



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERALATAN DETEKSI  
ARCING TEGANGAN RENDAH BERBASIS LABVIEW**

Azmi Wicaksono  
NRP 2213100036

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

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - TE 141599**

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF LOW-VOLTAGE  
ARCING DETECTION EQUIPMENT BASED ON LABVIEW**

Azmi Wicaksono  
NRP 2213 100 036

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

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Desain dan Implementasi Peralatan Deteksi Arcing Tegangan Rendah Berbasis LabView**” 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, Desember 2016

Azmi Wicaksono  
NRP. 2213100036

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERALATAN DETEKSI  
ARCING TEGANGAN RENDAH BERBASIS LABVIEW**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**

**Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.**  
NIP. 198109052005011002

**Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.**  
NIP. 197007121998021001



## DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERALATAN DETEKSI ARCING TEGANGAN RENDAH BERBASIS LABVIEW

Nama : Azmi Wicaksono  
Pembimbing I : Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.  
Pembimbing II : Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,M.Sc

### ABSTRAK

Busur api listrik tegangan rendah timbul saat terjadi hubung singkat dan memicu kebakaran. Fenomena hubung singkat terjadi saat peralatan pengaman tidak dapat mendeteksi gangguan yang terjadi, meskipun nominal arus saat terjadi hubung singkat sangat tinggi namun durasi hubung singkat sangat cepat sehingga peralatan pengaman konvensional seperti fuse dan circuit breaker (CB) tidak dapat mendeteksi gangguan tersebut, hal inilah yang menimbulkan kebakaran karena hubung singkat. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan pendeteksian *arcing* pada tegangan rendah dengan mengamati karakteristik arus busur api yang meningkat secara signifikan pada durasi waktu tertentu. Sinyal arus yang masuk akan ditransformasikan menggunakan *wavelet*. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan 3 kondisi yaitu kondisi normal, penambahan beban (*switching*) serta *arcing*. Terdapat 2 batas (*threshold*) yang digunakan sebagai parameter pendeteksian. *Threshold* pertama adalah nilai arus *high frequency* maksimum 2A dan yang kedua adalah jumlah titik gangguan sebanyak 7. Berdasarkan hasil pendeteksian, indikator normal akan “ON” selama *threshold* pertama dan kedua tidak terlampaui, indikator *switching* “ON” saat *threshold* pertama terlampaui namun *threshold* kedua tidak, sedangkan indikator *arcing* “ON” saat kedua *threshold* terlampaui.

**Kata Kunci:** Busur Api Listrik Tegangan Rendah, Transformasi *Wavelet*, *Threshold* arus HF, *Threshold* titik gangguan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **DESIGN AND IMPLEMENTATION OF LOW-VOLTAGE ARCING DETECTION EQUIPMENT BASED ON LABVIEW**

**Name** : Azmi Wicaksono  
**1<sup>st</sup> Advisor** : Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.  
**2<sup>nd</sup> Advisor** : Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.

### **ABSTRACT**

*Low voltage electrical arcing caused occurs when a short circuit and triggering a fire case. The phenomenon of short circuit occurs when protective equipment can not detect the disturbance, although nominal currents during a short circuit is very high but the duration during a short circuit is so fast that safety equipment such conventional fuse and miniature circuit breaker (MCB) can not detect the disturbance. It is which cause a fire case due to short circuit. In this final project will be carried out low voltage arcing detection by observing the characteristics of the arc that increased significantly at specific time duration. The incoming current signal is transformed using a wavelet. Experiments performed by comparing three conditions ,it is normal conditions, switching and arcing condition. There are two threshold that used as a parameter detection. The first threshold is the peak of the high frequency current, the value is 2A and the second is the number of disturbance points, the value is 7. Based on the result of detection, normal indicator will be "ON" during the first and the second threshold is not exceeded, switching indicator is "ON" when the first threshold is exceeded but not the second threshold, and then arcing indicators "ON" when both of threshold is exceeded.*

**Keywords:** *Low Voltage Electrical Arc Flash , Wavelet Transform, High Frequency current threshold, Threshold point of disturbance.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir yang berjudul “**Desain dan Implementasi Peralatan Deteksi Arcing Tegangan Rendah Berbasis LabView**” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Bapak Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,M.Sc, dan seluruh Dosen Laboratorium Tegangan Tinggi atas segala pengetahuannya dan waktunya dalam membimbing penulis sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materiil serta nasehat, semangat, dan doa kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan tepat pada waktunya.
3. Alfandi dan Adimas yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen, dan Staff Karyawan Jurusan Teknik Elektro-FTI, ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
5. Teman-teman semua yang telah banyak memberikan dorongan, semangat, kasih sayang dan bantuan demi lancarnya pengerjaan Tugas Akhir dan penyusunan skripsi.
6. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dan senantiasa mengingatkan untuk bisa wisuda ke - 115.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan berguna bagi penulis khususnya dan juga bagi para pembaca pada umumnya.

Surabaya, Desember 2016

**Penulis**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Sistematika Laporan.....	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>Arcing Fault</i> di Tegangan Rendah ... ..	5
2.2 Busur Api Listrik pada Kabel Tegangan Rendah.....	6
2.3 Kebakaran Karena Busur Api Listrik .....	8
2.4 Transformasi Wavelet .....	9
2.4.1 Pengertian .....	9
2.4.2 <i>Discrete Wavelete Transform</i> .....	9
2.5 Karakteristik Busur Api Listrik pada Beban Resistif..	11
2.6 Metode Pendeteksian Menggunakan <i>Wavelet</i> dan LabView .....	12
BAB III PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHN DATA	13
3.1 Perancangan Alat Eksperimen.....	13
3.1.1 Beban Lampu 1000 Watt .....	14
3.1.2 <i>Arc Chamber</i> Akrilik .....	16
3.1.3 Kabel Konduktor Serabut NYMHY 2x1,5mm <sup>2</sup> ..	16
3.1.4 <i>Current Tranformator (CT)</i> .....	16
3.1.5 <i>Automatic Fuse</i> .....	17
3.1.6 <i>Miniature Circuit Breaker (MCB)</i> .....	17
3.1.7 Perekam Arus NI 9246 .....	18
3.1.8 <i>Software</i> LabView .....	18

3.2	Pengambilan Data .....	20
3.3	Pengolahan Data .....	23
3.3.1	DIAdem .....	23
3.3.2	Camtasia Studio Versi 8 .....	25
3.3.3	<i>Stockplot</i> Ms. Excel versi 2013 .....	26
BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA .....		29
4.1	Mekanisme Kondisi Normal, <i>Switching</i> dan Arcing pada Tegangan Rendah .....	29
4.1.1	Sinkronisasi Data .....	30
4.2	Skema Percobaan Karakteristik Arus Kondisi Normal, <i>Switching</i> dan <i>Arcing</i> Tegangan Rendah .....	31
4.3	Grafik Asli Sinyal Kondisi Normal, <i>Switching</i> dan <i>Arcing</i> .....	32
4.3.1	Sinyal Asli Kondisi Normal .....	32
4.3.2	Sinyal Asli Kondisi <i>Switching</i> .....	32
4.3.3	Sinyal Asli Kondisi <i>Arcing</i> .....	32
4.4	Analisis Data Karakteristik Kondisi Normal dan <i>Switching</i> pada Tegangan Rendah .....	33
4.4.1	Pengolahan Data dengan DWT .....	33
4.4.2	Perbandingan Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan Kondisi Normal dan <i>Switching</i> .....	34
4.4.3	Analisa Deteksi Kondisi Normal pada Program Deteksi Arcing .....	37
4.4.4	Analisis Probabilitas dan Persebaran Data .....	41
4.4.5	Analisa Deteksi Kondisi Penambahan Beban ( <i>Switching</i> ) pada Program Deteksi Arcing.....	43
4.4.6	Analisis Probabilitas dan Persebaran Data.....	46
4.5	Analisis Data Karakteristik Busur Api Listrik ( <i>Arcing</i> ) Tegangan Rendah pada Hubung Singkat Langsung....	48
4.5.1	Pengolahan Data dengan DWT.....	48
4.5.2	Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan.....	49
4.5.3	Analisa Deteksi Kondisi Hubung Singkat ( <i>Arcing</i> ) pada Program Deteksi Arcing .....	51
4.5.4	Analisis Probabilitas dan Persebaran Data .....	54
4.5.5	Akurasi Program Deteksi pada Keseluruhan Eksperimen .....	56

BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	59
RIWAYAT HIDUP PENULIS .....	61

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## TABLE OF CONTENT

<b>TITLE</b>	
<b>STATEMENT SHEET</b>	
<b>APPROVAL SHEET</b>	
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>FOREWORD</b> .....	v
<b>TABLE OF CONTENT</b> .....	vii
<b>LIST OF FIGURES</b> .....	xi
<b>LIST OF TABLES</b> .....	xv
<b>CHAPTER I – PREFACE</b>	1
1.1 Background .....	1
1.2 Systematic of Report Writing .....	3
<b>CHAPTER II – BASIC THEORY</b>	5
2.1 Arcing Fault in Low Voltage .....	5
2.2 Arcflash in Low Voltage Cables .....	6
2.3 Fires due to Electrical Arcing .....	8
2.4 Wavelete Transform .....	9
2.4.1 Definition .....	9
2.4.2 Discrete Wavelete Transform .....	9
2.5 Characteristics Arcing on Resistive Load .....	11
2.6 Detection Method Using Wavelet and LabView .....	12
<b>CHAPTER III – DESIGN OF EXPERIMENTAL DEVICE, RETRIEVAL AND PROCESSING DATA</b>	13
3.1 The Design of Experimental Device .....	13
3.1.1 1000 Watt Light Load .....	14
3.1.2 Acrylic Arc Chamber .....	16
3.1.3 Conductor Cables Fibers NYMHY 2x1,5mm <sup>2</sup> .....	16
3.1.4 Current Tranformator (CT) .....	16
3.1.5 Automatic Fuse .....	17
3.1.6 Miniature Circuit Breaker (MCB) .....	17
3.1.7 Current Recorder NI 9246 .....	18
3.1.8 Software LabView .....	18

3.2 Data Retrieval .....	20
3.3 Processing Data .....	23
3.3.1 DIAdem .....	23
3.3.2 Camtasia Studio Versi 8 .....	25
3.3.3 Stockplot Ms. Excel 2013 Version .....	26
<b>CHAPTER IV – RESULT AND DATA ANALYSIS</b> .....	<b>29</b>
4.1 Normal Conditions, Switching and Arcing on Low Voltage Mechanisms .....	29
4.1.1 Data Synchronization .....	30
4.2 Experimental Scheme of Current Characteristics Normal Condition, Switching and Arcing Low Voltage .....	31
4.3 Pure Graph Signal Normal condition, Switching and Arcing.....	32
4.3.1 Original Signal of Normal Conditions .....	32
4.2.2 Original Signal of Switching Conditions .....	32
4.2.3 Original Signal of Arcing Conditions .....	32
4.4 Data Analysis of Characteristics Normal and Switching Low Voltage Conditions.....	33
4.4.1 Data Processing with DWT .....	33
4.4.2 Comparison of Maximum Current and Arcing Inception Level in Normal and Switching Conditions .....	34
4.4.3 Analysis of Detection Normal Conditions on Arcing Detection Program .....	37
4.4.4 Analysis of Probability and Data Distribution...	41
4.4.5 Analysis of Detection Switching Conditions on Arcing Detection Program .....	43
4.4.6 Analysis of Probability and Data Distribution ...	46
4.5 Data Analysis of Characteristics Arcflash on Low Voltage Short-circuit Direct .....	48
4.5.1 Data Processing with DWT.....	48
4.5.2 Maximum Current and Number of Arcing Inception Level .....	49
4.5.3 Analysis of Detection Arcflash Conditions on Arcing Detection Program.....	51
4.5.4 Analysis of Probability and Data Distribution...	54
4.5.5 Accuration of Detection Program at Overall Experiment .....	56

<b>CHAPTER V - CLOSING</b>	
5.1 Conclusion .....	57
5.2 Advice .....	58
<b>BIBLIOGRAPHY</b> .....	59
<b>BIOGRAPHY</b> .....	61

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Busur api listrik akibat hubung singkat langsung pada kabel..... 5
Gambar 2.2	Kabel listrik yang mengalami kerusakan isolasi akibat pemanasan..... 6
Gambar 2.3	Kabel listrik yang mengalami kerusakan isolasi akibat gigitan tikus..... 7
Gambar 2.4	Ilustrasi penggunaan stopkontak dan instalasi listrik yang tidak rapi ..... 8
Gambar 2.5	Instalasi yang rumit pemicu kebakaran mudah muncul saat terjadi hubung singkat ..... 8
Gambar 2.6	Kebakaran yang muncul karena instalasi listrik yang tidak baik..... 9
Gambar 2.7	Diagram komposisi DWT ..... 10
Gambar 2.8	Karakteristik arus busur api listrik seri pada beban resistif ..... 12
Gambar 3.1	Skema alat eksperimen busur api listrik pada tegangan rendah ..... 13
Gambar 3.2	Alat eksperimen busur api listrik pada tegangan rendah..... 14
Gambar 3.3	Rangkaian eksperimen kondisi normal dengan beban 10 Lampu ..... 15
Gambar 3.4	Rangkaian eksperimen kondisi penambahan beban sebesar 1 lampu ..... 15
Gambar 3.5	Tampilan Block diagram pada visual instrument LabView ..... 19
Gambar 3.6	Tampilan Labview program deteksi dan monitoring arcing ..... 20
Gambar 3.7	Serabut 1 yang digunakan dalam eksperimen ..... 21
Gambar 3.8	Serabut 3 yang digunakan dalam eksperimen..... 21
Gambar 3.9	Serabut 6 yang digunakan dalam eksperimen..... 21
Gambar 3.10	Serabut 12 yang digunakan dalam eksperimen..... 22
Gambar 3.11	Serabut 24 yang digunakan dalam eksperimen..... 22
Gambar 3.12	Skema hubung singkat menggunakan motor DC.... 22
Gambar 3.13	Tampilan grafik pengolahan sinyal pada software DIAdem toolbar view ..... 24

Gambar 3.14	Tampilan grafik pengolahan sinyal pada software DIAdem toolbar report.....	25
Gambar 3.15	<i>User interface</i> perekam aktivitas dekstop program deteksi arcing.....	26
Gambar 4.1	Mekanisme terjadinya busur ap listrik di tegangan rendah .....	30
Gambar 4.2	Grafik sinyal asli kondisi normal .....	32
Gambar 4.3	Grafik sinyal asli kondisi <i>switching</i> .....	32
Gambar 4.4	Grafik sinyal asli kondisi <i>arcing</i> .....	32
Gambar 4.5	Hasil transformasi wavelet pada eksperimen kondisi normal 1 lampu .....	33
Gambar 4.6	Tampilan eksperimen kondisi normal 10 Lampu dalam program pendeteksian arcing tegangan rendah .....	38
Gambar 4.7	Grafik kondisi normal 1 lampu .....	39
Gambar 4.8	Grafik kondisi normal 2 lampu .....	39
Gambar 4.9	Grafik kondisi normal 3 lampu .....	39
Gambar 4.10	Grafik kondisi normal 4 lampu .....	39
Gambar 4.11	Grafik kondisi normal 5 lampu .....	39
Gambar 4.12	Grafik kondisi normal 6 lampu .....	40
Gambar 4.13	Grafik kondisi normal 7 lampu .....	40
Gambar 4.14	Grafik kondisi normal 8 lampu .....	40
Gambar 4.15	Grafik kondisi normal 9 lampu .....	40
Gambar 4.16	Grafik kondisi normal 10 lampu .....	40
Gambar 4.17	Persebaran Arus Maksimum Pada Eksperimen Kondisi Normal .....	41
Gambar 4.18	Persebaran jumlah titik > threshold arus pada eksperimen kondisi normal .....	42
Gambar 4.19	Tampilan eksperimen kondisi <i>switching</i> 2 Lampu dalam program pendeteksian arcing tegangan rendah.....	44
Gambar 4.20	Grafik <i>Switching</i> 1 Lampu .....	45
Gambar 4.21	Grafik <i>Switching</i> 2 Lampu .....	45
Gambar 4.22	Grafik <i>Switching</i> 3 Lampu .....	45
Gambar 4.23	Grafik <i>Switching</i> 4 Lampu .....	45
Gambar 4.24	Grafik <i>Switching</i> 5 Lampu .....	45
Gambar 4.25	Grafik <i>Switching</i> 6 Lampu .....	45
Gambar 4.26	Grafik <i>Switching</i> 7 Lampu .....	45
Gambar 4.27	Grafik <i>Switching</i> 8 Lampu .....	45

Gambar 4.28	Grafik <i>Switching</i> 9 Lampu .....	45
Gambar 4.29	Grafik <i>Switching</i> 10 Lampu .....	45
Gambar 4.30	Persebaran Arus Maksimum Pada Eksperimen Penambahan Beban ( <i>switching</i> ) menggunakan stockplot .....	46
Gambar 4.31	Persebaran jumlah titik > threshold arus pada eksperimen kondisi <i>switching</i> menggunakan stockplot .....	47
Gambar 4.32	Hasil transformasi wavelet pada eksperimen kondisi arcing 12 Serabut .....	49
Gambar 4.33	Tampilan eksperimen kondisi arcing 12 serabut dalam program pendeteksian arcing tegangan rendah .....	52
Gambar 4.34	Grafik <i>Arcing</i> 1 Serabut .....	53
Gambar 4.35	Grafik <i>Arcing</i> 3 Serabut .....	53
Gambar 4.36	Grafik <i>Arcing</i> 6 Serabut .....	53
Gambar 4.37	Grafik <i>Arcing</i> 12 Serabut .....	53
Gambar 4.38	Grafik <i>Arcing</i> 24 Serabut .....	53
Gambar 4.39	Persebaran Arus Maksimum Pada Eksperimen Hubung singkat ( <i>arcing</i> ) menggunakan stockplot...	54
Gambar 4.40	Persebaran jumlah titik > threshold arus pada eksperimen kondisi <i>switching</i> menggunakan stockplot .....	55

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Spesifikasi CT .....	17
Tabel 3.2 Spesifikasi NI 9246 .....	18
Tabel 4.1 Deskripsi Percobaan .....	31
Tabel 4.2 Perbandingan arus HF maksimum dan Titik Gangguan Eksperimen Normal dan <i>Switching</i> .....	33
Tabel 4.3 Data arus HF maksimum dan Jumlah Titik Gangguan Eksperimen Arcing .....	49
Tabel 4.4 Tingkat Akurasi Program Deteksi .....	56

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Listrik dalam kehidupan sehari-hari menjadi kebutuhan yang sangat penting dan utama bagi setiap masyarakat. Pengguna energi listrik di Indonesia meningkat tiap tahunnya, hal ini dapat dilihat dari meningkatnya rasio elektrifikasi yang ada di Indonesia, khususnya pelanggan rumah tangga di pemukiman padat penduduk. Hal ini menyebabkan setiap wilayah di Indonesia memiliki rasio elektrifikasi yang terus meningkat setiap tahunnya. Menurut data Perusahaan Listrik Negara (PLN) tentang rasio elektrifikasi di Indonesia mencapai 63,5% pada tahun 2011, kemudian setiap tahunnya bertambah 4-5% sehingga pada tahun 2013 rasio elektrifikasi menjadi 84,0%. Permintaan listrik yang semakin besar berbanding lurus dengan penyedia jasa listrik serta instalasi listrik pada pemukiman, hal ini ditunjukkan melalui data statistik Perusahaan Listrik Negara (PLN), bahwa pada tahun 2011 penjualan serta permintaan pemasangan tenaga listrik di sektor pelanggan rumah tangga meningkat sebesar 9%. Namun seiring dengan bertambahnya permintaan listrik pada pemukiman tidak diimbangi dengan instalasi yang baik, sehingga ada banyak masalah yang timbul dikemudian hari seperti korsleting listrik dan kebakaran.

