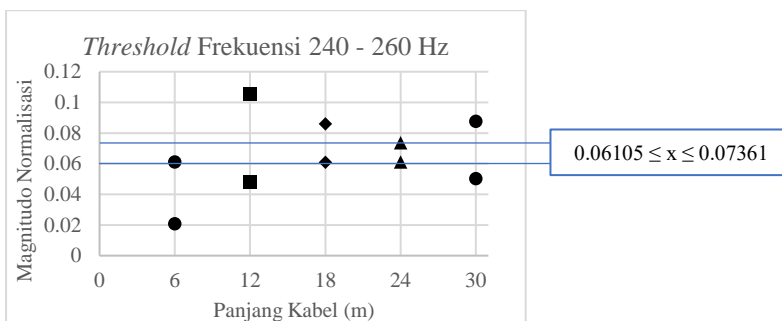


**Gambar 4.11** *Threshold* Frekuensi 140 – 160 Hz

Pada Gambar 4.11, diketahui bahwa magnitudo kondisi normal atau *switching* tertinggi terjadi pada magnitudo 0.09124, sedangkan magnitudo kondisi *arcing* terkecil terjadi pada 0.1067. Maka, didapatkan hasil *threshold* pada frekuensi 140 – 160 Hz adalah  $0.09124 \leq x \leq 0.1067$ . Begitu pula, penentuan *threshold* pada frekuensi 240 – 260 Hz dan 340 – 360 Hz, yang ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan 4.11 serta Gambar 4.12 dan 4.13.

**Tabel 4.10** Data *Threshold* Frekuensi 240 – 260 Hz

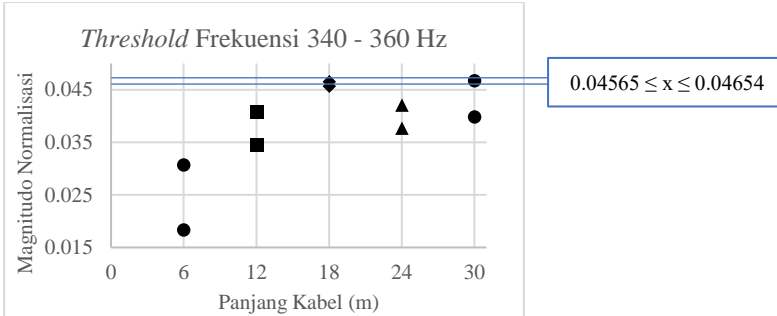
Data <i>Threshold</i> 240 - 260 Hz									
6	0.06093	12	0.1052	18	0.08591	24	0.07361	30	0.08766
	0.0207		0.04811		0.06087		0.06105		0.0503



**Gambar 4.12** *Threshold* Frekuensi 240 – 260 Hz

**Tabel 4. 11** Data *Threshold* Frekuensi 340 – 360 Hz

Data <i>Threshold</i> 340 - 360 Hz							
6	0.0307	12	0.04073	18	0.04654	24	0.04205
	0.01832		0.0344		0.04565		0.03771
		30			0.04672	0.03984	



**Gambar 4. 13** *Threshold* Frekuensi 340 – 360 Hz

Berdasarkan gambar-gambar diatas, dapat diambil *threshold* untuk setiap variasi impedansi jaringan dan jumlah beban lampu pada tiga orde harmonik adalah sebagai berikut.

- Untuk frekuensi 140 – 160 Hz (Orde ke-3), antara  $0.09124 \leq x \leq 0.1067$ .
- Untuk frekuensi 240 – 260 Hz (Orde ke-5), antara  $0.06105 \leq x \leq 0.07361$ .
- Untuk frekuensi 340 – 360 Hz (Orde ke-7), antara  $0.04565 \leq x \leq 0.04654$ .

#### 4.4.2 Penentuan *Threshold* untuk Tingkat Keparahan (*Severity*) *Arcing*

Dalam penentuan *threshold* untuk tingkat keparahan *arcing*, data yang diperlukan adalah magnitudo dari setiap *arcing* yang terjadi pada variasi impedansi jaringan dan beban lampu. *Threshold* ini juga akan dipilih berdasarkan frekuensi harmonik orde ke-3, 5, dan 7, sesuai dengan data diatas serta untuk menentukan tiga tingkat keparahan *arcing*, yaitu *low* (rendah), *medium* (sedang), dan *high* (tinggi).