Salah satu masalah yang ditimbulkan akibat instalasi listrik yang kurang baik adalah korsleting listrik dan memicu kebakaran. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana dari akhir tahun 2011 hingga pertengahan tahun 2015 ada 979 kasus kebakaran yang ada di Indonesia dengan 431 yang disebabkan oleh korsleting listrik. Kebakaran yang terjadi sangat merugikan banyak pihak terutama pemukiman atau objek dimana kebakaran tersebut terjadi. Kebakaran karena korsleting listrik disebabkan oleh arcflash atau busur api yang timbul saat hubung singkat.

Kasus - kasus kebakaran terjadi karena ketidakmampuan peralatan proteksi atau pengamanan pada level tegangan rendah untuk mendeteksi dan mengatasi gangguan hubung singkat, sehingga timbul *arcflash* atau busur api yang akan menyebabkan kebakaran. Gangguan hubung singkat pada tegangan menengah atau tegangan tinggi biasanya dapat dideteksi oleh rele arus lebih karena arusnya yang sangat besar dibanding *overload*, namun hal ini hanya berlaku jika gangguan bersifat terus menerus (*continue*). Namun untuk gangguan hubung singkat pada tegangan rendah tidak dapat terdeteksi karena karakteristiknya yang berbeda dibanding

*short circuit* di level tegangan lain. Hal inilah yang menyebabkan busur api tidak dapat diatasi dan menyebabkan kebakaran.

Dari permasalahan tersebut, pada Tugas Akhir ini akan dibahas permasalahan untuk melihat perbandingan arus pada kondisi normal, kondisi *switching* (penambahan beban), dan pada kondisi terjadi *arcingsfault* (gangguan). Pengambilan data arus dilakukan pada 3 kondisi rangkaian yaitu kondisi normal, *switching* dan hubung singkat. Selain itu data arus pada fenomena *arcing* dilakukan secara bervariasi pada berbagai kondisi serabut. Pendeteksian arc pada tugas akhir ini dilakukan untuk membandingkan ketiga kondisi tersebut menggunakan software LabView secara online. Kondisi normal dan kondisi *switching* menjadi kondisi acuan yang selanjutnya akan dibandingkan dengan kondisi saat terjadi *arcing*. Hasil yang ditampilkan pada software ini adalah arus yang muncul dalam sebuah rangkaian selama periode tertentu serta indikator perubahan dari ketiga kondisi tersebut.

Permasalahan yang akan dibahas dalam eksperimen ini yaitu bagaimana perbandingan arus saat kondisi normal, *switching* dan *arcing*, melihat bagaimana pengaruh jumlah lampu saat beban normal, pengaruh jumlah penambahan lampu dan pengaruh serabut saat eksperimen hubung-singkat serta bagaimana memodelkan dan membandingkan sinyal saat arus normal dan arus saat hubung singkat menggunakan software LabView. Parameter yang digunakan adalah arus saat terjadi ketiga kondisi tersebut, jumlah titik yang ada diatas batas (*threshold*) serta lama waktu (durasi) terjadinya ketiga kondisi tersebut.

Dalam menyelesaikan permasalahan pada eksperimen ini diperlukan batasan permasalahan. Sistem tegangan rendah dengan tegangan jala-jala dari PLN 220V. Pengambilan data serta pengolahan data berupa arus yang terekam serta jumlah titik yang ada diatas *threshold*.

Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mendeteksi dan memonitoring arus *arcing* dalam durasi yang singkat dan membandingkan dengan kondisi normal secara langsung. Dari karakteristik ini, dapat dianalisa bagaimana perbandingan ketiga kondisi fenomena ini.

Dalam eksperimen ini, diperlukan metode penelitian yang tepat agar pelaksanaan eksperimen sesuai dengan perencanaan. Metode penelitian pada eksperimen ini meliputi studi literatur, persiapan, pengambilan data, pengolahan data, dan penarikan kesimpulan.

Dalam studi literatur, dilakukan beberapa kegiatan diantaranya adalah pengumpulan referensi yang dapat berupa buku maupun jurnal

untuk mencari definisi, pengertian serta tulisan yang mendukung dan berhubungan dengan eksperimen ini. Terdapat beberapa kata kunci yang penting dalam eksperimen ini, diantaranya adalah fenomena *arcflash*, *wavelet transform*, arus hubung singkat, *switching*, metode akuisisi data serta *software* LabView. Dari literatur-literatur yang didapat ini, nantinya diambil sebagian isinya sebagai pendukung dalam eksperimen ini. Setelah pengumpulan data serta literatur yang mendukung, selanjutnya adalah persiapan dan perencanaan alat eksperimen. Alat yang harus disiapkan dalam eksperimen ini adalah peralatan yang dapat mensimulasikan hubung singkat menggunakan kabel serabut NYMHY 1,5 mm<sup>2</sup>. Peralatan pengambilan data seperti NI 9246 serta *software* LabView yang digunakan untuk pengolahan data.

Pengambilan data ini bertujuan untuk pengolahan data pada eksperimen serta menampilkan pada Labview. Metode pengambilan data menggunakan NI 9246 yang merupakan data akuisisi untuk merekam arus yang muncul pada alat eksperimen. Pengujian pengambilan data akan dilakukan dengan variabel beban, penambahan beban serta variasi jumlah serabut pada kabel NYMHY 2x1,5 mm<sup>2</sup>.

Pengolahan data dalam penulisan eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arus yang terjadi pada ketiga kondisi yang akan diamati. Data arus ini akan ditampilkan pada LabView kemudian data juga diolah dan dibandingkan dengan *user interface* yang ada pada LabView, sehingga didapatkan kecocokan grafik dan data antara *online monitoring* dengan data yang diolah pada *Diadem*.

Kesimpulan yang dapat diambil adalah bagaimana pengaruh jumlah lampu dalam beban normal, pengaruh penambahan jumlah beban (lampu) pada kondisi *switching* serta pengaruh jumlah serabut dalam percobaan hubung-singkat serta bagaimana karakteristik arus saat kondisi normal, *switching* dan *arcing* sehingga dapat dideteksi secara *online*.

## 1.2 Sistematika Laporan

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

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

Bab kedua akan membahas tentang teori yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu kabel tegangan rendah, fenomena *arcflash*, transformasi *wavelet* dan *software* LabView.

Bab ketiga akan dibahas mengenai metodologi yang digunakan dalam pengerjaan studi ini. Antara lain, perancangan alat, metode pengambilan data, metode pengolahan data dan metode penampilan data.

Bab keempat akan memaparkan hasil percobaan yang telah dilakukan dan menganalisis hasil percobaan tersebut sehingga dapat diketahui bagaimana karakteristik arus yang dapat dideteksi secara *online* oleh LabView.

Bab kelima berisi kesimpulan dari hasil analisa data yang didapat dari percobaan dan saran dari studi yang telah dilakukan.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Arcing Fault di Tegangan Rendah

Listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan untuk menunjang aktifitas dan kegiatan sehari-hari. Penggunaan energi listrik juga harus didukung oleh peralatan pengaman seperti MCB (Miniatur Circuit Breaker) dan fuse yang bertujuan untuk meningkatkan tingkat keamanan instalasi listrik dari bahaya atau resiko *overload*, *short-circuit*, dan arus bocor. Peralatan – peralatan pengaman mendeteksi terjadinya gangguan (*overload* dan *short-circuit*) dengan membandingkan perbedaan arus yang diukur pada konduktor fasa dan konduktor netral dengan sebuah nilai sebagai batas trip.

*Arcing fault* yaitu percikan api atau busur api pada sistem tenaga listrik yang terjadi ketika dua permukaan konduktor mendekat secara bersamaan dan bersentuhan. Fenomena ini dinamakan hubung-singkat, dan terjadi lompatan arus melewati sela antara kedua kabel konduktor karena nilai tegangan yang cukup. Percikan inilah yang kemudian mengionisasi udara di sekitar, sehingga udara di sekitar menjadi konduktif dan membentuk *arc* atau busur api [1].



**Gambar 2.1** Busur api listrik akibat hubung singkat langsung pada kabel (sumber: <http://www.engineersjournal.ie/>)

Menurut NFPA [2], *Arcflash* merupakan fenomena pelepasan energi yang berbentuk panas dan cahaya dari proses ionisasi (perbanyakkan elektron) yang terjadi di udara dari sebuah bahan atau material. Beberapa hasil ionisasi sebuah konduktor yaitu plasma yang merupakan produk *arcflash*. Selain itu, bahaya yang timbul dari *arcflash* adalah luka bakar jika terkena kulit, jika lelehan logam yang menyebar akibat *arcflash* menyentuh bahan-bahan yang mudah terbakar seperti kain, tekstil maka akan memicu timbulnya kebakaran, dampak lainnya apabila terpapar zat eksplosif akan timbul ledakan.

## 2.2 Busur Api Listrik pada Kabel Tegangan Rendah

Busur api disebabkan oleh 2 konduktor yang memiliki beda potensial dan saling bersentuhan yang kemudian menyebabkan kegagalan isolasi. Apabila isolasi yang melindungi suatu bagian konduktor bertegangan rusak sehingga bagian tersebut menyentuh bagian konduktor lain dengan potensial yang berbeda dapat menyebabkan terjadinya *arc flash* [3]. Kegagalan isolasi terjadi karena gangguan, yaitu berupa gangguan internal maupun gangguan eksternal. Gangguan internal yaitu gangguan yang berasal dari dalam bahan isolasi itu sendiri. Penuaan (*aging*) yang berkaitan dengan umur kabel serta bahan isolasi yang mudah rapuh dan mudah rusak menjadi salah satu gangguan internal. Sedangkan, gangguan eksternal seperti gigitan hewan pengerat (tikus). Kedua faktor gangguan ini menyebabkan kegagalan isolasi sehingga arus (fasa) dapat keluar dari isolatornya dan terjadi hubung singkat dengan kabel didalamnya atau dengan konduktor lain (netral).



**Gambar 2.2** Kabel listrik yang mengalami kerusakan isolasi akibat pemanasan (sumber: <http://www.news.tridinamika.com/>)

Pada level tegangan rendah, secara umum terdapat 2 jenis kabel yang digunakan dalam instalasi yaitu kabel konduktor tunggal dan kabel konduktor serabut. Kabel konduktor serabut lebih sering digunakan karena pertimbangan harga yang lebih murah dibandingkan dengan kabel konduktor tunggal, namun kabel konduktor serabut memiliki beberapa kekurangan dibanding kabel konduktor tunggal yaitu tahanan impedansi yang kecil dan kemampuan isolasi yang kurang baik. Kabel jenis serabut juga tidak dapat menahan panas akibat arus besar yang lewat sehingga menimbulkan *arc* dan membakar isolasi.



**Gambar 2.3** Kabel listrik yang mengalami kerusakan isolasi akibat gigitan tikus (sumber: <http://1.bp.blogspot.com/>)

Kabel konduktor serabut tegangan rendah yang digunakan memiliki ukuran diameter yang bermacam-macam yaitu  $0,75 \text{ mm}^2$ ,  $1,5 \text{ mm}^2$ ,  $2,5 \text{ mm}^2$  dan lain sebagainya. Setiap ukuran diameter kabel memiliki ketahanan arus yang berbeda beda, ini disebabkan karena nilai impedansi saluran dipengaruhi oleh jenis inti dan diameter inti kabel yang digunakan [4]. Arus yang dimaksud adalah arus nominal beban yang dapat lewat dan ditanggung oleh kabel tersebut. Kabel serabut dengan diameter penampang  $1,5 \text{ mm}^2$  merupakan kabel yang umum digunakan pada jaringan instalasi tegangan rendah  $220\text{V}/380\text{V}$ . Kemampuan arus nominal yang dapat ditanggung oleh kabel dengan diameter penampang ini adalah 10 A. Sehingga saat terjadi peristiwa hubung singkat atau *arcflash*, maka arus yang melewati kabel sangat tinggi. Hal ini dapat menyebabkan kabel panas, isolasi kabel meleleh atau konduktor di dalam kabel meleleh dan menyebabkan *arc* serta berujung kebakaran.

### 2.3 Kebakaran Karena Busur Api Listrik

Hubung singkat yang sering secara redaksional dijadikan sebagai salah satu penyebab kebakaran yang sering timbul di Indonesia sering kali disebut sebagai hubungan arus pendek. Fenomena *arcflash* memegang peran penting saat terjadi kebakaran. Peralatan-peralatan pengaman konvensional seperti MCB (Miniatur Circuit Breaker) dan fuse tidak dapat mendeteksi arus yang sangat tinggi dan melakukan trip sesuai ekspektasi. Hal ini disebabkan karena durasi terjadinya hubung singkat sangat cepat sehingga tidak dapat dideteksi oleh peralatan pengaman konvensional seperti MCB atau fuse [5-7].



**Gambar 2.4** Ilustrasi penggunaan stopkontak dan instalasi listrik yang tidak rapi. (sumber : <http://static.kvlvtzine.com/>)



**Gambar 2.5** Instalasi yang rumit pemicu kebakaran mudah muncul saat terjadi hubung singkat. (Sumber : <http://3.bp.blogspot.com/>)

Dalam kurun waktu 2011 sampai dengan 2015, lebih dari 65% kasus kebakaran terjadi karena adanya hubung singkat listrik yang diikuti dengan peristiwa busur api listrik [8]. Secara umum, penyebab kebakaran

berasal dari instalasi listrik pada pemukiman atau pasar dengan tegangan rendah 220V/380V yang tidak tertata dengan rapi, instalasi rumit dan sambungan antar kabel yang kurang rapat menjadi faktor yang memicu terjadinya kebakaran setelah fenomena hubung-singkat dan *arcflash* terjadi.



**Gambar 2.6** Kebakaran karena instalasi listrik yang tidak baik. (Sumber : <http://4.bp.blogspot.com/>)

## **2.4 Transformasi Wavelet**

### **2.4.1. Pengertian**

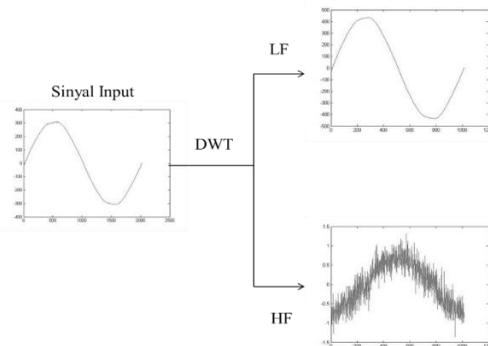
Transformasi wavelet merupakan konsep baru yang dikembangkan dalam memproses sebuah sinyal. Transformasi wavelet dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu transformasi wavelet kontinu (TWK) dan transformasi wavelet diskrit (TWD). Transformasi fourier sebenarnya masih memegang peran penting dalam transformasi sinyal yang paling umum dan populer pada pemrosesan sinyal digital. Transformasi Fourier memberitahu kita informasi frekuensi dari sebuah sinyal, tapi tidak informasi waktu (kita tidak dapat tahu di mana frekuensi itu terjadi). Karena itulah transformasi Fourier hanya cocok untuk sinyal stationari (sinyal yang informasi frekuensinya tidak berubah menurut waktu). Untuk menganalisa sinyal yang frekuensinya bervariasi di dalam waktu, diperlukan suatu transformasi yang dapat memberikan resolusi frekuensi dan waktu disaat yang bersamaan, biasa disebut analisis multi resolusi (AMR).

### 2.4.1. Discrete Wavelet Transform

Sinyal gelombang input pada metode *discrete wavelet transform* (DWT) dipisahkan (didekomposisikan) menjadi dua sinyal. Yaitu, bagian frekuensi rendah (low frequency) yang disebut aproksimasi dan bagian frekuensi tinggi (high frequency) yang dinamakan detail. Dalam penggunaan suatu mother wavelet, DWT melakukan analisis detail melalui bagian frekuensi tinggi dari mother wavelet tersebut. Sedangkan analisis aproksimasi dilakukan melalui bagian frekuensi rendah dari mother wavelet. Sebuah sinyal A akan didekomposisi menjadi 2 sinyal yaitu sinyal A j+1 yang merupakan sinyal pendekatan dan sinyal D j+1 yang merupakan sinyal detail [9]. Sinyal pendekatan tersebut dihasilkan melalui filter low-frequency sedangkan untuk menghasilkan detail, sinyal input masuk ke filter high-frequency. Setelah sinyal input diolah dan didekomposisi maka dihasilkan sinyal baru yang mengandung karakter dari lebar frekuensi yang berbeda dalam domain waktu. Ini sangat memungkinkan untuk mendeteksi dan membedakan antara arus gangguan dan arus normal pada setiap frekuensi. Untuk rangkaian masukan  $x(n)$  dan sebagai koefisien filter  $h(n)$ , maka rangkaian keluaran  $y(n)$  dapat dinyatakan sebagai:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) x(n - k) \quad (1)$$

Persamaan (1) diatas merupakan bagaimana sebuah sinyal masukan yang kemudian ditransformasikan menggunakan *discrete wavelet transform* sehingga menghasilkan koefisien DWT



**Gambar 2.7.** Diagram komposisi DWT

Penggunaan wavelet sangat baik untuk melakukan pendeteksian arus gangguan atau arcfault, karena dengan frekuensi yang tinggi ada beberapa bagian dari sinyal yang tidak sinusoidal. Sehingga dapat dibedakan antara arus arc dengan arus normal pada frekuensi masing-masing dan dalam domain waktu.

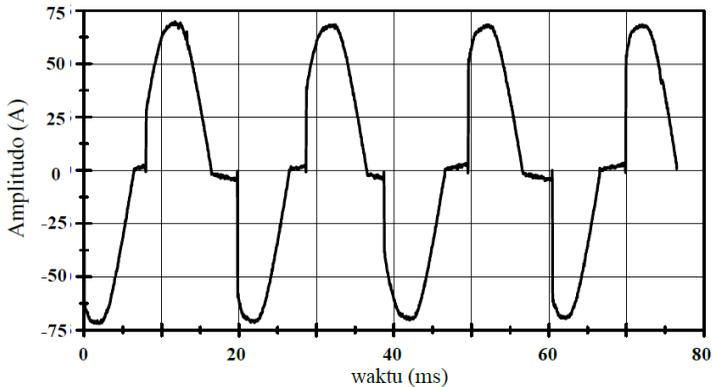
Pada Tugas Akhir ini menggunakan Transformasi *Discrete Wavelet* yang selanjutnya disebut sebagai Arus *High Frequency* akan digunakan sebagai sinyal untuk melakukan pendeteksian. Arus akan ditransformasikan ke dalam bentuk *wavelet* sehingga akan menghasilkan koefisien dengan pola tertentu. Lalu koefisien tersebut divariasikan menjadi beberapa variabel. Variabel-variabel tersebut yang akan dijadikan parameter pendeteksian gangguan, yaitu dengan membandingkan kondisi normal dengan kondisi *switching* dan kondisi gangguan *arc*.

## 2.5 Karakteristik Busur Api Listrik pada Beban Resistif

Karakteristik busur api listrik pada beban resistif telah diteliti sebelumnya. Karakteristik tersebut meliputi arus, tegangan, energi dan durasi.

Beberapa karakteristik umum arus busur api listrik pada beban resistif yang telah diidentifikasi antara lain [10]:

1. Di setiap setengah cycle, arus *arc* akan bernilai mendekati nol atau padam sebelum terjadi gangguan dan naik kembali setelah melewati titik nol.
2. Laju kenaikan dan puncak dari arus *arc* biasanya selalu lebih besar dibanding arus beban normal.
3. Busur api listrik bukanlah fenomena dengan bentuk gelombang stasioner, sehingga segmen arusnya dapat berdampingan dengan segmen aliran arus normal.
4. Muncul *noise* frekuensi tinggi pada arus busur api listrik ( dari 10kHz sampai dengan 1GHz).
5. Banyak metode pendeteksian *arc* yang digunakan berbasis monitoring arus, dengan mengidentifikasi karakteristik yang berbeda dari *arc fault*.
6. Salah satu metodenya yaitu menggunakan komponen *High-frequency* (dari 10 kilohertz hingga 1 GHz), dengan menganalisis karakteristik yang signifikan seperti arus maksimum (*peaks*) dan laju kenaikan dari arus tersebut.



**Gambar 2.8** Karakteristik arus busur api listrik seri pada beban resistif.

## 2.6. Metode Pendeteksian Menggunakan *Wavelet* dan LabView

Sinyal yang telah diolah dan didekomposisikan menjadi *High Frequency* pada transformasi *discrete wavelet transform* akan digunakan sebagai sinyal utama yang diolah dan ditampilkan pada *user interface* pada LabView. Selanjutnya pembuatan program pada LabView dibuat sedemikian rupa dengan menggunakan beberapa logika dan algoritma. Pada metode pendeteksian ini, menggunakan 3 indikator yang digunakan yaitu indikator keadaan “normal”, “*switching*”, “*arcing*”. Algoritma dasar yang digunakan adalah sebagai berikut.

- *Threshold* arus yang digunakan adalah 2 A. (*Threshold* pertama)
- Jumlah titik yang melewati *Threshold* arus harus sebanyak 7 titik. (*Threshold* kedua).

Dari kedua *threshold* diatas, dapat dijadikan 3 pendeteksian, yaitu ketika *threshold* pertama dan kedua tidak terpenuhi maka indikator keadaan normal “ON” dan 2 indikator lain akan “OFF”. Jika *threshold* pertama terpenuhi namun *threshold* kedua tidak terpenuhi maka indikator *switching* “ON” dan 2 indikator lain akan “OFF”. Jika kedua *threshold* terpenuhi maka indikator gangguan/*arcing* akan “ON” dan 2 indikator lain akan “OFF”.

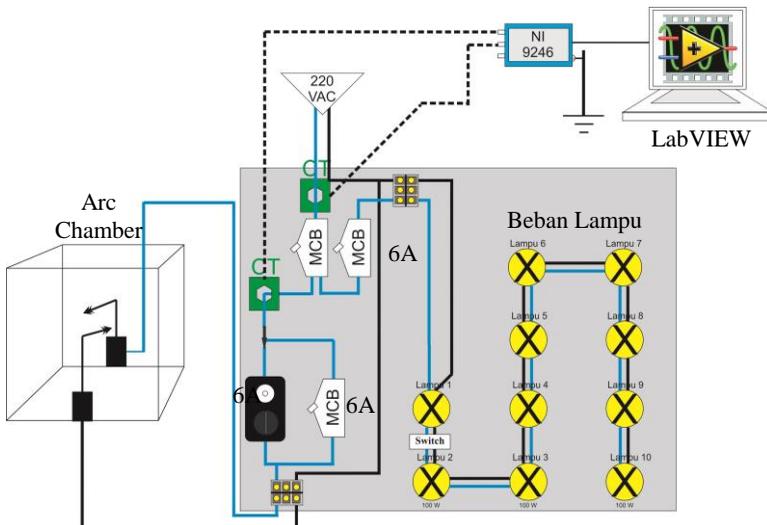
# BAB III

## PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

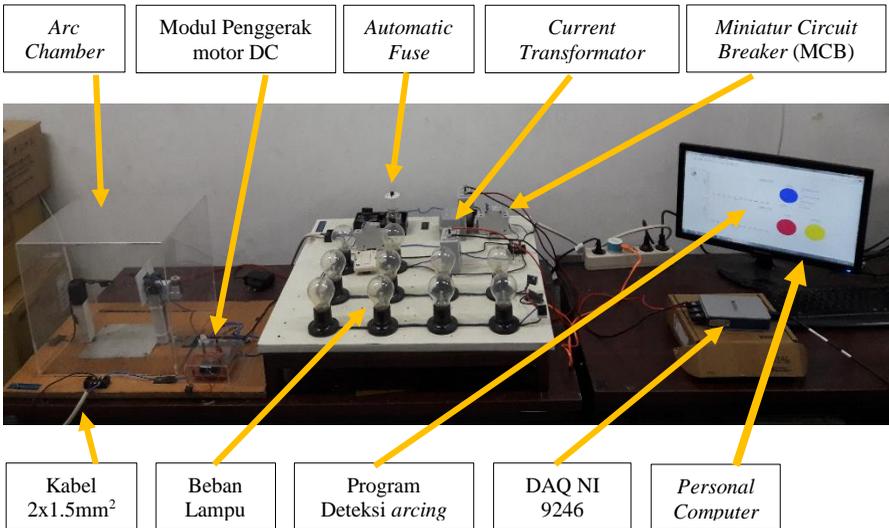
Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan alat, pengambilan data dan pengolahan data eksperimen busur api listrik pada tegangan rendah.

### 3.1 Perancangan Alat Eksperimen

Perancangan alat eksperimen ini bertujuan untuk mensimulasikan serta memodelkan fenomena 3 kondisi yang umum terjadi pada penggunaan listrik tegangan rendah, yaitu kondisi beban normal, kondisi penambahan beban *switching* serta kondisi gangguan *arcing*. Skema rangkaian ditunjukkan oleh Gambar 3.1 dan alat eksperimen ditunjukkan Gambar 3.2.



**Gambar 3.1** Skema alat eksperimen busur api listrik pada tegangan rendah



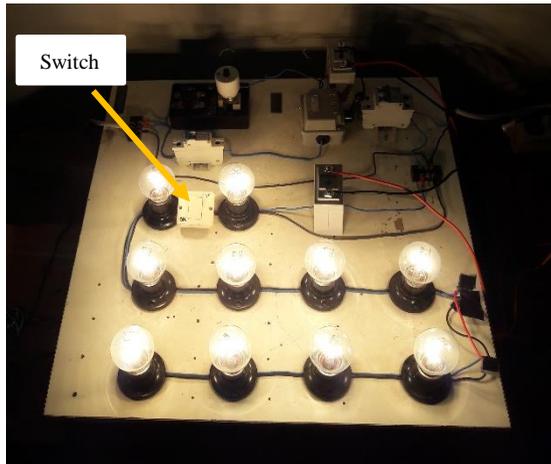
**Gambar 3.2** Alat eksperimen busur api listrik pada tegangan rendah

Alat eksperimen untuk mensimulasikan dan memodelkan 3 kondisi tersebut terdiri dari *hardware* dan *software*. *Hardware* yang digunakan adalah lampu 100 Watt sebanyak 10 buah, *Current Transformator* (CT) sebanyak 2 buah dengan rasio 200/5, sekering otomatis (*fuse*) 6A, *fusebox*, kabel konduktor serabut 1 fasa dengan ukuran penampang 1,5 mm<sup>2</sup> (kabel NYMHY 2x1,5mm<sup>2</sup>), *miniatur circuit breaker* (MCB), *chamber arkilik*, saklar *switching*, NI 9246 sebagai perangkat perekam arus. Sedangkan *software* yang digunakan untuk mendukung eksperimen ini adalah LabView. LabView digunakan sebagai *human interface* tampilan pengambilan data, monitoring serta mendeteksi 3 kondisi yang muncul saat eksperimen (normal,*switching*,*arcing*).

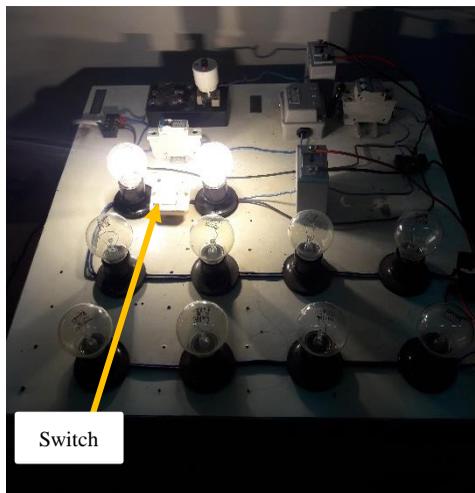
### 3.1.1 Beban Lampu 100 Watt sebanyak 10 Buah

Alat eksperimen pengambilan data busur api listrik dengan beban resistif yaitu bola lampu 100 Watt sebanyak 10 lampu yang disusun secara seri antar lampu serta *switch* yang diletakkan antara lampu pertama dan lampu kedua. Beban lampu tersebut nantinya akan digunakan sebagai eksperimen pengambilan data beban normal serta eksperimen penambahan beban *switching* dengan jumlah lampu yang bervariasi. Pada

keadaan normal dipilih 10 lampu dengan beban total 1000 Watt, karena eksperimen dibuat *natural* mendekati kondisi pada pemukiman dan pasar yang rata rata menggunakan daya 900 VA dan 1300 VA.



**Gambar 3.3.** Rangkaian eksperimen kondisi normal dengan beban 10 Lampu



**Gambar 3.4.** Rangkaian eksperimen kondisi penambahan beban sebesar 1 lampu

### **3.1.2 Arc Chamber Akrilik**

*Arc Chamber* digunakan sebagai penunjang eksperimen busur api listrik, dengan tujuan agar saat eksperimen *spark* atau loncatan busur api tidak menyebar ke arah yang tidak diinginkan dan beresiko menyentuh kabel serta peralatan yang ada disekitar *chamber* yang beresiko menyebabkan kebakaran. *Arc Chamber* yang digunakan terbuat dari bahan akrilik yang dapat menyerap panas berlebih sehingga saat eksperimen busur api listrik, *chamber* tidak panas dan *spark* tidak menyebar. Dimensi dari *chamber* yang digunakan berukuran lebar 15 cm, tinggi 20 cm serta panjang 30 cm serta tebal 2 mm.

### **3.1.3 Kabel Konduktor Serabut NYMHY 2x1,5mm<sup>2</sup>**

Kabel merupakan salah satu komponen penting dalam instalasi listrik pada tegangan rendah, yang berguna untuk mengalirkan arus dari sumber ke beban. Kabel pada tegangan rendah sangat riskan terhadap bahaya hubung singkat yang disebabkan oleh kerusakan isolasi atau gigitan binatang pengerat (tikus). Pada eksperimen ini, kabel merupakan komponen penting yang diamati dalam percobaan. Pada tugas akhir ini, akan dilakukan eksperimen terhadap kabel NYMHY 2x1,5mm<sup>2</sup> yang merupakan kabel konduktor serabut 1 fasa dengan luas penampang 1,5 mm<sup>2</sup>. Panjang kabel yang digunakan pada eksperimen ini kurang lebih adalah 12 meter dengan tujuan untuk mengurangi panas yang timbul saat simulasi hubung-singkat dilakukan. Pemilihan kabel tersebut dilakukan karena penggunaan kabel NYMHY 1,5mm<sup>2</sup> banyak dan umum digunakan pada instalasi pasar maupun pemukiman. Nominal arus yang dapat ditanggung oleh kabel serabut ini secara terus menerus adalah 10 A, sedangkan daya yang terpasang sebesar 900 VA atau 1300 VA.

### **3.1.4 Current Transformator (CT)**

*Current Transformator* (CT) yaitu salah satu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan arus. Penggunaan CT dalam eksperimen ini dibutuhkan pada sisi sekunder yang akan terhubung dengan NI 9246 sebagai data akuisisi. Saat terjadi *switching* (penambahan beban) dan hubung-singkat, lonjakan arus yang muncul cukup tinggi sehingga sebelum masuk ke NI 9246, arus harus diturunkan terlebih dahulu agar tidak merusak peralatan. Spesifikasi CT yang digunakan :

**Tabel 3.1** Spesifikasi CT

Jenis CT	Powell MSQ-30
Rasio CT	200/5
Class CT	1
Burden CT	5
Range Frekuensi	50-60 Hz

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa CT yang digunakan memiliki rasio CT 200/5, artinya jika pada sisi primer bernilai 200 A maka pada sisi sekunder bernilai 5 A. Nilai *class* CT menunjukkan tingkat akurasi yang dimiliki CT, jika Class CT adalah 1 maka tingkat kesalahan sebesar 1%. Burden CT menunjukkan kemampuan CT terhadap sebuah nilai impedansi tertentu. Standar burden CT memiliki nilai 1,5 VA ; 3 VA ; 5 VA.

### **3.1.5 Automatic Fuse (Sekering Otomatis) & Fuse Box**

Kedua komponen ini merupakan komponen pendukung yang berfungsi sebagai alat pengaman dalam eksperimen ini. *Fuse* adalah alat yang dapat memutuskan arus listrik pada saat terjadi hubung singkat (short) atau arus berlebih (over current) pada instalasi listrik. *Fuse* biasanya digunakan pada jaringan sistem distribusi sekunder. *Fuse* melakukan trip apabila terjadi lonjakan arus yang sangat tinggi dalam waktu yang cukup untuk mendeteksi dan melakukan trip. *Fuse* yang digunakan dalam eksperimen ini adalah SNI Bright – G 6A 220V/380V (IEC 60898). Maksudnya adalah *fuse* dapat menahan arus nominal beban sebesar 6A dan diterapkan pada tegangan 220V, sedangkan *fuse box* yang digunakan adalah standar dan umum.

### **3.1.6 Miniature Circuit Breaker (MCB)**

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah peralatan pengaman yang digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut. Pada eksperimen ini, MCB digunakan sebagai pengaman beban lampu yang dimodelkan seperti kondisi pemukiman dan pasar yang banyak menggunakan beban lampu. Pada eksperimen ini, MCB hanya digunakan untuk membatasi arus yang lewat pada beban lampu, sehingga tidak terganggu ketika terjadi hubung singkat.

### 3.1.7 Perekam Arus NI 9246

*National Instrument 9246* merupakan perangkat perekam masukan arus yang memiliki 3 channel masukan, seolah-olah NI 9246 menerima masukan arus 3 fasa dengan maksimal arus 1A atau 5A yang telah diturunkan skala arusnya melalui sebuah *current transformers* (CT).

**Tabel 3.2** Spesifikasi NI 9246

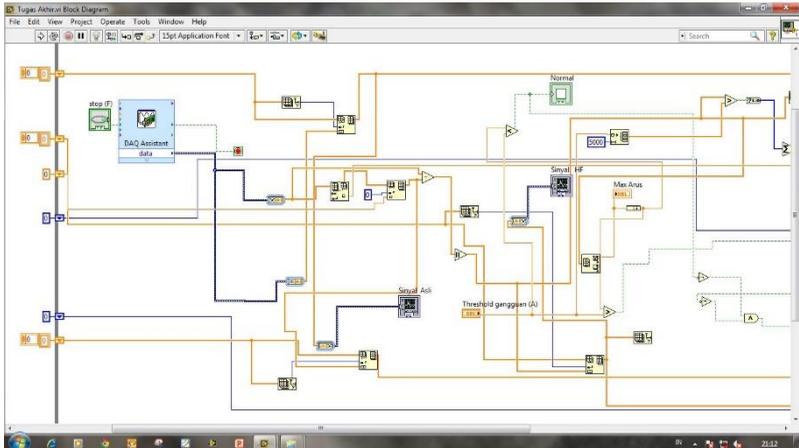
NI 9246	
Sinyal Masukan	<i>Alternating Current</i>
Jumlah Input	3 Channel ( 3 Fasa Arus)
Max sample rate	50k Sample/s (tiap fasa/channel)
Arus Masukan	1A atau 5A nominal dari CT
Suhu Operasi	-40°C sampai 70°C

Perekam arus NI 9246 digunakan sebagai salah satu peralatan utama untuk melakukan eksperimen dan penelitian ini. NI 9246 akan merekam sinyal arus dalam bentuk arus bolak-balik (AC) dari sisi sekunder *current transformer* (CT) yang digunakan. Maksimum input NI 9246 seolah-olah untuk beban 3 fasa karena NI 9246 memiliki 3 channel input dengan kapasitas yang sama. Peralatan ini nantinya menjadi data akuisisi yang kemudian disalurkan ke *personal computer* melalui kabel USB.