**Tabel 4. 12** Data Magnitudo Kondisi *Arcing*

Panjang Kabel (m)	Beban Lampu	f1	f2	f3
		140 - 160 Hz	240 - 260 Hz	340 - 360 Hz
6	2	0.1702	0.1194	0.04737
	4	0.1291	0.06093	0.0307
	6	0.3258	0.1194	0.05235
	8	0.2728	0.09897	0.0683
	10	0.2484	0.1168	0.06747
12	2	0.1679	0.1117	0.0512
	4	0.4275	0.114	0.05982
	6	0.3656	0.1548	0.06812
	8	0.2156	0.1052	0.05373
	10	0.3045	0.1199	0.04073
18	2	0.1067	0.08591	0.04654
	4	0.1209	-	-
	6	0.2426	0.09951	0.04878
	8	0.3957	0.112	0.0562
	10	0.3149	0.1231	0.06375
24	2	0.1623	0.1039	0.06431
	4	0.1886	0.07361	0.04205
	6	0.3247	0.1171	0.06075
	8	0.1831	0.09714	0.0546
	10	0.1288	-	-
30	2	0.3321	0.114	0.0521
	4	0.3596	0.148	0.04672
	6	0.4125	0.1104	0.07444
	8	0.3042	0.1211	0.04616
	10	0.3148	0.08766	0.03896

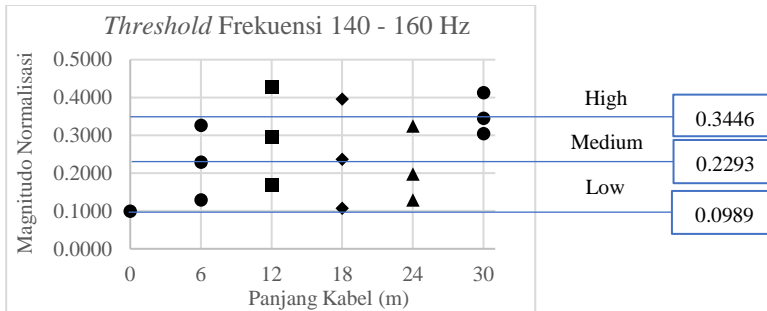
Pada Tabel 4.12, diberikan data magnitudo kondisi *arcing* pada setiap variasi beban lampu dan impedansi jaringan. Dalam tabel tersebut terlihat bahwa adanya beberapa data yang tidak memiliki magnitudo, yang disimbolkan dengan tanda minus (-). Ini terjadi karena, magnitudo dari data-data tersebut berada dibawah atau tidak melewati magnitudo tertinggi atau paling ekstrim dari kondisi normal atau *switching*. Sehingga, data tersebut dapat diabaikan.

Untuk mempermudah dalam penentuan *threshold*, maka data diatas dapat disederhanakan dengan mencari nilai maksimum, minimum, dan rata-rata untuk setiap variasi beban lampu tiap panjang kabel atau impedansi jaringan. Dengan menggunakan teknis seperti ini, tiap panjang kabel hanya akan memiliki tiga parameter sesuai dengan nilai maksimum, minimum dan rata-ratanya saja. Tabel 4.13 memberikan nilai-nilai tersebut dalam tiga frekuensi harmonik orde ke-3, 5, dan 7.