### 3.1.8 Software LabVIEW

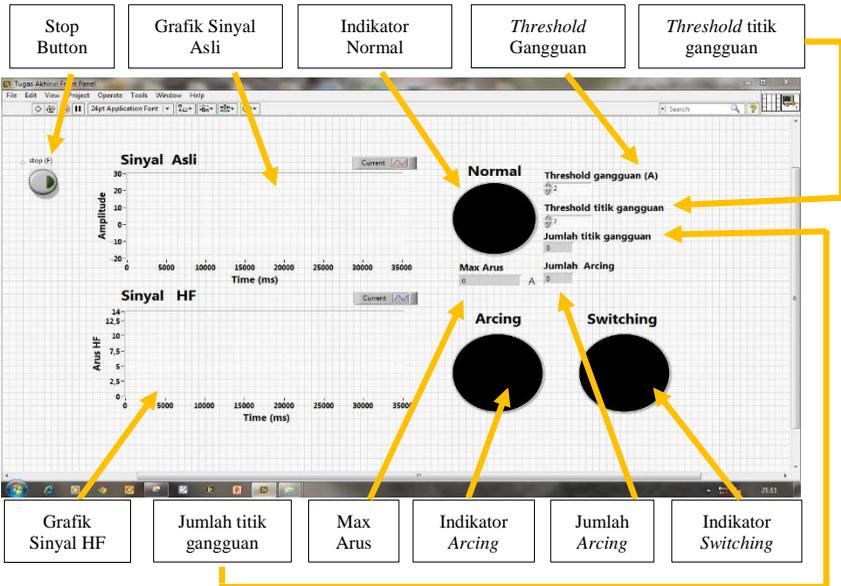
*Software* atau perangkat lunak yang digunakan dalam eksperimen dan penelitian ini adalah LabView versi 2012. LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) adalah perangkat lunak komputer untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta automasi industri, *software* ini berbeda dengan bahasa pemrograman lainnya yang menggunakan *script* sebagai metode pembuatan program, LabView menjalankan instruksi yang dibuat dengan bahasa pemrograman grafis (*block diagram*). LabView mengeksekusi program dengan menjalankan pemrograman secara data *flow*, yang telah dibuat oleh *user* dan kemudian ditampilkan pada *user interface* dari LabView. LabView terdiri dari 2 panel kerja utama yaitu *front panel* dan *editor panel*. Pembuatan program dengan *block diagram* dilakukan pada panel *editor* dengan format VI (*Visual Instrument*). Pada panel ini, *user* dapat memanggil beberapa fungsi dengan *toolbox* yang ada untuk membuat program serta tampilan *user interface* seperti yang diinginkan. Pembuatan program dengan *block diagram* sama halnya

dengan sebuah rangkaian listrik yang harus saling terhubung antara satu fungsi (*block*) dengan fungsi (*block*) lainnya.



**Gambar 3.5.** Tampilan *Block diagram* pada *visual instrument* LabView

Sedangkan panel lain yaitu *front panel*, merupakan *user interface* terhadap pengguna dengan mengeksekusi program yang telah dibuat pada *editor panel*. LabView akan memproses data atau sinyal yang dikirim DAQ NI 9246 melalui *personal computer*. Sinyal tersebut terekam file dengan format *tdms*. Labview yang digunakan dalam eksperimen ini, mengembangkan bagaimana program dapat menampilkan arus asli yang masuk dari DAQ NI 9246, arus yang sudah diolah dengan transformasi *wavelet* pada *visual instrument* menjadi arus HF (*high frequency*), 3 indikator yang akan diamati dalam eksperimen ini yaitu indikator “normal”, indikator “switching”, indikator “arcing”, batas *threshold* arus yang dapat diubah-ubah, jumlah *threshold* titik gangguan, jumlah titik gangguan yang lebih besar dari *threshold* arus serta jumlah *arcing* yang terjadi. Pada program deteksi ini, tidak dimungkinkan terjadinya 2 indikator “ON” dalam waktu yang bersamaan, karena logika yang dibuat pada *diagram block* menginstruksikan jika arus yang masuk dikategorikan sebagai keadaan normal, maka hanya indikator normal akan “ON”. Apabila terjadi penambahan beban, maka hanya indikator *switching* yang akan “ON”, begitu juga jika terjadi hubung-singkat maka indikator *arcing* akan “ON” dalam durasi yang sangat cepat.



Gambar 3.6. Tampilan Labview program deteksi dan monitoring *arcing*

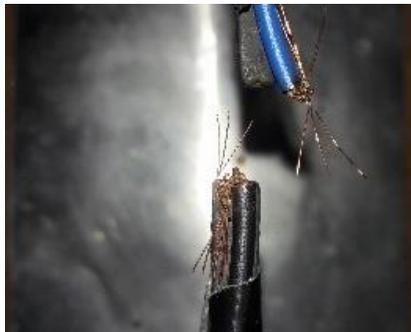
### 3.2 Pengambilan Data

Alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah NI 9246, yang merupakan komponen perekam arus. Pengambilan data eksperimen ini meliputi arus beban, arus *arcing* saat terjadi hubung-singkat pada kabel. Data arus beban yang dapat dijadikan kondisi normal atau *switching* serta arus *arcing* menggunakan frekuensi sampling 5k Samples/s. Maksudnya adalah dalam 1 detik ada 5k data yang direkam oleh DAQ NI 9246. Pengambilan data pada beban lampu (resistif) kondisi normal dimulai dari 1 lampu hingga 10 lampu, dengan masing-masing jumlah lampu dilakukan 10x percobaan. Untuk pengambilan data arus *switching*, dilakukan penambahan beban lampu resistif dengan jumlah 1 lampu hingga 10 lampu, dengan masing-masing *switching* dilakukan 10x percobaan.

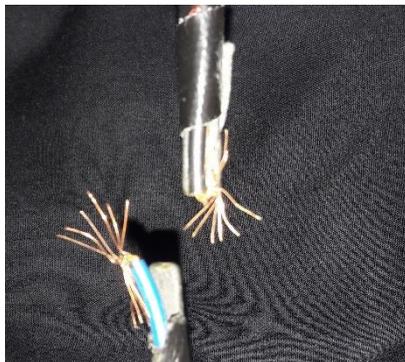
Percobaan ketiga adalah eksperimen busur api listrik dengan variasi jumlah serabut sebanyak 1 serabut, 3 serabut, 6 serabut, 12 serabut, dan 24 serabut dengan masing-masing percobaan sebanyak 5x. Jika dijumlah keseluruhan, maka akan didapat data sebanyak 25 buah.



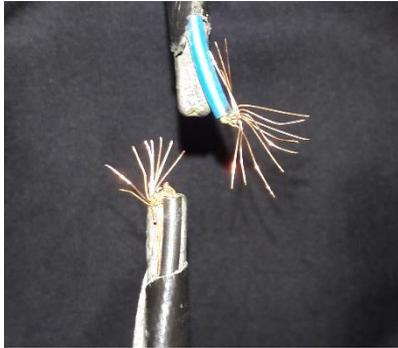
**Gambar 3.7.** 1 Serabut yang digunakan dalam eksperimen



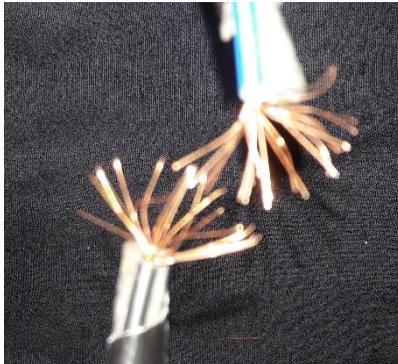
**Gambar 3.8.** 3 Serabut yang digunakan dalam eksperimen



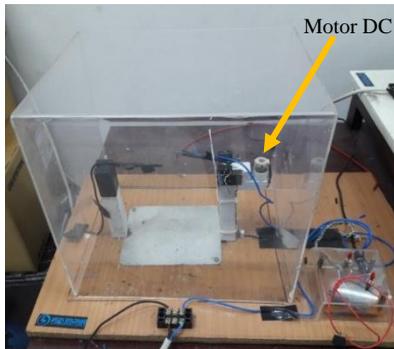
**Gambar 3.9.** 6 Serabut yang digunakan dalam eksperimen



**Gambar 3.10.** 12 Serabut yang digunakan dalam eksperimen



**Gambar 3.11.** 24 Serabut yang digunakan dalam eksperimen



**Gambar 3.12.** Skema hubung singkat menggunakan motor DC.

Pada gambar diatas terlihat bahwa jumlah serabut 1, serabut 3, serabut 6, serabut 12 dan serabut 24 yang akan digunakan selama percobaan atau eksperimen busur api listrik. Kabel serabut tersebut akan dilakukan hubung-singkat atau kontak, pengambilan data menggunakan 2 kabel konduktor serabut NYHMY 1,5 mm<sup>2</sup> dengan 1 kabel statis (diam) yaitu kabel netral dan kabel lainnya bergerak sebagai pemicu menggunakan motor DC. Motor DC akan menggerakkan kabel fasa (biru ) untuk menyentuh atau kontak dengan kabel netral (hitam), sehingga jika eksperimen ini dilakukan maka kedua kabel akan hubung singkat dan menyebabkan arus berubah dengan signifikan dalam durasi yang sangat cepat. Gambar skema rangkaian motor DC yang menggerakkan kabel fasa untuk kontak dengan kabel netral ditunjukkan dengan gambar 3.12 dibawah ini.

### 3.3 Pengolahan Data

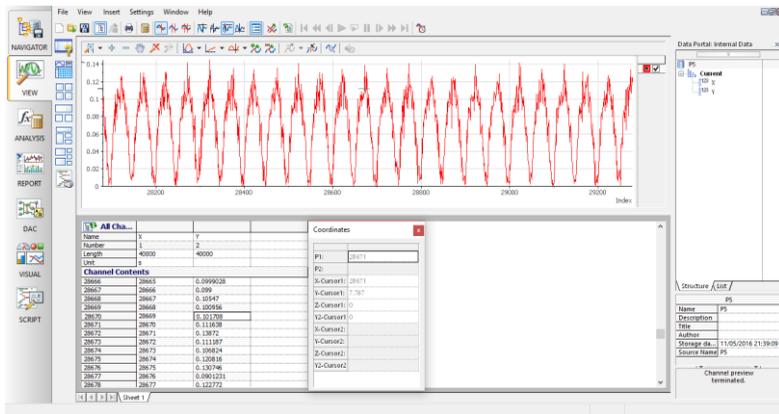
LabView menjadi *software* untuk mengolah sinyal sehingga tampilan *user interface* LabView dapat mendeteksi & membedakan secara *online* 3 kondisi yang terjadi yaitu kondisi normal, *switching* serta *arcing*. Arus yang masuk melalui CT akan ditransformasikan kembali menjadi sinyal asli pada program LabView, sehingga arus yang muncul pada grafik memiliki amplitudo yang sama seperti arus asli dari eksperimen yang dilakukan. Selanjutnya, sinyal asli akan dilakukan proses konvolusi *transformasi wavelet* dengan program diagram blok yang sudah dibuat pada *virtual instrument panel*. Selanjutnya, grafik HF ditampilkan pada *user interface* program pendeteksian. Diagram blok LabView juga mengolah sinyal yang masuk menjadi sebuah array yang dapat dianalisa setiap satuan datanya. Setiap data yang masuk dari sebuah sinyal akan dibandingkan dengan batas-batas (*threshold*) tertentu yang dapat diubah-ubah. Terdapat 2 batas yang dilakukan pada pengolahan data, yaitu batas nilai arus HF serta batas minimum jumlah titik HF yang melewati *threshold* arus.

#### 3.3.1 DIADEM

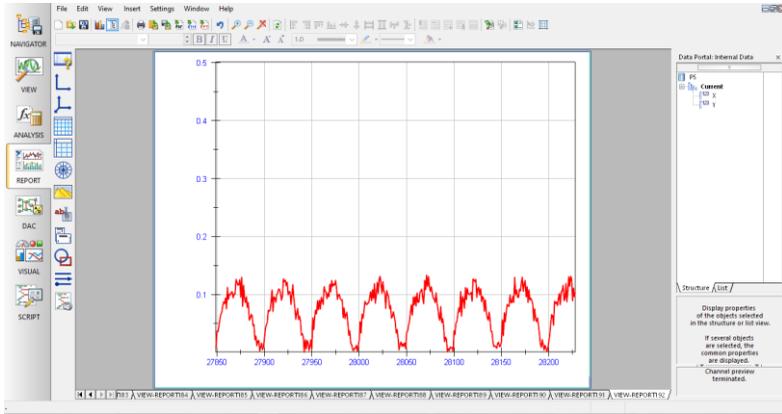
DIADEM adalah perangkat lunak yang merupakan bagian dari *National Instrument* yang dapat digunakan secara cepat untuk menemukan, memvisualisasikan, menganalisis, mengolah serta melaporkan data pengukuran yang diperoleh selama proses akuisis data dan atau proses simulasi yang disimpan dalam format *NI Technical Data Management Solution* (`.tdms`).

Data yang masuk berupa sinyal arus yang ditampilkan pada *user interface* LabView akan disimpan dalam format 'tdms'. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, DIAdem merupakan software untuk mengolah data secara *offline* seperti pemotongan sinyal, menampilkan sinyal normal, *switching* serta *arcing* dalam sekian detik. Pemotongan sinyal perlu dilakukan karena dalam pengambilan data, sampling data yang tersimpan terlalu banyak sehingga tidak semua data akan diolah dan ditampilkan, seperti saat terjadinya *switching* dan *arcing* yang memiliki lonjakan arus yang signifikan.

Sinyal hasil potongan DIAdem akan ditampilkan pada *toolbar view* serta *report*. Pada *toolbar view*, dapat dilakukan pemotongan data atau grafik yang kemudian ditransfer ke *toolbar report* untuk dapat disimpan dalam format 'jpg'. Sinyal hasil potongan akan dianalisa setiap 50 data (*samples to read*) atau  $\frac{1}{2}$  cycle. Sinyal yang ditampilkan berisikan nilai amplitudo arus dari masing-masing kondisi sesuai dengan jumlah sampling yang digunakan. Gambar dibawah menjelaskan program Diadem yang digunakan untuk mengolah sinyal seperti memotong data, melihat persebaran nilai maksimum yang kemudian akan dipindahkan pada *toolbar report*.



Gambar 3.13. Tampilan grafik pengolahan sinyal pada *software* DIAdem *toolbar view*



**Gambar 3.14.** Tampilan grafik pengolahan sinyal pada *software* DIAdem toolbar *report*

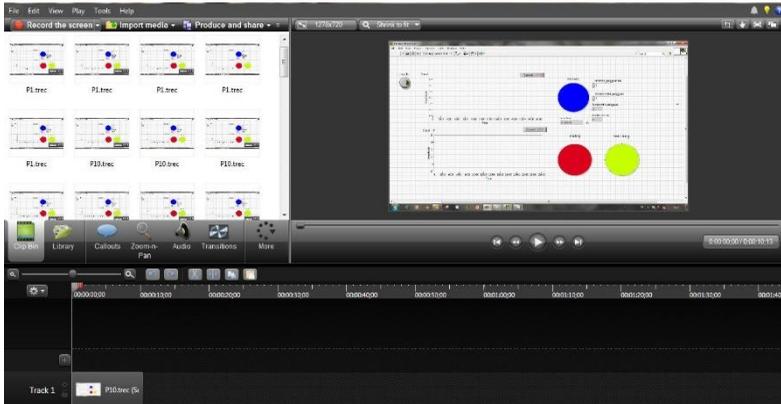
### 3.3.2 Camtasia Studio Versi 8

Camtasia Studio adalah *software* (perangkat lunak) yang dikembangkan oleh *techsmith corporation*. Camtasia merupakan *software* yang digunakan untuk merekam semua aktivitas yang ada pada dekstop komputer, dalam hal ini merekam program *online* monitoring deteksi *arcing* pada tampilan *user interface* pada LabView.

Saat eksperimen dilakukan, maka *software* Camtasia merekam seluruh aktivitas pada *user interface* Labview sehingga saat terjadi perubahan kondisi dengan durasi yang sangat cepat dari normal menjadi *switching* (penambahan beban) atau kondisi normal menjadi kondsi *arcing* seluruhnya dapat terekam dan terdeteksi, yang kemudian dilakukan pengolahan untuk memperlambat durasi rekaman serta memotong menjadi frame, sehingga dapat terlihat jelas perubahan indikator dari satu kondisi ke kondisi lain, juga terlihat jumlah titik gangguan serta jumlah *arcing* yang terjadi pada tiap eksperimen.

Dalam Camtasia studio, file rekaman dapat disimpan dalam bentuk ‘.MP4’ dengan resolusi hingga *high-definition* (HD), sebelum dilakukan *rendering*, clip video akan dibuat lebih lambat dengan tujuan dapat melihat perubahan dari kondisi normal ke kondisi *switching* yang

berlangsung dalam durasi cepat, dan perubahan kondisi normal menjadi *arcing* yang berlangsung dalam durasi yang sangat cepat.



**Gambar 3.15..** *Userinterface* perekam aktivitas dekstop program deteksi arcing

Pada Gambar 3.15 dapat terlihat bagaimana camtasia merekam semua aktivitas yang terjadi pada dekstop, kemudian dilakukan pengolahan data yang berbentuk rekaman video untuk keperluan analisis dan penarikan kesimpulan.

### 3.3.2 *Stockplot* Ms. Excel versi 2013

Ms. Excel merupakan program untuk menganalisis dan mengkomputasi data numerik, serta memungkinkan untuk melakukan plot grafik fungsi data, implementasi algoritma dan pembuatan antarmuka. Ms.Excel memiliki banyak sekali fungsi yang dapat digunakan dalam melakukan *plot* grafik, sehingga memudahkan untuk melakukan dan penarikan kesimpulan. Dalam eksperimen ini, matlab digunakan untuk mengolah data arus dari berbagai macam kondisi eksperimen. Salah satu kelebihan matlab dibanding *software* pengolahan data lain adalah limit data yang diolah tidak terbatas sehingga, data yang telah diolah pada DIAdem akan disimpan dalam bentuk *variable* baru pada matlab. Tujuannya adalah bukan untuk memplot grafik sinyal arus kondisi normal, *switching*, maupun *arcing*, tetapi melakukan plot

grafik persebaran data setiap kondisi pada tiap percobaan, sehingga hasil dari plot menggunakan matlab dapat disimpulkan *trend* yang terjadi pada setiap kondisi.

Dalam Tugas Akhir ini, salah satu fungsi yang digunakan dalam matlab untuk pengolahan data adalah *stockplot*. *Stockplot* merupakan metode *graphic* yang mudah digunakan dan diinterpretasikan untuk memperoleh informasi dari sebuah sample, *boxplot* merupakan ringkasan distribusi sampel yang disajikan secara grafis yang dapat menggambarkan bentuk distribusi data (*skewness*), ukuran tendensi sentral dan ukuran penyebaran (*keragaman*) data pengamatan. Terdapat beberapa ukuran statistik yang ditampilkan pada *stockplot*, yaitu nilai maksimum, nilai tengah (median), nilai rata rata (mean) dan nilai minimum dari data yang telah ditentukan dalam sebuah variabel. Tujuan dari penggunaan *boxplot* adalah untuk mengetahui persebaran data yang ada pada setiap percobaan di 3 kondisi yang telah ditentukan yaitu kondisi normal, *switching* dan *arcing*. Pada setiap kondisi dilakukan percobaan yang berulang-ulang sebanyak 10x pada kondisi normal beban, *switching* (penambahan beban) sebanyak 9x percobaan, *arcing* (gangguan) sebanyak 5x pada setiap serabut yang dihubung-singkatkan. Dari hasil penggunaan *stockplot*, dapat terlihat *trend* dari data hasil eksperimen, yang kemudian akan dengan mudah untuk dilakukan analisa dan penarikan kesimpulan.

*--Halaman ini sengaja dikosongkan--*

## **BAB IV**

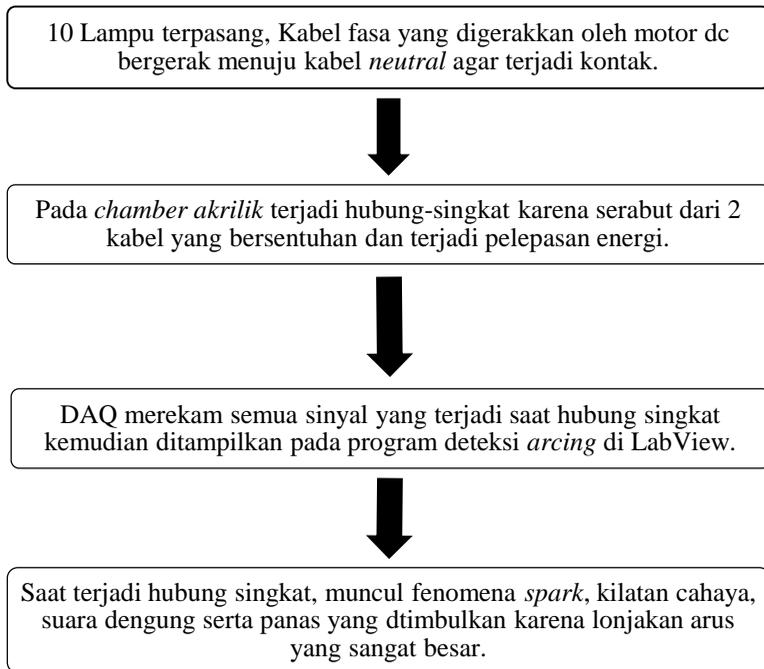
### **HASIL DAN ANALISIS DATA**

#### **4.1. Mekanisme Kondisi Normal, *Switching* dan *Arcing* Pada Tegangan Rendah**

Pada ketiga kondisi eksperimen, mekanisme pengambilan data dilakukan dengan melakukan pembacaan sinyal arus pada sisi sekunder dari CT 200/5. Penggunaan CT bertujuan untuk menurunkan arus yang muncul saat terjadi *switching* atau *arcing*. Untuk pengambilan data kondisi normal dilakukan untuk mendapatkan hasil persebaran dan perubahan data dengan beban yang bervariasi yaitu 1 lampu hingga 10 lampu. Sehingga pada kondisi maksimum beban 10 Lampu dengan masing-masing lampu 100 Watt didapatkan acuan untuk penentuan *threshold* arus yaitu 2 A. Penggunaan 10 Lampu dengan beban 100 Watt diharapkan sesuai dengan kondisi nyata yang ada di daerah pemukiman yang pada umumnya menggunakan beban 900 VA atau 1300 VA.

Untuk pengambilan data *switching* atau penambahan beban dilakukan dengan menggunakan sebuah saklar *switch* yang diletakkan setelah lampu pertama, sehingga jumlah lampu yang ditambahkan sebanyak 1 buah hingga 10 buah lampu, hasil percobaan penambahan beban ini dilakukan untuk melakukan analisa dan penarikan kesimpulan terhadap batas atau *threshold* jumlah titik yang lebih besar dibandingkan dengan *threshold* arus 2A.

Untuk pengambilan data *arcing*, dilakukan dengan menghubungkan-singkatkan 2 kabel (fasa-netral) secara langsung, hal ini dilakukan dengan cara menggerakkan salah satu kabel yaitu kabel yang bergerak (kabel fasa) untuk menyentuh atau kontak dengan kabel yang diam (kabel netral). Selama terjadi kontak antara kedua serabut kabel tersebut, maka peristiwa busur api akan terjadi dan menimbulkan percikan (*spark*) setiap kali serabut bersentuhan, hal inilah yang akan dideteksi dalam penelitian ini. Fenomena busur api listrik juga menghasilkan produk lainnya yang berupa kilatan cahaya (*flash*) dengan intensitas yang tinggi, lelehan logam (*molten metals*) atau lelehan serabut konduktor. Proses peristiwa busur api dilakukan di dalam chamber akrilik dengan dimensi sedemikian rupa dengan tujuan melindungi objek sekitar di luar chamber agar tidak terkena percikan dari busur api. Mekanisme terjadinya busur api listrik pada tegangan rendah dijelaskan pada gambar 4.1 dibawah ini.



**Gambar 4.1** Mekanisme terjadinya busur api listrik di Tegangan Rendah

#### 4.1.1. Sinkronisasi Data

Sinkronisasi data dilakukan dengan melakukan pengolahan data dalam bentuk grafik secara *offline* menggunakan sebuah *software* DIAdem serta Matlab dengan menganalisis bentuk grafik yang muncul, jumlah titik yang melebihi *threshold*, dan jumlah *arcing* pada setiap  $\frac{1}{2}$  cycle atau 50 data saat terjadi hubung singkat yang dibandingkan dengan hasil tampilan *user interface* pada program pendeteksiaan *arcing* secara *online* di LabView. Sehingga dari sinkronisasi data, dapat ditarik kesimpulan bahwa tampilan program pendeteksiaan *arcing* secara *online* berbasis LabView memiliki hasil yang sama dengan pengolahan data secara *offline* dan program tersebut sudah berjalan sesuai dengan kondisi yang terjadi yaitu banyaknya jumlah serabut yang kontak, perubahan indikator saat terjadi hubung singkat serta durasi total dari *arcing* yang terjadi.

#### 4.2. Skema Percobaan Karakteristik Arus Saat Kondisi Normal, *Switching* dan Hubung-Singkat Tegangan Rendah

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang data hasil eksperimen dari ketiga kondisi yaitu kondisi keadaan beban normal, keadaan penambahan beban (*switching*), serta kondisi hubung singkat (*arcing*). Analisis dilakukan dengan pemotongan data karena data yang direkam cukup banyak sehingga diperlukan pemotongan data agar mudah dalam proses analisa. Dengan frekuensi sampling 5k/s, maka data tersebut akan dianalisa setiap 50 data, hal ini diperoleh :

$$\frac{1}{2} \text{ cycle} = \frac{1}{2} \frac{\text{frekuensi sampling}}{50} = \frac{1}{2} \times \frac{5000}{50} = 50 \quad (1)$$

Analisis karakteristik kondisi normal, *switching* dan *arcing* pada tegangan rendah meliputi arus beban, arus hubung-singkat, durasi terjadinya *switching*, arus maksimum, durasi terjadinya *arcing*, jumlah titik yang melebihi *threshold* arus, serta jumlah *arcing* yang muncul selama eksperimen. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh variasi jumlah lampu yang terpasang (kondisi normal), variasi jumlah lampu yang ditambahkan (kondisi *switching*) dan jumlah serabut yang digunakan (kondisi *arcing*). Hasil dari data tersebut menjadi konten utama dalam program pendeteksian *arcing* pada tegangan rendah. Banyaknya data yang diolah pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Deskripsi Percobaan

Jenis Kondisi	Parameter	Eksperimen tiap Parameter	Jumlah Percobaan
<i>Normal</i>	1 sampai 10 Lampu	10 Percobaan	100
<i>Switching</i>	1 sampai 10 Lampu	10 percobaan	100
<i>Arcing</i>	Serabut 1,3,6,12 dan 24	5 Percobaan	25
Total			225

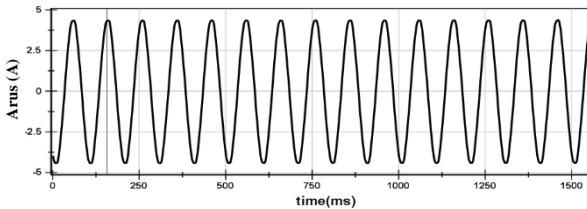
Pada tabel diatas menunjukkan eksperimen yang telah dilakukan pada ketiga kondisi dengan jumlah total data yang dihasilkan adalah 225 data dari ketiga kondisi, namun pada bab ini hanya beberapa sampel yang signifikan akan ditampilkan.

### 4.3. Grafik Asli Sinyal Kondisi Normal, *Switching* dan *Arcing*

Pada subbab ini akan dibahas mengenai perbandingan grafik asli sinyal kondisi normal, penambahan beban (*switching*) dan *arcing*.

#### 4.3.1. Sinyal Asli Kondisi Normal

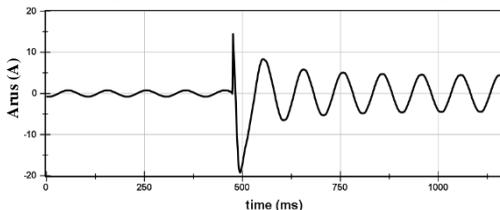
Pada subbab ini akan ditunjukkan grafik asli dari percobaan kondisi normal dengan menggunakan beban lampu 100 watt



Gambar 4.2. Grafik sinyal asli kondisi normal

#### 4.3.2. Sinyal Asli Kondisi *Switching*

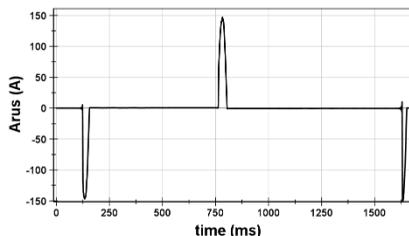
Pada subbab ini akan ditunjukkan grafik asli dari percobaan kondisi *switching* dengan menambahkan beban 1 lampu menjadi 4 lampu.



Gambar 4.3. Grafik sinyal asli kondisi *switching*

#### 4.3.3. Sinyal Asli Kondisi *Arcing*

Pada subbab ini akan ditunjukkan grafik asli dari percobaan kondisi *arcing* dengan melakukan hubung singkat 12 serabut.



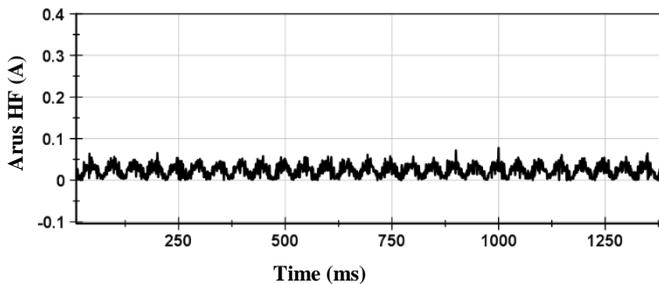
Gambar 4.4. Grafik sinyal asli kondisi *arcing*

#### 4.4. Analisis Data Karakteristik Kondisi Normal dan Switching Pada Tegangan Rendah

Eksperimen kondisi normal menggunakan beban 1 lampu sampai dengan 10 lampu. Penggunaan 10 lampu dengan masing masing lampu 100 watt sehingga total daya 1000 watt. Sedangkan untuk kondisi *switching* digunakan penambahan jumlah lampu dari mulai 1 lampu hingga 10 lampu sehingga total beban 1100 watt dipilih karena sesuai dengan keadaan lapangan yang pada umumnya berlangganan 900 VA maupun 1200 VA dengan arus maksimum sekitar 5 A dan tegangan yang digunakan adalah jala-jalan 220 V.

##### 4.4.1. Pengolahan Data dengan DWT

*DWT (Discrete Wavelet Transform)* adalah metode transformasi sebuah sinyal asli menjadi sebuah sinyal diskrit yang bertujuan untuk memperoleh variabel atau nilai tertentu sesuai keinginan. Transformasi wavelet pada Tugas Akhir ini tidak menggunakan *mother wavelet* dengan level dekomposisi yang tinggi, *transformasi wavelet* dilakukan hanya untuk mengubah sinyal asli menjadi sinyal *High frequency*. Penggunaan *DWT* hanya untuk membuat sinyal menjadi diskrit sehingga arus yang muncul dapat dianalisa dengan mudah.



Gambar 4.5. Hasil *transformasi wavelet* pada eksperimen kondisi normal 1 lampu

Dari gambar diatas dapat terlihat bahwa *transformasi wavelet* yang digunakan pada program deteksi *arcing* menghasilkan sinyal diskrit dan berada diatas sumbu-x karena sinyal dibuat *absolute* pada instruksi program agar mudah untuk dianalisa. Amplitudo arus *high frequency* (A) bervariasi dan semakin besar seiring dengan jumlah beban yang bertambah (pada eksperimen normal) atau jumlah beban yang ditambahkan (pada eksperimen *switching*).

#### 4.4.2. Perbandingan Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan Kondisi Normal dan *Switching*

Arus maksimum adalah arus dengan nilai amplitudo arus HF (*high frequency*) yang paling tinggi saat eksperimen normal dan *switching* dilakukan. Penentuan arus maksimum pada kondisi ini menggunakan *crosshair cursor measurement* pada *software* diadem. Eksperimen kondisi beban normal dan *switching* juga memperhatikan berapa banyak jumlah titik arus HF yang bernilai lebih besar dibandingkan *threshold* arus. Penentuan jumlah titik yang berada diatas *threshold* arus akan ditampilkan pada *user interface* program deteksi *arcing* tersebut secara online atau dapat kita amati dengan bantuan *toolbar report* pada *software* Diadem. Dari tabel 4.2 dibawah akan dibandingkan kedua kondisi yaitu kondisi normal dan kondisi *switching*, yang bertujuan untuk melihat perbandingan arus *high frequency* yang muncul selama percobaan serta jumlah titik gangguan yang dihasilkan pada kedua eksperimen ini, sehingga dapat ditarik kesimpulan bagaimana program pendeteksian *arcing* tegangan rendah dapat membedakan kedua kondisi ini yaitu kondisi normal akan “ON” saat terjadi tidak ada penambahan beban sedangkan *switching* “ON” saat terjadi penambahan beban dalam durasi tertentu. Data persebaran dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Perbandingan arus HF maksimum dan Titik Gangguan Eksperimen Normal dan *Switching*

Jumlah Lampu	Percobaan ke -	Normal		<i>Switching</i>	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus
1 Lampu	1	0,05	0	4,563	1
	2	0,06	0	4,492	1
	3	0,05	0	2,747	1
	4	0,05	0	3,576	3
	5	0,05	0	4,26	1
	6	0,047	0	3,158	1
	7	0,05	0	0,5	1
	8	0,048	0	2,374	1
	9	0,05	0	4,8	2
	10	0,048	0	3,707	2
2 Lampu	1	0,08	0	5,1307	3
	2	0,085	0	6,9469	3
	3	0,09	0	3,4983	2
	4	0,1	0	5,2634	2

Jumlah Lampu	Percobaan ke -	Normal		Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus
1	5	0,087	0	8.1108	3
	6	0,087	0	3.3082	2
	7	0,089	0	1.7345	3
	8	0,096	0	6.5519	1
	9	0,1	0	3.3987	3
	10	0,096	0	6.7376	3
	3 Lampu	1	0,12	0	14.09
2		0,13	0	3.109	4
3		0,136	0	5.64	2
4		0,14	0	11.02	3
5		0,15	0	16.64	2
6		0,137	0	11.15	3
7		0,145	0	3.39	4
8		0,143	0	6.94	1
9		0,15	0	9.81	5
10		0,14	0	15.9	4
4 Lampu	1	0,17	0	19.56	5
	2	0,18	0	14.26	4
	3	0,175	0	5.93	2
	4	0,176	0	10.41	2
	5	0,178	0	13.79	3
	6	0,18	0	15.94	7
	7	0,19	0	5.08	1
	8	0,196	0	21.07	5
	9	0,2	0	10.88	2
	10	0,18	0	5.11	2
5 Lampu	1	0,21	0	20.12	2
	2	0,22	0	26.73	4
	3	0,21	0	5.64	5
	4	0,215	0	9.13	3
	5	0,224	0	27.88	4
	6	0,23	0	10.72	3
	7	0,236	0	21.076	2
	8	0,23	0	9.88	7
	9	0,22	0	9.37	6
	10	0,247	0	14.84	7
6 Lampu	1	0,24	0	19.44	2
	2	0,246	0	25.25	4
	3	0,25	0	25.87	5

Jumlah Lampu	Percobaan ke -	Normal		Switching		
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus	
	4	0,243	0	32.4	3	
	5	0,237	0	7.37	4	
	6	0,245	0	22.39	3	
	7	0,247	0	29.96	2	
	8	0,25	0	4	7	
	9	0,243	0	9.37	6	
	10	0,239	0	25.35	7	
	7 Lampu	1	0,27	0	37.6	5
		2	0,275	0	18.79	4
		3	0,278	0	10.28	3
4		0,28	0	18.52	2	
5		0,289	0	31.2	4	
6		0,268	0	12.91	3	
7		0,3	0	17.32	1	
8		0,289	0	9.5	5	
9		0,27	0	25.58	6	
10		0,276	0	31.9	5	
8 Lampu	1	0,32	0	7.42	5	
	2	0,314	0	12.37	5	
	3	0,317	0	36.56	4	
	4	0,32	0	42.97	6	
	5	0,325	0	32.53	3	
	6	0,33	0	10.34	5	
	7	0,325	0	32	4	
	8	0,34	0	32.15	4	
	9	0,35	0	31.96	4	
	10	0,326	0	10.6	5	
9 Lampu	1	0,36	0	14.632	6	
	2	0,358	0	17.41	6	
	3	0,35	0	14.5	5	
	4	0,358	0	19.02	5	
	5	0,356	0	21.33	5	
	6	0,369	0	9.06	6	
	7	0,361	0	45.81	7	
	8	0,368	0	12.99	7	
	9	0,36	0	10.56	7	
	10	0,33	0	18.97	5	
10 Lampu	1	0,37	0	50.26	7	
	2	0,376	0	20.935	7	

Jumlah Lampu	Percobaan ke -	Normal		Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah Titik > threshold arus
	3	0,379	0	15.06	5
	4	0,38	0	27.47	5
	5	0,37	0	12.874	5
	6	0,37	0	17.58	5
	7	0,378	0	40.66	5
	8	0,384	0	21.39	6
	9	0,382	0	33.37	7
	10	0,384	0	12.17	6

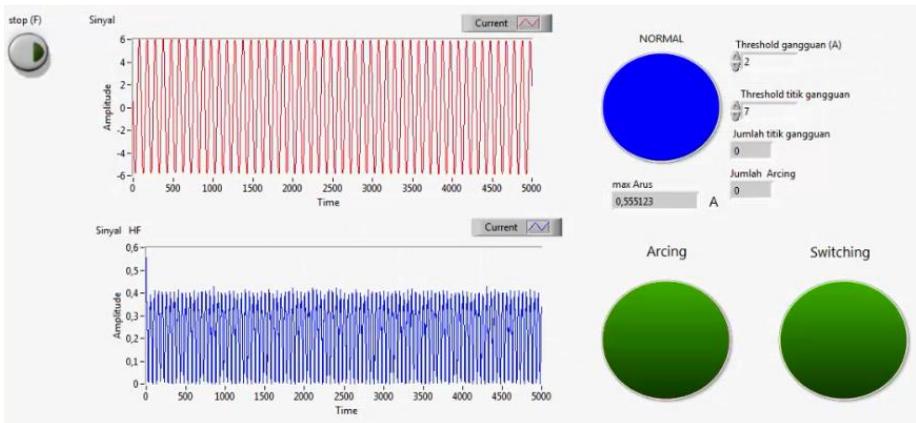
Dari Tabel 4.2 diatas dapat terlihat bahwa perbandingan arus maksimum pada kondisi normal pada keseluruhan eksperimen tidak ada yang melewati batas *threshold* arus 2 A, sedangkan pada kondisi eksperimen penambahan beban (*switching*) nilai arus HF maksimum pada setiap percobaannya menghasilkan nilai yang berada diatas *threshold* arus 2A. Pada tabel diatas juga menerangkan bahwa pada eksperimen kondisi normal tidak terdeteksi titik gangguan atau jumlah titik > *threshold* arus bernilai 0 pada semua percobaan sedangkan pada kondisi *switching* akan muncul beberapa titik gangguan karena sudah ada arus yang melewati *threshold* arus namun jumlah titik > *threshold* arus jumlahnya tidak lebih dari 7. Dari hasil eksperimen ini dapat dibedakan antara kondisi normal yang terdeteksi dan kondisi penambahan beban (*switching*) yang terdeteksi pada program LabView.