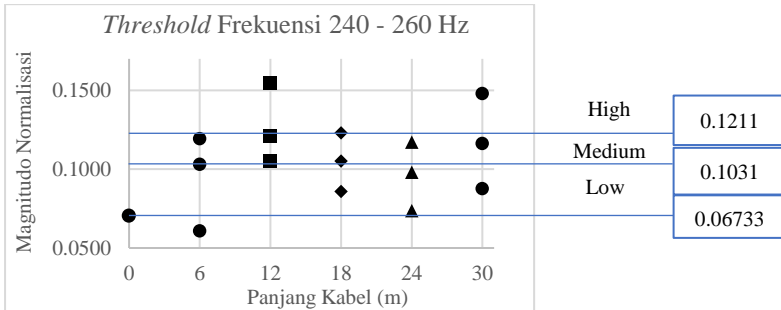
**Tabel 4. 13** Nilai Maksimum, Minimum, dan Rata-rata

Frekuensi 140 - 160 Hz									
6	0.3258	12	0.4275	18	0.3957	24	0.3247	30	0.4125
	0.22926		0.29622		0.23616		0.1975		0.34464
	0.1291		0.1679		0.1067		0.1288		0.3042
0.09897									
Frekuensi 240 - 260 Hz									
6	0.1194	12	0.1548	18	0.1231	24	0.1171	30	0.1480
	0.1031		0.12112		0.10513		0.097938		0.116232
	0.06093		0.1052		0.08591		0.07361		0.08766
0.06733									
Frekuensi 340 - 360 Hz									
6	0.0683	12	0.0681	18	0.0638	24	0.0643	30	0.0744
	0.053238		0.05472		0.053818		0.055428		0.051676
	0.0307		0.04073		0.04654		0.04205		0.03896
0.046095									

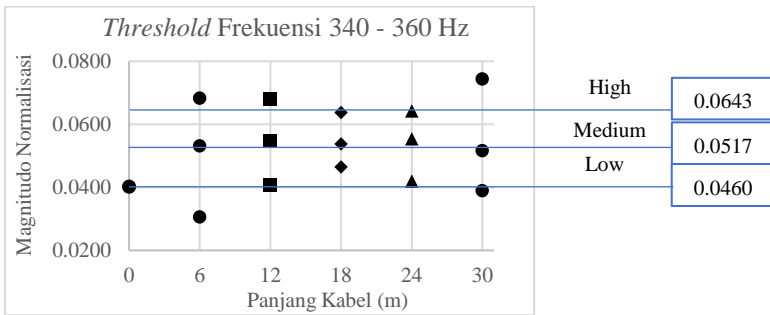
Nilai 0.09897, 0.06733, dan 0.046095 didapatkan dari mencari nilai tengah antara *threshold* pendeteksian *arcing*, sehingga dapat dijadikan nilai minimal dalam pendeteksian tingkat keparahan. Maka, berdasarkan tabel diatas, dapat dibuat grafik untuk menentukan *threshold* untuk menentukan keparahan dari *arcing* yang terjadi. Grafik-grafik tersebut adalah sebagai berikut.



**Gambar 4. 14** *Threshold* Frekuensi 140 – 160 Hz



**Gambar 4. 15** *Threshold* Frekuensi 240 – 260 Hz



**Gambar 4. 16** *Threshold* Frekuensi 340 – 360 Hz

Sehingga, *threshold* yang akan digunakan berdasarkan grafik tersebut untuk tingkat keparahan *arcing* dipaparkan dalam Tabel 4.14.

**Tabel 4. 14** *Threshold* Tingkat Keparahahan *Arcing*

Frekuensi 140 – 160 Hz		
No.	<i>Threshold</i>	Tingkat Keparahahan
1	$0.09897 \leq x < 0.2293$	<i>Low</i>
2	$0.2293 \leq x \leq 0.3446$	<i>Medium</i>
3	$0.3446 < x$	<i>High</i>
Frekuensi 240 – 260 Hz		
1	$0.06733 \leq x < 0.1031$	<i>Low</i>
2	$0.1031 \leq x \leq 0.1211$	<i>Medium</i>
3	$0.1211 < x$	<i>High</i>
Frekuensi 340 – 360 Hz		
1	$0.046095 \leq x < 0.0517$	<i>Low</i>
2	$0.0517 \leq x \leq 0.0643$	<i>Medium</i>
3	$0.0643 < x$	<i>High</i>

#### 4.5 Hasil Pengujian Alat Deteksi *Arcing* dan Analisis Pengaruh Impedansi Jaringan dan Jarak Elektroda terhadap Kinerja Deteksi

Dalam pengujian alat deteksi *arcing*, *threshold* yang telah didapatkan, baik itu untuk pendeteksian maupun tingkat keparahan *arcing*, akan dimasukkan atau di-*upload* ke dalam alat deteksi *arcing* melalui aplikasi SW4STM32. Lalu, dari hasil pengujian, akan di analisis tentang bagaimana pengaruh yang diberikan oleh impedansi jaringan dan jarak elektroda terhadap kinerja deteksi.

Pada pembahasan ini, akan ditampilkan hasil pengujian alat deteksi *arcing*. Sebelum melakukan pengujian, dilakukan *setup* terlebih dahulu untuk mengkoneksikan antara alat deteksi dengan modul pengujian *arcing*. Jika telah terkoneksi, maka LCD pada alat deteksi akan menyala yang menandakan bahwa alat deteksi siap digunakan. Tampilan awal alat deteksi, diberikan pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Tampilan Awal Alat Deteksi *Arcing*

Setelah alat deteksi terkoneksi dengan modul pengujian dan program telah di *upload* ke alat deteksi, maka pengujian untuk menguji alat deteksi akan dapat dilakukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat deteksi dapat mendeteksi *arcing* serta dapat membedakan antara kondisi normal ataupun *switching*. Jika alat ini mendeteksi adanya *arcing*, yang ditampilkan pada LCD adalah status 'Arcing' dan tingkat keparahan, serta waktu dan tanggal terjadinya *arcing* tersebut. Pada Gambar 4.18 dibawah, diberikan tampilan LCD ketika mendeteksi *arcing*.



**Gambar 4. 18** Tampilan Alat Deteksi saat Mendeteksi *Arcing*

Pengujian yang diterapkan untuk alat deteksi *arcing* ini ada dua hal, yaitu pengujian untuk keberhasilan pendeteksian *arcing* dan pengujian untuk tingkat keparahan dari *arcing* yang terjadi. Pengujian keberhasilan pendeteksian *arcing* dilakukan dengan variasi impedansi jaringan dan beban lampu. Sedangkan, pengujian untuk tingkat keparahan dari *arcing* yang terjadi, dilakukan dengan variasi jarak elektroda dengan beban lampu dan impedansi jaringan tetap, yaitu beban terbesar (10 lampu/1000 W) dan impedansi paling besar (30 meter). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

**Tabel 4. 15** Hasil Pengujian Pendeteksian *Arcing*

Panjang Kabel (m)	Beban Lampu	Pendeteksian <i>Arcing</i> *	Prosentase Keberhasilan
6	2	0	20%
		0	
		0	
		0	
		1	
	4	0	20%
		0	
		1	
		0	
	6	0	60%
		1	
		0	
1			
1			
8	0	60%	
	1		
	1		

		1		
		0		
	10	0		
		1		
		1		
		1		
		1	80%	
12	2	0		
		1		
		0		
		0		
			1	
	4	1		
		0		
		0		
		0		
			1	
	6	1		
		1		
		1		
		0		
		1		
8	0			
	0			
	1			
	1			
		1		
10	1			
	0			
	0			
	1			
		1		
18	2	0		
		0		
		0		
		0		
			0	
	4	0		
		0		
		1		
		0		
			0	
	6	1		
		1		
1				
1				
		1	100%	

		1	
	8	0	60%
		1	
		0	
		1	
		1	
	10	1	80%
		0	
		1	
		1	
24	2	1	20%
		0	
		0	
		1	
		0	
	4	0	40%
		0	
		0	
		1	
	6	1	40%
		0	
		0	
		1	
	8	0	40%
		0	
		1	
		1	
	10	0	80%
1			
0			
1			
30	2	1	0%
		0	
		0	
		0	
		0	
	4	0	20%
		0	
		0	
		1	
		0	

6	1	80%
	1	
	1	
	0	
	1	
8	1	60%
	1	
	0	
	0	
	1	
10	1	80%
	0	
	1	
	1	
	1	
Prosentase Total		49.6%