#### 4.4.3. Analisa Deteksi Kondisi Normal pada Program Deteksi Arcing

Pada subbab ini akan dibahas mengenai bagaimana program pendeteksian *arcing* yang telah dibuat dapat berjalan sesuai instruksi dan hanya mendeteksi kondisi normal (indikator normal "ON") pada semua eksperimen. Hal ini dikarenakan program deteksi memiliki 2 batas atau *threshold* yaitu :

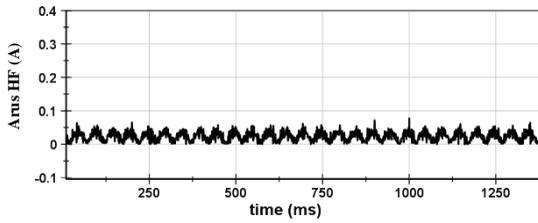
- *Threshold* arus HF yaitu 2A.
- *Threshold* banyaknya jumlah titik yang > *threshold* arus sebanyak 7 titik.

Dalam program pendeteksiian, kedua *threshold* ini memiliki peran penting dalam membedakan ketiga kondisi. Seperti yang sudah dibahas pada Tabel 4.2, kondisi arus HF maksimum selama eksperimen tidak ada yang melebihi *threshold* arus 2 A, dan pada Tabel 4.2 dapat ditarik kesimpulan bahwa pada setiap percobaan, jumlah titik yang lebih besar dibanding *threshold* arus sama dengan 0. Sehingga jika kedua kondisi ini tidak terpenuhi maka indikator normal “ON” dan disimpulkan bahwa kondisi yang terdeteksi adalah kondisi normal. Pada subbab ini akan diperlihatkan hasil grafik beban 1 lampu sampai dengan 10 lampu serta *user interface* saat eskperimen dilakukan, selain itu juga akan ditampilkan 1 *sample* dari *user interface* program pendeteksiian saat kondisi normal terdeteksi

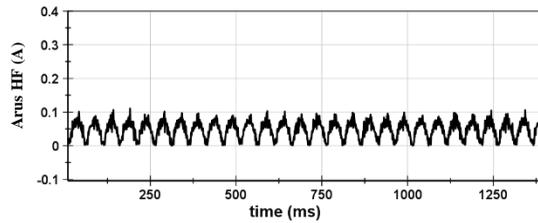


**Gambar 4.6.** Tampilan eksperimen kondisi normal 10 Lampu dalam program pendeteksiian *arcing* tegangan rendah

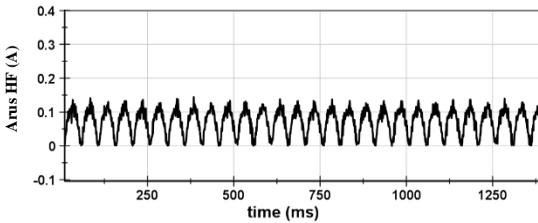
Gambar diatas menunjukkan bahwa *user interface* program pendeteksiian *arcing* tegangan rendah hanya mendeteksi keadaan normal, saat tidak terjadi penambahan beban atau gangguan, sehingga indikator normal “ON”. Hal ini dikarenakan kedua *threshold* pada program pendeteksiian belum ada yang terlampaui yaitu tidak melampaui *threshold* arus maupun *threshold* jumlah titik gangguan, sehingga pada *user interface* menunjukkan jumlah titik gangguan dan jumlah *arcing* yang bernilai “0”. Grafik kondisi beban normal 1 lampu sampai dengan 10 lampu dapat dilihat pada gambar dibawah ini, variasi jumlah lampu berpengaruh terhadap nilai amplitudo arus HF.



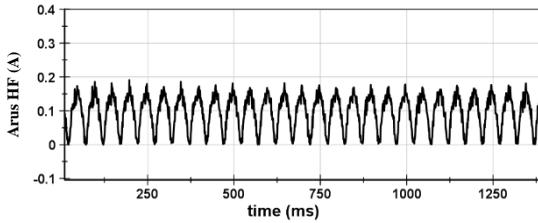
**Gambar 4.7.** Grafik kondisi normal 1 Lampu



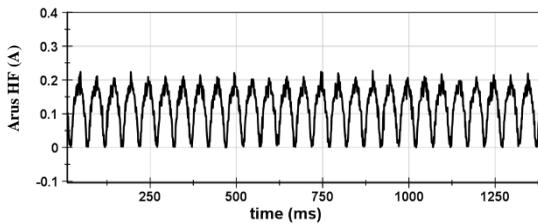
**Gambar 4.8.** Grafik kondisi normal 2 Lampu



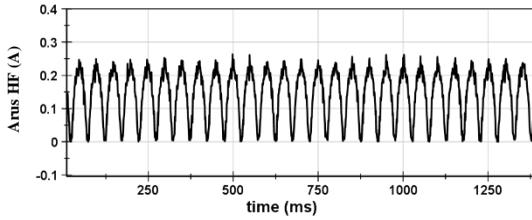
**Gambar 4.9.** Grafik kondisi normal 3 Lampu



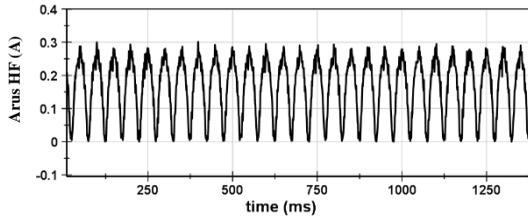
**Gambar 4.10.** Grafik kondisi normal 4 Lampu



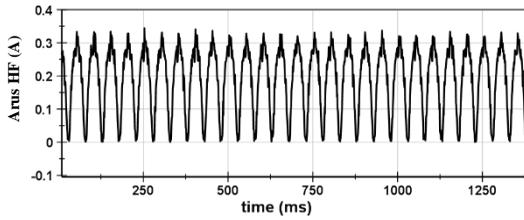
**Gambar 4.11.** Grafik kondisi normal 5 Lampu



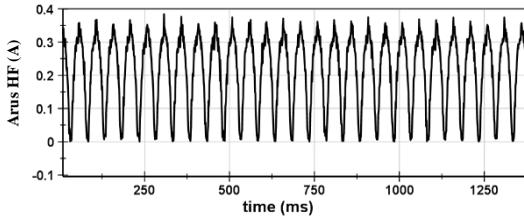
**Gambar 4.12.** Grafik kondisi normal 6 Lampu



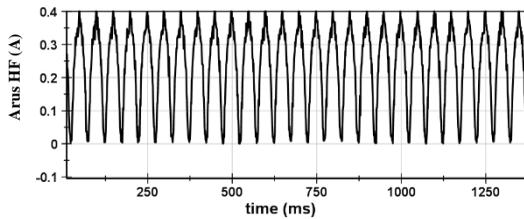
**Gambar 4.13.** Grafik kondisi normal 7 Lampu



**Gambar 4.14.** Grafik kondisi normal 8 Lampu



**Gambar 4.15.** Grafik kondisi normal 9 Lampu

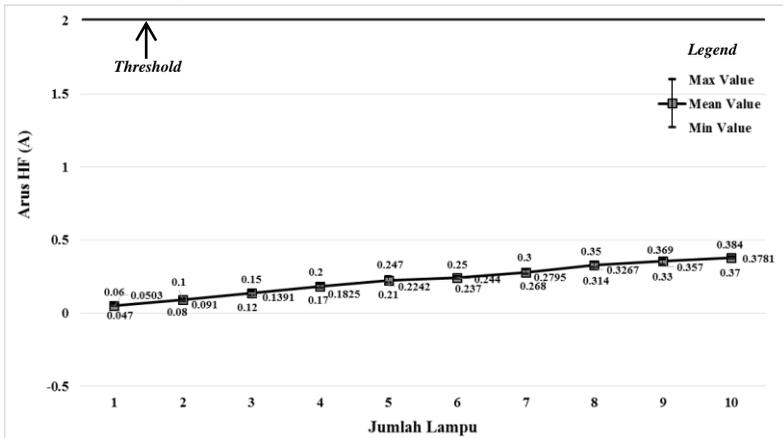


**Gambar 4.16.** Grafik kondisi normal 10 Lampu

Dari 10 gambar grafik yang telah diolah melalui DIAdem secara *offline* memiliki amplitudo arus HF maks dan jumlah titik > *threshold* arus yang sama dengan *user interface* yang ditampilkan secara *online* pada program deteksi *arcing* tegangan rendah, dan juga sesuai dengan data pada Tabel 4.2 pada beban kondisi normal, dari hasil grafik diatas dapat dilihat juga bahwa pengaruh dari penambahan jumlah lampu akan berbanding lurus dengan arus HF maksimum yang dihasilkan. Penggunaan beban 10 lampu 100 watt dengan mengasumsikan bahwa beban yang digunakan sesuai dengan kondisi pasar dan pemukiman yang menggunakan beban 900 VA atau 1300 VA, pada grafik beban 10 lampu diatas menghasilkan nilai arus *high frequency* maksimum kurang dari 0.5 A, sehingga batas *threshold* arus yang digunakan pada program pendeteksian diambil 2A.

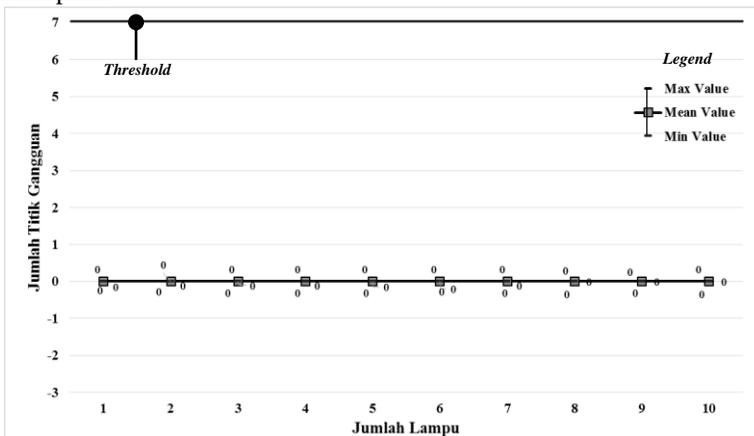
#### 4.4.4. Analisis Probabilitas dan Persebaran Data

Pada subbab kali ini, akan dibahas mengenai analisis hasil dari keseluruhan eksperimen kondisi normal pada program deteksi *arcing* tegangan rendah melalui *software* microsoft excel. Toolbox ini digunakan untuk melihat persebaran data maksimum, minimum dan rata-rata dari keseluruhan eksperimen kondisi normal.



**Gambar 4.17** Persebaran Arus Maksimum Pada Eksperimen Kondisi Normal

Pada gambar diatas dapat dianalisa bahwa arus maksimum HF akan semakin meningkat seiring jumlah beban lampu yang terpasang pada eksperimen ini. Gambar diatas menunjukkan nilai arus maksimum, nilai arus minimum serta rata-rata nilai arus yang muncul dari 10x percobaan di tiap parameter lampu. Nilai arus maksimum dan minimum pada percobaan ini memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan, karena seharusnya pada eksperimen dengan menggunakan jumlah lampu yang sama akan didapatkan amplitudo dari sinyal arus *high frequency* yang sama pula.



**Gambar 4.18** Persebaran jumlah titik > *threshold* arus pada eksperimen kondisi normal

Pada gambar diatas dapat dianalisa bahwa tidak ada titik yang berada diatas *threshold* arus pada keseluruhan eksperimen kondisi normal, sehingga dari grafik diatas tidak terlihat kenaikan atau *trend* yang signifikan. Keseluruhan jumlah lampu dari 1 lampu hingga 10 lampu tidak ada arus yang melewati atau lebih besar daripada *threshold* arus, hal ini dikarenakan arus maks HF yang muncul pada eksperimen ini juga berkisar 0,5 A dan dapat dilihat pada Gambar 4.6, sehingga program pendeteksian *arcing* tidak mendeteksi adanya gangguan yang signifikan sehingga indikator yang menyala adalah normal.

#### 4.4.5. Analisa Deteksi Kondisi Penambahan Beban (*Switching*) pada Program Deteksi *Arcing*

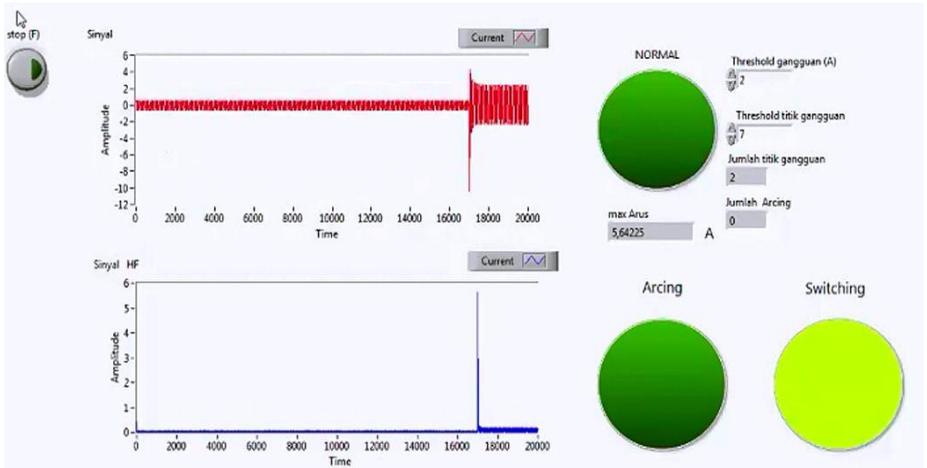
Pada eksperimen kali ini dilakukan penambahan beban atau *switching* pada setiap eksperimen, beban awal yaitu 1 lampu yang ON kemudian saklar *switch* dibuat ON untuk melakukan penambahan beban sesuai dengan jumlah lampu yang terpasang (1 lampu sampai dengan 10 lampu). Pada eksperimen ini menggunakan beban maksimum 11 lampu dengan masing masing lampu 100 Watt sehingga daya maksimum saat *switching* 10 lampu adalah 1100 Watt dengan tegangan sumber 220 V dan maksimum arus 5 A. Analisis dari eksperimen ini adalah untuk mendapatkan persebaran arus maksimum, persebaran titik yang berada diatas *threshold* arus serta mengetahui bagaimana program pendeteksian *arcing* tegangan rendah dapat mendeteksi sebuah *switching* saat terjadi penambahan beban dan bukan merupakan kondisi normal atau *arcing*.

Pada subbab ini akan dibahas mengenai bagaimana program pendeteksian *arcing* yang telah dibuat dapat berjalan sesuai instruksi dan hanya mendeteksi kondisi penambahan beban (indikator *switching* “ON”) pada semua eksperimen. Seperti pada pembahasan subbab 4.3.3 bahwa program deteksi memiliki 2 batas atau *threshold* yaitu :

- *Threshold* arus HF yaitu 2A.
- *Threshold* banyaknya jumlah titik yang  $>$  *threshold* arus sebanyak 7 titik.

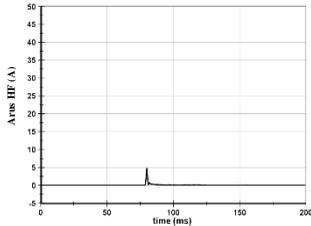
Dalam program pendeteksian penambahan beban (*switching*) kedua *threshold* tersebut memiliki peran penting dan merupakan bagian utama dalam program pendeteksian. Program pendeteksian *arcing* pada tegangan rendah dapat mendeteksi kondisi penambahan beban dan bukan kondisi normal karena pada eksperimen ini *threshold* pertama yaitu batas arus HF bernilai 2A sudah terlewati, pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa arus maksimum yang muncul pada tiap percobaan penambahan lampu sudah melewati batas 2A sehingga pada *user interface* terdapat jumlah titik gangguan. Namun, *threshold* kedua yaitu jumlah titik yang  $>$  *threshold* arus sebanyak 7 titik belum terlampaui, dapat dilihat pada tabel 4.2 bahwa jumlah titik pada keseluruhan percobaan eksperimen tidak ada jumlah titik gangguan yang jumlahnya lebih dari 7, maksimum adalah 7 sehingga kondisi hanya mendeteksi *switching* bukan kondisi *arcing*. Dapat disimpulkan bahwa untuk mendeteksi program *switching* hanya melewati batas pertama, sedangkan untuk batas kedua tidak terlampaui. Sehingga dalam keseluruhan eksperimen diawali dari sebelum penambahan beban indikator normal “ON” kemudian saat penambahan

beban terjadi dalam durasi yang singkat, indikator *switching* berubah menjadi “ON” dan indikator normal menjadi “OFF”, setelah penambahan beban atau *switching* selesai, indikator normal kembali “ON” dan indikator *switching* menjadi “OFF”.