Keterangan: \* : 1 = *Arcing* Terdeteksi; 0 = *Arcing* Tidak Terdeteksi

Dari Tabel 4.15, dapat terlihat bahwa prosentase keberhasilan dalam pendeteksian *arcing* adalah 49.6%, yang menandakan bahwa alat deteksi masih belum optimal dalam menjalankan fungsinya sebagai pendeteksi fenomena *arcing* seri tegangan rendah. Hal yang menyebabkan sangat kecilnya prosentase alat dalam mendeteksi *arcing* adalah penggunaan metode FFT yang diterapkan dalam program alat deteksi kurang tepat jika digunakan untuk mendeteksi *arcing*, dan adanya prosentase yang sangat kecil di beberapa beban. Dalam penentuan atau validasi hasil ini, dilakukan perbandingan antara gelombang yang ditangkap oleh modul NI DAQ 9246 dan tampilan dari alat deteksi ketika terjadi *arcing*. Hasil perbandingan dengan gelombang arus dari modul NI DAQ, menunjukkan bahwa ketika modul NI mendeteksi adanya *arcing*, dalam beberapa percobaan alat deteksi tidak dapat mendeteksi kondisi tersebut. Sehingga, banyak data yang tidak terdeteksi. Terlihat juga bahwa masih adanya beberapa percobaan dimana alat deteksi tidak dapat atau gagal dalam mendeteksi ketika *arcing* terjadi. Prosentase atau jumlah percobaan yang paling banyak mengalami kegagalan pendeteksian adalah ketika beban yang digunakan adalah 2 dan 4 lampu. Ini dapat terjadi karena semakin sedikit beban, maka arus yang mengalir juga akan semakin kecil, sehingga kinerja pendeteksian kurang maksimal pada beban di bawah 400 W atau beban 4 lampu. Dan sebaliknya, kinerja pendeteksian akan optimal ketika dibebani dengan beban lebih besar dari 600 W atau 6 lampu. Selain itu, jika dilihat dari hasil tersebut, impedansi jaringan tidak berpengaruh



terhadap kinerja deteksi, karena hasil dari deteksi yang acak pada tiap impedansi jaringan.

**Tabel 4. 16** Hasil Pengujian Tingkat Keparahan *Arcing*

Jarak Elektroda (mm)	Panjang Kabel (m)	Beban Lampu (lampu)	Tingkat Keparahan
0.01	30	10	High
			High
			Low
			Low
0.0125	30	10	Low
			High
			Low
0.015	30	10	Low
			-
			-
			-

Sedangkan untuk pengaruh jarak elektroda terhadap kinerja deteksi, dalam pengujian didapatkan hasil bahwa jarak elektroda berpengaruh dalam menentukan tingkat keparahan dari *arcing* yang terjadi sesuai dengan yang ditampilkan oleh Tabel 4.16. Namun hasil dari pengujian berbanding terbalik dengan logika yang ada, dimana semakin jauh jarak yang terjadi diantara dua elektroda, maka semakin tinggi tingkat keparahan dari *arcing* yang terjadi. Sementara, hasil dari pengujian adalah jarak yang lebih pendek, yaitu 0.01 mm, dapat menghasilkan tingkat keparahan ‘*high*’ sebanyak 2 kali, dan yang lebih panjang, yaitu 0.0125 mm, hanya dapat menampilkan 1 kali. Hal ini dapat terjadi karena elektroda yang digunakan sudah terkarbonisasi, menyebabkan sangat mudah untuk terjadi *arcing*, dimana dapat menyebabkan hasil *arcing* yang berbeda di setiap pendeteksian tingkat keparahan. Tetapi, jika hasil ini dihubungkan dengan teori dimana *arcing* merupakan pelepasan daya yang tinggi, dan daya adalah hasil pembagian dari tegangan kuadrat dibagi dengan impedansi, maka hasil diatas sesuai dengan teori tersebut. Sehingga, jarak elektroda mempengaruhi tingkat keparahan *arcing*. Disini, jarak terjauh dari jarak elektroda dimana masih dapat terjadi *arcing* sebelum rangkaian terputus  $\leq 0.0125$  mm.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil percobaan dan pengujian yang dilakukan serta data-data yang telah didapatkan dalam pendeteksian *arcing* seri tegangan rendah terhadap pengaruh impedansi jaringan dan jarak elektroda, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Impedansi jaringan tidak berpengaruh terhadap tingkat akurasi pendeteksian dan keparahan *arcing* seri tegangan rendah.
2. Jarak elektroda berpengaruh dalam menentukan tingkat keparahan *arcing*.
3. Jarak elektroda dimana masih terjadi *arcing* sebelum rangkaian terputus  $\leq 0.0125$  mm.
4. Metode FFT yang digunakan kurang tepat jika digunakan untuk pendeteksian *arcing*.
5. *Threshold* yang diaplikasikan pada alat deteksi mencakup tiga orde harmonisa, yaitu orde ke-3 (antara 140 – 160 Hz), 5 (240 – 260 Hz), dan 7 (340 – 360 Hz).
6. Beban minimum agar alat deteksi dapat mendeteksi secara optimal adalah lebih besar dari sama dengan 600 W untuk beban resistif murni.