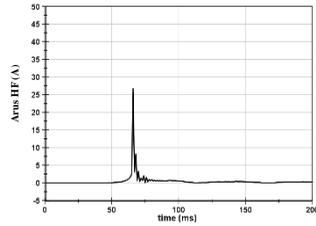


**Gambar 4.19.** Tampilan eksperimen kondisi *switching* 2 Lampu dalam program pendeteksiian *arcing* tegangan rendah

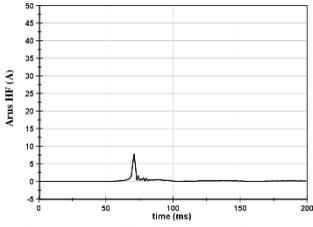
Dari *capture* gambar diatas menunjukkan bahwa perubahan indikator pada *user interface* program pendeteksiian terjadi ketika terjadi perubahan arus atau lonjakan arus yang sangat besar meskipun dalam durasi yang singkat, sehingga dari keseluruhan eksperimen akan terjadi perubahan dari normal menjadi *switching* (indikator *switching* “ON”). Pada subbab ini juga akan ditampilkan 10 grafik hasil eksperimen penambahan beban (*switching*) yang dimulai dari 1 lampu sampai 10 lampu, sehingga dapat dengan mudah dilakukan analisa dan penarikan kesimpulan dari eksperimen yang telah dilakukan.



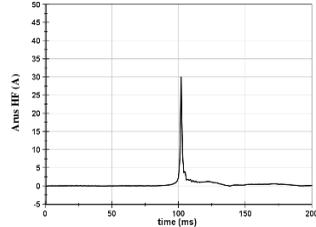
**Gambar 4.20.** *Switching 1 Lampu*



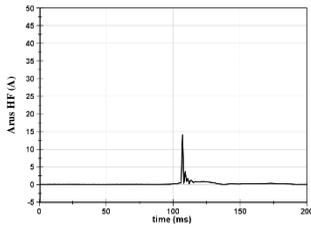
**Gambar 4.25.** *Switching 6 Lampu*



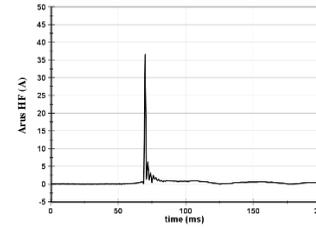
**Gambar 4.21.** *Switching 2 Lampu*



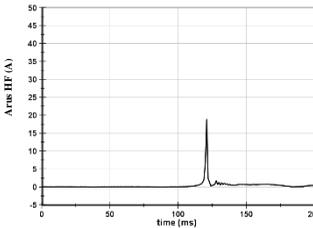
**Gambar 4.26.** *Switching 7 Lampu*



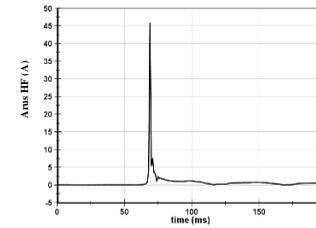
**Gambar 4.22.** *Switching 3 Lampu*



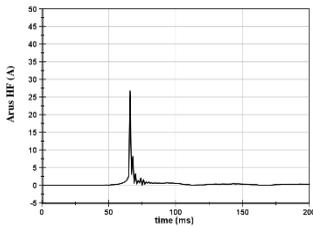
**Gambar 4.27.** *Switching 8 Lampu*



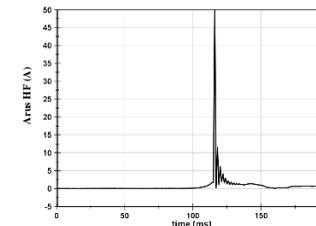
**Gambar 4.23.** *Switching 4 Lampu*



**Gambar 4.28.** *Switching 9 Lampu*



**Gambar 4.24.** *Switching 5 Lampu*

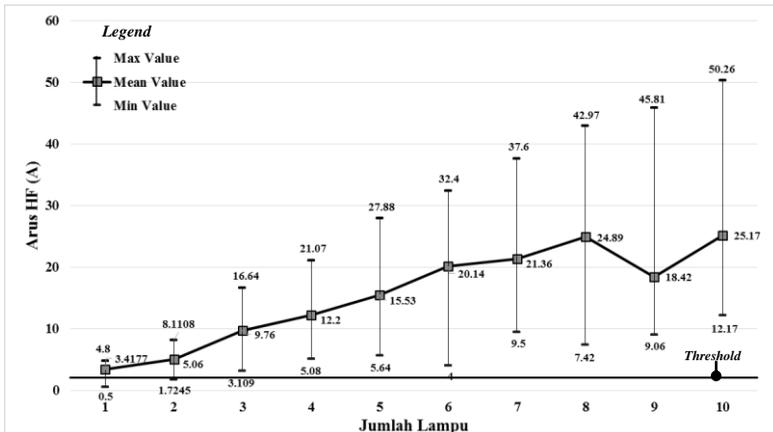


**Gambar 4.29.** *Switching 10 Lampu*

Dari 10 gambar grafik dan *user interface* diatas, dapat dilihat kesamaan dan sinkronisasi antara kedua gambar saat dilakukan eksperimen *switching*, grafik yang telah diolah pada DIAdem memiliki amplitudo arus HF, durasi *switching* dan jumlah titik yang melewati *threshold* arus yang sama dengan *user interface* yang ditampilkan pada program deteksi *arcing* tegangan rendah dan Tabel 4.2 pada eksperimen penambahan beban atau *switching*. Dari keseluruhan gambar tampilan *user interface*, pada indikator jumlah titik gangguan bernilai lebih dari 0 sehingga indikator *switching* “ON” pada saat penambahan beban namun titik yang melebihi *threshold* arus tidak ada yang melebihi 7 sehingga indikator hanya mendeteksi bahwa hal tersebut merupakan sebuah *switching*, bukan sebuah gangguan (*arcing*).

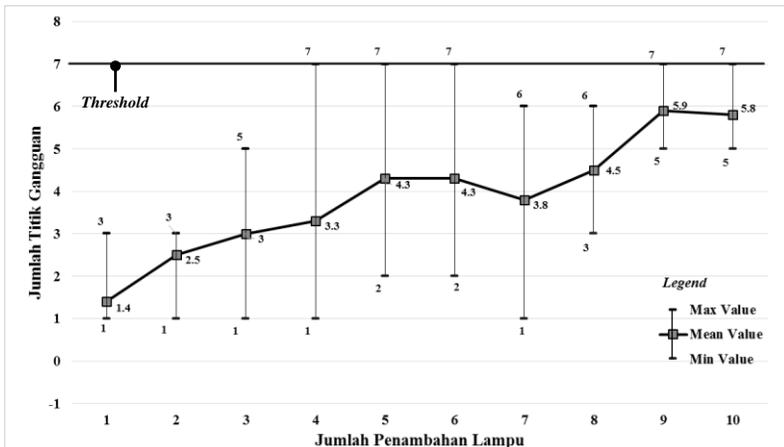
#### 4.4.6. Analisis Probabilitas dan Persebaran Data

Pada subbab kali ini, akan dibahas mengenai analisis hasil dari keseluruhan eksperimen kondisi penambahan beban (*switching*) pada program deteksi *arcing* tegangan rendah melalui *software* Matlab dengan *toolbox boxplot*. Toolbox ini digunakan untuk melihat persebaran data maksimum, minimum dan rata-rata dari keseluruhan eksperimen kondisi penambahan beban (*switching*).



**Gambar 4.30** Persebaran Arus Maksimum Pada Eksperimen Penambahan Beban (*switching*) menggunakan *stockplot*

Dari gambar diatas dapat terlihat bahwa *trend* nilai arus maksimum yang muncul dalam eksperimen penambahan beban (*switching*) adalah semakin naik seiring dengan bertambahnya jumlah beban yang ditambahkan, hal tersebut juga berlaku pada nilai minimum pada masing-masing parameter eksperimen sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah lampu yang ditambahkan akan berpengaruh terhadap naik dan besarnya nilai arus yang terjadi saat *switching* dilakukan. Dari hasil persebaran data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa keseluruhan eksperimen penambahan beban (*switching*) memiliki nilai arus yang lebih besar daripada *threshold* arus 2A sehingga program deteksi melihat bahwa hal tersebut adalah sebuah gangguan karena memiliki lonjakan arus.



**Gambar 4.31** Persebaran jumlah titik > *threshold* arus pada eksperimen kondisi *switching* menggunakan *stockplot*

Pada grafik persebaran diatas digunakan untuk menganalisa dan membuktikan bahwa program deteksi *arcng* tegangan rendah dalam eksperimen penambahan beban hanya mendeteksi keadaan (*switching*), sehingga pada keseluruhan eksperimen, indikator *switching* akan “ON” bertepatan dengan beban yang ditambahkan (*switch* pada beban “ON”). Hal ini terjadi karena program sudah mendeteksi arus yang melewati *threshold* arus 2A, namun grafik diatas menunjukkan bahwa gangguan

karena lonjakan arus belum memiliki titik yang jumlahnya melewati *threshold* titik HF yaitu 7 titik, sehingga gangguan dalam hal ini dikategorikan sebagai sebuah *switching*. Persebaran titik diatas juga menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lampu maka *trend* persebaran titiknya juga semakin meningkat, meskipun pada *switching* 6 dan 7 lampu tidak terdapat kenaikan yang signifikan. Pada percobaan ke-10 dapat terlihat bahwa persebaran data semakin sedikit, hal ini dikarenakan pada setiap percobaan penambahan 10 lampu menghasilkan titik yang jumlahnya hanya berkisar 6 atau 7 titik. Bila dibandingkan dengan eksperimen *switching* 1 lampu, hal ini jelas dapat mendukung kesimpulan bahwa jumlah lampu yang ditambahkan berpengaruh dengan jumlah titik yang berada diatas *threshold* arus 2A.

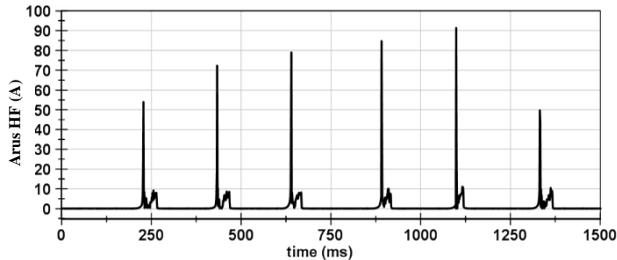
#### **4.5. Analisis Data Karakteristik Busur Api Listrik (*Arcing*) Tegangan Rendah pada Hubung Singkat Langsung**

Pada eksperimen busur api listrik (*arcing*) tegangan rendah dilakukan hubung singkat secara langsung antara 2 kabel yang umum digunakan pada instalasi tegangan rendah (pemukiman dan pasar). Parameter yang digunakan adalah 1 serabut, 3 serabut, 6 serabut, 12 serabut dan 24 serabut. Eksperimen ini menggunakan 10 lampu 100 watt dengan daya total yang 1000 watt, dengan tujuan pemodelan seperti instalasi listrik tegangan rendah yang umumnya menggunakan daya 900 VA atau 1300 VA dengan tegangan 220 V. Dari hasil eksperimen diharapkan dapat dianalisis besarnya arus maksimum pada setiap serabut yang dilakukan hubung-singkat, lama durasi terjadinya *arcing* serta banyaknya jumlah titik yang berada diatas *threshold* arus 2 A.

##### **4.5.1 Pengolahan Data dengan DWT**

*DWT (Discrete Wavelet Transform)* adalah metode transformasi sebuah sinyal asli menjadi sebuah sinyal diskrit yang bertujuan untuk memperoleh variabel atau nilai tertentu sesuai keinginan. Transformasi wavelet pada Tugas Akhir ini tidak menggunakan *mother wavelet* dengan level dekomposisi yang tinggi, *transformasi wavelet* dilakukan dengan mengubah sinyal asli menjadi sinyal *High frequency*. Tujuan penggunaan *DWT*, membuat sinyal menjadi diskrit sehingga arus yang muncul dapat dianalisa dengan mudah. Program pendeteksian *arcing*, sinyal kondisi

hubung singkat (*arcing*) akan menimbulkan lonjakan arus yang tinggi dan berulang seiring dengan jumlah serabut yang mengalami kontak.



**Gambar 4.32.** Hasil *transformasi wavelet* pada eksperimen kondisi *arcing* 12 Serabut

Dari gambar diatas dapat terlihat bahwa *transformasi wavelet* yang digunakan pada program deteksi *arcing* menghasilkan sinyal diskrit yang berada diatas sumbu-x, namun amplitudo maksimum saat terjadi kontak antara 2 kabel (kabel fasa dan kabel *neutral*) berbeda beda. Pada penggunaan *transformasi wavelet* pada kondisi ini berguna agar keseluruhan sinyal dapat dianalisa diatas sumbu-x namun tetap akan menampilkan keseluruhan serabut yang terjadi kontak sehingga dapat mudah dilakukan analisa dan penarikan kesimpulan.

#### 4.5.2 Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan

Arus maksimum adalah arus dengan nilai amplitudo arus HF (*high frequency*) yang paling tinggi saat eksperimen kondisi penambahan beban (*switching*) dilakukan. Penentuan arus maksimum pada kondisi ini menggunakan *crosshair cursor measurement* pada *software* diadem. Pada eksperimen busur api (*arcing*), jumlah titik  $>$  *threshold* arus menjadi perhatian yang utama dan penting dalam metode pendeteksian. Saat terjadi *arcing* akan muncul lonjakan arus yang sangat tinggi, hal ini masih dapat dikategorikan sebagai sebuah gangguan dan belum dapat ditentukan kondisi *switching* atar *arcing*. Namun saat terjadi *arcing*, jumlah titik gangguan harus melewati batas *threshold* arus yang dapat dilihat secara online pada *user interface* program deteksi *arcing* atau dapat dilihat secara *offline* dengan melakukan pengolahan data terlebih dahulu menggunakan *software* DIAdem. Dari hasil pengolahan melalui DIAdem, akan terdapat kesesuaian dengan jumlah titik gangguan yang terdeteksi pada *user interface* sehingga hasil ini dimasukkan ke dalam Tabel 4.3

**Tabel 4.3.** Data arus HF maksimum dan Jumlah Titik Gangguan Eksperimen *Arcing*

<b>Jumlah Serabut</b>	<b>Percobaan ke -</b>	<b>Arus HF Maksimum</b>	<b>Jumlah Titik &gt; threshold arus</b>
1 Serabut	1	80.03	27
	2	82.97	14
	3	75.58	27
	4	10.85	40
	5	83.93	19
3 Serabut	1	41.92	14
	2	77.69	14
	3	76.76	40
	4	59.08	66
	5	27.19	65
6 Serabut	1	66.38	44
	2	32.3067	93
	3	78.79	44
	4	75.48	62
	5	86.97	43
12 Serabut	1	60.78	89
	2	71.18	183
	3	83.94	258
	4	91.775	121
	5	91.395	171
24 Serabut	1	83.62	300
	2	90.52	300
	3	86.88	276
	4	89.4	277
	5	84.52	437

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pada setiap serabut dihasilkan arus maksimum yang mendekati nilai arus *high frequency* 90A, hal ini dikarenakan saat sebuah serabut tunggal saling kontak antara 2 kabel dengan sempurna maka arus yang dihasilkan rata rata mencapai 90A. Namun untuk nilai yang paling kecil pada setiap percobaan masing-masing serabut, terdapat *trend* yang semakin naik, sehingga dapat disimpulkan bahwa hal ini terjadi ketika serabut yang terjadi kontak tidak sempurna, namun karena jumlah serabut yang bervariasi dan semakin bertambah, maka pada jumlah serabut yang lebih banyak akan memiliki peluang untuk menimbulkan kontak yang sempurna antara 2 kabel tersebut dibandingkan dengan eksperimen 1 serabut saja.

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa pada semua percobaan, jumlah titik sudah berada diatas 7 yang merupakan threshold titik

gangguan. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serabut yang kontak maka jumlah titik yang melebihi *threshold* arus juga akan semakin banyak, karena banyaknya jumlah serabut berarti akan menimbulkan *arcing* yang semakin banyak pula.

#### **4.5.3. Analisa Deteksi Kondisi Hubung Singkat (*Arcing*) Pada Program Deteksi *Arcing***

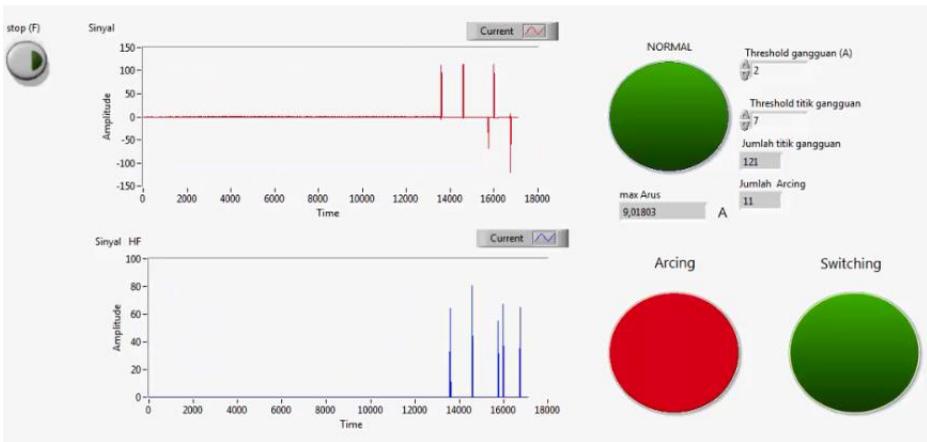
Pada subbab ini akan dibahas mengenai bagaimana program pendeteksian *arcing* yang telah dibuat dapat berjalan sesuai instruksi dan hanya mendeteksi kondisi hubung singkat (indikator *arcing* “ON”) pada semua eksperimen. Seperti pada pembahasan subbab 4.3.3 bahwa program deteksi memiliki 2 batas atau *threshold* yaitu :

- *Threshold* arus HF yaitu 2A.
- *Threshold* banyaknya jumlah titik yang  $>$  *threshold* arus sebanyak 7 titik.

Dalam program pendeteksian hubung singkat (*arcing*) kedua *threshold* tersebut memiliki peran penting dan merupakan bagian utama dalam program pendeteksian. Program deteksi *arcing* tegangan rendah hanya dapat mendeteksi kondisi *arcing* karena kedua batas yang ditentukan sudah terlewati, batas yang dimaksud adalah *threshold* arus 2A maupun *threshold* jumlah titik minimum yang melebihi *threshold* arus yaitu sebanyak 7 titik. Program pendeteksian dapat dilihat pada Tabel 4.3 yang merupakan tabel persebaran arus maksimum dan tabel persebaran titik gangguan pada eksperimen busur api tegangan rendah, dapat dilihat pada Tabel 4.3 bahwa nilai arus maksimum yang muncul pada keseluruhan percobaan memiliki nilai yang sangat tinggi, sehingga *threshold* pertama sudah terlampaui. Untuk *threshold* kedua ini yang membedakan antara deteksi kondisi *switching* dan kondisi *arcing*, pada Tabel 4.3 dapat terlihat bahwa pada keseluruhan eksperimen, jumlah titik gangguan yang muncul saat terjadi hubung singkat sudah melewati batas *threshold* nya yaitu 7 titik. Sehingga dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa keseluruhan eksperimen hubung singkat (*arcing*) akan menyebabkan indikator *arcing* “ON” dan indikator lain akan “OFF”.

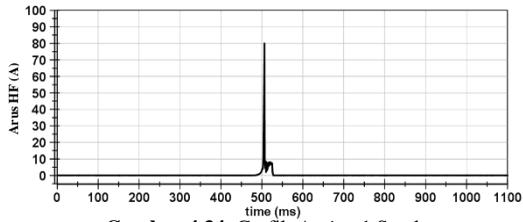
*User interface* program pendeteksian *arcing* akan menampilkan jumlah titik gangguan serta jumlah *arcing* yang muncul selama eksperimen. Jumlah *arcing* akan berbanding lurus dengan jumlah serabut yang akan dilakukan hubung singkat, namun tidak semua percobaan dapat menghasilkan jumlah yang sama dan sesuai dengan jumlah serabut yang

akan dilakukan kontak karena ada peluang beberapa serabut yang mungkin tidak kontak, sehingga pembacaan pada *user interface* jumlah arcing yaitu sama dan sesuai hanya dengan jumlah serabut yang kontak dan menimbulkan busur api (*arcing*). Program pendeteksian akan tetap berjalan dari kondisi normal yaitu indikator normal “ON” dan indikator *arcing* “OFF”, kemudian dilakukan hubung singkat langsung sehingga menimbulkan *arcing* dan merubah indikator *arcing* menjadi “ON” dan sebaliknya indikator normal menjadi “OFF”. Indikator *arcing* memungkinkan untuk “ON” dalam beberapa kali, karena busur api yang timbul akibat kontak antara serabut dalam 1 eksperimen dapat terjadi berulang-ulang, berbanding lurus dengan jumlah serabut yang akan dikontak. Namun perubahan tidak mendeteksi pada setiap 1x *arcing* karena pembacaan hanya mendeteksi perubahan *arcing* yang signifikan dan dalam durasi yang cukup untuk dideteksi. Setelah sudah tidak ada lagi serabut yang mengalami kontak maka indikator *arcing* “OFF”, dan indikator normal “ON”.

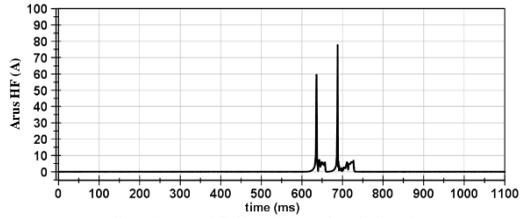


**Gambar 4.33.** Tampilan eksperimen kondisi *arcing* 12 serabut dalam program pendeteksian *arcing* tegangan rendah

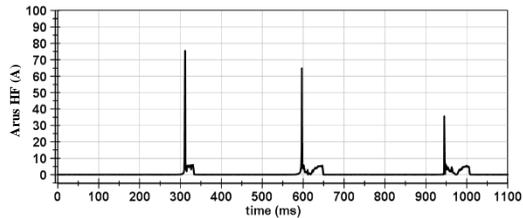
Pada gambar diatas menunjukkan indikator *arcing* “ON” sedangkan indikator lain dalam keadaan “OFF” saat terjadi gangguan. Selanjutnya akan ditampilkan 5 grafik eksperimen busur api listrik,



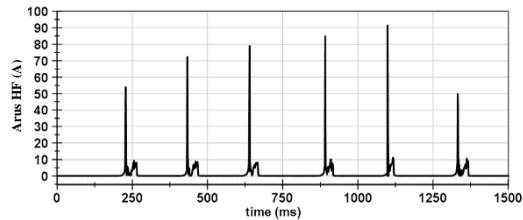
**Gambar 4.34.** Grafik Arcing 1 Serabut



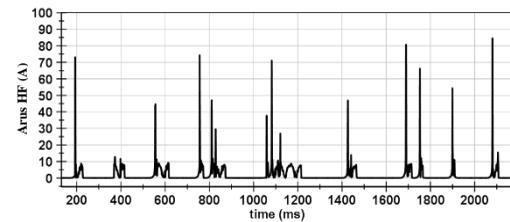
**Gambar 4.35.** Grafik Arcing 3 Serabut



**Gambar 4.36.** Grafik Arcing 6 Serabut



**Gambar 4.37.** Grafik Arcing 12 Serabut

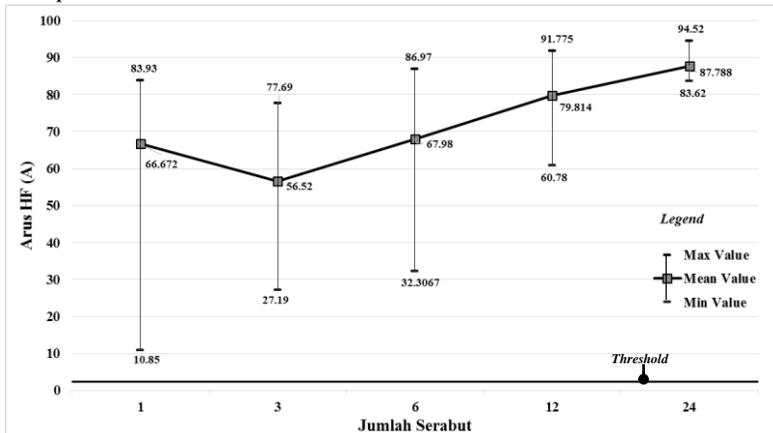


**Gambar 4.38.** Grafik Arcing 24 Serabut

Dari 5 grafik dan 1 *capture* gambar diatas menunjukkan bahwa perubahan indikator pada *user interface* program pendeteksiian terjadi ketika terjadi perubahan arus atau lonjakan arus yang sangat besar meskipun dalam durasi yang singkat. Pada eksperimen busur api listrik (*arcing*), digunakan beberapa variasi serabut yang akan berpengaruh terhadap jumlah arcing, jumlah titik gangguan serta pengulangan indikator *arcing* “ON”. Saat terjadi kontak antara 2 kabel maka indikator *arcing* “ON” dan menghitung jumlah serabut yang kontak kemudian setelah gangguan hilang maka indikator *arcing* “OFF” dan indikator normal kembali “ON”. Dari 5 grafik diatas menunjukkan pengaruh dari jumlah serabut yaitu pada *user interface* terlihat jumlah arcing yang bervariasi pada setiap eksperimennya, selain itu juga menunjukkan jumlah titik gangguan atau jumlah titik yang melebihi batas *threshold* arus yang berbanding lurus dengan banyaknya jumlah serabut yang kontak.

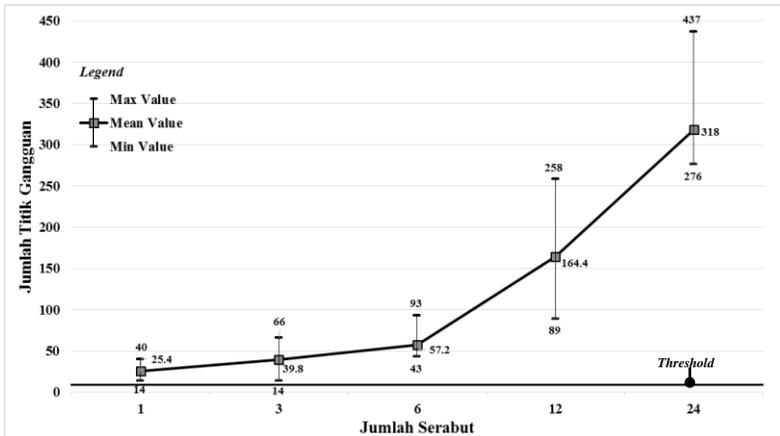
#### 4.5.4. Analisis Probabilitas dan Persebaran Data

Pada subbab kali ini, akan dibahas mengenai analisis hasil dari keseluruhan eksperimen kondisi hubung singkat (*arcing*) pada program deteksi *arcing* tegangan rendah melalui *software* dengan *toolbox stockplot*.



**Gambar 4.39** Persebaran Arus Maksimum Pada Eksperimen Hubung singkat (*arcing*) menggunakan *stockplot*

Dari gambar diatas dapat terlihat persebaran arus HF maksimum yang muncul pada eksperimen busur api listrik (*arcing*) pada tegangan rendah yang memiliki *trend* arus maksimum yang semakin naik meskipun kenaikan tidak begitu signifikan. Namun dapat jelas terlihat pada nilai arus maksimum yang paling kecil pada setiap serabutnya, nilai tersebut memiliki *trend* yang semakin naik dan signifikan dikarenakan semakin banyak jumlah serabut maka semakin banyak peluang untuk kedua serabut melakukan kontak dengan sempurna. Nilai arus diatas juga menunjukkan bahwa pada keseluruhan percobaan hubung singkat (*arcing*) nilai arus bernilai diatas *threshold* arus 2A yang menyebabkan kondisi terdeteksi sebuah gangguan, bukan lagi kondisi normal. Selanjutnya gangguan tersebut dideteksi sebagai sebuah *switching* atau *arcing* didasarkan pada persebaran jumlah titik yang berada diatas *threshold* jumlah titik gangguan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.40** Persebaran jumlah titik > *threshold* arus pada eksperimen kondisi *arcing* menggunakan *stockplot*

Pada grafik persebaran diatas digunakan untuk menganalisa dan membuktikan bahwa program deteksi *arcing* tegangan rendah dalam eksperimen penambahan beban hanya mendeteksi keadaan hubung singkat (*arcing*), hal ini terlihat dari persebaran jumlah titik yang telah melewati batas *threshold* arus 2A, pada keseluruhan eksperimen *arcing*

yang dilakukan semua titik berjumlah diatas 7 sehingga jika mengacu pada gambar sebelumnya dimana batas arus HF sudah terlampaui dan batas jumlah titik juga sudah terlampaui maka program deteksi *arcing* pada tegangan rendah akan mendeteksi keadaan hubung-singkat (indikator *arcing* “ON”), sedangkan kondisi lain yaitu kondisi normal maupun kondisi *switching* akan “OFF” pada saat terjadi gangguan *arcing*, setelah itu indikator normal pada program deteksi *arcing* akan kembali “ON” jika gangguan hubung singkat sudah hilang.

#### 4.5.5. Akurasi Program Deteksi pada Keseluruhan Eksperimen

Pada subbab ini akan ditunjukkan hasil keseluruhan percobaan, dilakukan 225 percobaan dari ketiga kondisi eksperimen yang dilakukan, pada tabel dibawah ditunjukkan deskripsi percobaan dan keakuratan hasil.

**Tabel 4.4** Tingkat Akurasi Program Deteksi

<b>Jenis Kondisi</b>	<b>Parameter</b>	<b>Eksperimen tiap Parameter</b>	<b>Jumlah Percobaan</b>	<b>Keakuratan Hasil Deteksi (%)</b>
<i>Normal</i>	1 sampai 10 Lampu	10 Percobaan	100	100
<i>Switching</i>	1 sampai 10 Lampu	10 percobaan	100	100
<i>Arcing</i>	Serabut 1,3,6,12 dan 24	5 Percobaan	25	100
<b>Total</b>			225	100

Pada Tabel 4.4 diatas dapat terlihat bahwa hasil keakuratan pendeteksian bernilai 100% atau keseluruhan eksperimen menghasilkan indikator yang sesuai dengan kondisi eksperimen atau kondisi percobaan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari eksperimen deteksi dan implementasi peralatan deteksi arcing tegangan rendah berbasis LabView dengan tiga kondisi pendeteksian yaitu kondisi normal, kondisi penambahan beban (*switching*) serta kondisi busur api listrik (*arcing*) adalah sebagai berikut:

1. *Discrete Wavelete Transform* merupakan transformasi yang mentransformasi sinyal menjadi 2 dekomposisi yaitu *low frequency (LF)* dan *High Frequency (HF)*, yang kemudian digunakan sinyal HF karena dekomposisi ini adalah detail. Sinyal HF akan berbentuk sinyal *discrete* yang bertujuan untuk memudahkan dalam pendeteksian dan analisa.
2. Pada program pendeteksian dilakukan dengan 2 *threshold* yaitu *threshold* arus 2 A dan *threshold* jumlah titik gangguan sebanyak 7 titik.
3. Pada fenomena kondisi normal, sinyal yang masuk tidak melampaui dan tidak melewati kedua batas tersebut sehingga indikator normal “ON” selama durasi percobaan.
4. Pada fenomena kondisi penambahan beban (*switching*), sinyal yang masuk hanya melampaui *threshold* pertama yaitu *threshold* arus 2A, sedangkan untuk *threshold* kedua tidak terlampaui sehingga indikator *switching* “ON” saat terjadi fenomena penambahan beban.
5. Pada fenomena kondisi busur api listrik (*arcing*), sinyal yang masuk sudah melewati 2 *threshold* yang telah ditentukan sehingga saat terjadi hubung singkat antara 2 serabut kabel maka indikator *arcing* “ON”, kemudian indikator *arcing* kembali “OFF” setelah gangguan hilang.
6. Variasi jumlah serabut pada eksperimen busur api listrik (*arcing*), berpengaruh terhadap fenomena pengulangan *ignition* pada busur api listrik, durasi terjadinya gangguan (*arcing*) serta berpengaruh

terhadap jumlah *arcing* dan jumlah titik gangguan yang ditampilkan pada *user interface* program pendeteksian.

## 5.2 Saran

Eksperimen deteksi dan implementasi peralatan deteksi *arcing* tegangan rendah berbasis LabView telah mampu menunjukkan jumlah *arcing*, jumlah titik gangguan, sinyal asli, sinyal yang telah dilakukan dekomposisi *wavelet*, serta tiga indikator program pendeteksian yaitu indikator normal, *switching* dan *arcing*.. Tugas akhir ini sudah menghasilkan indikator *arcing* yang dapat mendeteksi terjadinya gangguan hubung singkat secara *real time*, namun penelitian ini belum dapat melakukan sinkronisasi dengan *miniatur circuit breaker* untuk melakukan *tripping* sehingga diperlukan peralatan *mikrokontroler* yang secara otomatis dapat melakukan *tripping* kepada MCB saat indikator *arcing* pada Labview “ON”.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.Mishra, A.Routray, and A. K. Pradhan, “*Detection of Arcing in Low Voltage Distribution Systems*”, IEEE Region 10 Colloquium and the Third International Conference on Industrial and Information Systems 2008, pp. 1-3
- [2] National Fire Protection Association, “*NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*”, NFPA 2004
- [3] Riza Fakhroun Nisa’, Dimas Anton Asfani, dan I Made Yulistya Negara, “*Analisis Karakteristik Busur Api Listrik Pada Tegangan Rendah Karena Pengaruh Impedansi Saluran Menggunakan Transformasi Haar Wavelet*” Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2015).
- [4] Tim penyusun, “*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*”, Indonesia, 2000.
- [5] J.M Martel, M. Anheuser, and F. Berger, “*A Study of Arcing Fault in the Low Voltage Electrical Installation*”, IEEE 2010, pp. 1-11.
- [6] Tammy Gammon, John Matthews, “*The Historical Evolution of Arcing-Fault Models for Low-Voltage Systems*”, IEEE.
- [7] Dogan Gokhan, Ece . Francis M., Wells Hakan G. Senel, “*Analysis And Detection of Arcing Faults In Low-voltage Electrical Power Systems*” Department of Electrical Engineering Vanderbilt University Nashville, Tennessee USA, IEEE Conference Publications, 1994.
- [8] Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) periode Agustus 2011-2015.
- [9] Yuan Wu, Zhengxiang Song and Xue Li, “*A Method for Arc Fault Detection Based on the Analysis of Signal's Characteristic Frequency Band with Wavelet Transform*”, IEEE 2nd International Conference on Electric Power Equipment, Matsue, Japan, 2013.
- [10] G. Artale, A. Cataliotti, V. Cosentino, and G. Privitera, “*Experimental Characterization Of Series Arc Faults In AC And DC Electrical Circuits,*” 2014, pp. 1015–1020.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**Azmi Wicaksono**, anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis biasa dipanggil Azmiw. Penulis lahir dikota Bekasi pada 5 September 1995. Penulis memulai pendidikannya dari TK Ar-Rahman pada tahun 1999-2001, kemudian melanjutkan studi di SD Jaya Suti Abadi pada tahun 2001-2007, SMP Plus Putradarma pada tahun 2007-2010, SMA Negeri 1 Bekasi pada 2010-2013, kemudian penulis melanjutkan studi di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga saat ini. Penulis berkonsentrasi pada bidang keahlian Teknik Sistem Tenaga, dan terfokus pada Laboratorium Tegangan Tinggi. Penulis pernah aktif di organisasi maupun kepanitiaan, diantaranya adalah staff Lingkar Kampus (Lingpus) HIMATEKTRO ITS tahun 2014-2015, staff kaderisasi UKM Badminton 2014-2015. Pada kepanitiaan, penulis mengikuti kepanitiaan electra pada tahun 2014, penulis aktif dalam kegiatan ITS Open dan menjadi koordinator acara pada tahun 2015. Dalam kegiatan akademik, penulis juga sering mengikuti pelatihan pelatihan seperti pelatihan ETAP yang diberikan oleh laboratorium simulasi pada tahun 2015, penulis juga merupakan asisten laboratorium tegangan tinggi yang telah dimulai sejak semester 5 pada tahun 2015 hingga sekarang. Saat menjadi asisten Lab. Tegangan Tinggi, penulis banyak mengikuti kegiatan yang berorientasi pada akademik, seperti pelatihan internal lab tegangan tinggi, program pengabdian masyarakat Lab. Tegangan Tinggi serta menjadi asisten pada praktikum Tegangan Tinggi pada semester ganjil 2016.