#### **5.2 Saran**

Pada penelitian ini, pendeteksian *arcing* seri tegangan rendah dengan modul pengujian *arcing* telah berhasil dilakukan, namun dengan prosentase yang sangat kecil atau belum optimal. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan metode yang berbeda agar mendapatkan metode yang sesuai untuk mendeteksi *arcing* dan tingkat keparahan *arcing*.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM, K., “Rasio Elektrifikasi 2017” <URL<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rasio-elektrifikasi.pdf>>, 2017.
- [2] RI, L., “Page 9 - Perpustakaan Lemhannas RI” <URL: <http://lib.lemhannas.go.id/public/media/catalog/0010-121500000011122/swf/2871/files/basic-html/page9.html>>, Januari, 2013.
- [3] (BNPB), B. N. P. B., “Data Kejadian Bencana Kebakaran Pemukiman” <URL: <http://geospasial.bnpb.go.id/pantauanbencana/data/dataakbmukimall.php>>, 2018.
- [4] Ayan Mukerje, A. R. A. K. S., "Method for Online Detection of Arcing in Low-Voltage Distribution Systems. IEEE Transactions on Power Delivery", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 32, No. 3, pp. 1244-1252, Juni, 2017.
- [5] Ramadhan, I. F., “Desain Peralatan Deteksi Arcing Paralel Tegangan Rendah Berbasis Smartphone dan Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Kinerja Deteksi”, Undergraduate Thesis, Surabaya: ITS, 2018.
- [6] Kurniawan, F. F., “Monitoring Online Arcing Seri Tegangan Rendah Berbasis Web dengan Analisa Impedansi Saluran”, Undergraduate Thesis, Surabaya: ITS, 2018.
- [7] Smith, S. W., “The Scientist and Engineer’s Guide to Digital Signal Processing: Chapter 12” <URL: <http://www.dspguide.com/ch12.htm>>, 1997.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



**Awataraning Tunjung Pradipta**, adalah anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan pada 10 April 1996 di Magetan, Jawa Timur. Karena pekerjaan orang tua yang berada di luar pulau, sejak 1 tahun setelah dilahirkan, penulis bermukim di Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah. Penulis telah menempuh pendidikan masa sekolah di TK Bhayangkari VI, SDN 1 Sidorejo, SMPN 1 Arut Selatan, dan SMAN 1 Pangkalan Bun. Lalu, penulis melanjutkan studi perkuliahan di Departemen Teknik Elektro Otomasi (D3) Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2014. Semasa di departemen tersebut, penulis aktif dalam berbagai organisasi dan kepanitiaan di tingkat departemen dan fakultas, seminar, dan pelatihan yang diadakan oleh Laboratorium ELDAS, ACL, dan ELTRAP serta menjadi Asisten Laboratorium ELDAS. Penulis lulus setelah 3 tahun menempuh masa pendidikan. Karena keinginan untuk melanjutkan studi ke pendidikan sarjana (S1), penulis menempuh pendidikan Lintas Jalur (LJ) di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro ITS bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Semasa di departemen tersebut, penulis aktif dalam kegiatan-kegiatan seminar, dan pelatihan yang diadakan oleh Laboratorium Tegangan Tinggi. Penulis dapat dihubungi melalui *email* : [atradipta23@gmail.com](mailto:atradipta23@gmail.com).