



TESIS - TE142599

**PERANCANGAN PERALATAN IDENTIFIKASI
ARCING TEGANGAN RENDAH BERBASIS
TRANSFORMASI *WAVELET***

ABDILLAH FASHIHA ILMAN
2214 201 009

DOSEN PEMBIMBING
Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - TE142599

**Perancangan Peralatan Identifikasi *Arcing*
Tegangan Rendah Berbasis Transformasi
*Wavelet***

ABDILLAH FASHIHA ILMAN
2214 201 009

DOSEN PEMBIMBING
Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - TE142599

Design of Low Voltage Arcing Identification Equipment Wavelet Transform Based

ABDILLAH FASHIHA ILMAN
2214 201 009

ADVISOR

Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

MAGISTER PROGRAM
POWER SYSTEM ENGINEERING
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF ELECTRICAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Abdillah Fashiha Ilman
NRP. 2214 201 009

Tanggal Ujian : 7 Juni 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui Oleh :


1. Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
NIP. 198109052005011002

(Pembimbing I)


2. Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc
NIP. 197007121998021001

(Pembimbing II)

 : 17-06-17
3. Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197311192000031001

(Penguji)


4. Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP. 196603181990101001

(Penguji)


5. Dr. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng
NIP. 197309271998031004

(Penguji)



Bekas Fakultas Teknologi Elektro


Dr. Tri Arief Sardiono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Abdillah Fashiha Ilman
Program Studi : Teknik Sistem Tenaga
NRP : 2214 201 009

Dengan ini menyatakan bahwa isi dari keseluruhan tesis saya dengan judul **“PERANCANGAN PERALATAN IDENTIFIKASI *ARCING* TEGANGAN RENDAH BERBASIS TRANSFORMASI *WAVELET*”** adalah benar-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 yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 13 Juni 2017
Yang Membuat Pernyataan,

Abdillah Fashiha Ilman
NRP.2214 201 009

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

PERANCANGAN PERALATAN IDENTIFIKASI *ARCING* TEGANGAN RENDAH BERBASIS TRANSFORMASI *WAVELET*

Nama Mahasiswa : Abdillah Fashiha Ilman
NRP : 2214 201 009
Pembimbing : 1. Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
2. Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

ABSTRAK

Listrik merupakan salah satu energi yang telah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan sehari-hari. Disisi lain peningkatan konsumsi listrik pada level tegangan rendah mampu menimbulkan berbagai masalah. Salah satunya yaitu konsleting (*arcing*) pada saat terjadi hubung singkat atau biasa disebut konsleting listrik, yang akan memicu timbulnya bencana kebakaran. Penelitian ini menggunakan sebuah perancangan peralatan identifikasi *arcing* tegangan rendah yang berbasis transformasi *wavelet*. Keberhasilan dalam mendeteksi *arcing* dapat dijadikan upaya dan pencegahan terjadi bencana kebakaran. Algoritma yang digunakan menggunakan transformasi *wavelet* sebagai teknik pemrosesan sinyalnya. Penelitian ini di harapkan dapat memudahkan untuk mendeteksi terjadinya kegagalan *arcing* pada level tegangan rendah yang merupakan penyebab terjadinya kebakaran.

Kata kunci: *Arcing*, Pengolahan Sinyal, Transformasi *Wavelet*, tegangan, arus.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DESIGN OF LOW VOLTAGE ARCING IDENTIFICATION EQUIPMENT WAVELET TRANSFORM BASED

By : Abdillah Fashiha Ilman
Student Identity Number : 2214 201 009
Advisor : 1. Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
2. Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

ABSTRACT

Electricity was one of the energy that has already become a staple in everyday life. On the other hand, the increased consumption of electricity at low voltage could lead to several problems. One of them was an arcing during short circuit which would lead to fire. This research used a design of low voltage arcing identification equipment wavelet transform based. The success in detecting arcing could be an effort to prevent the fire. Algorithm which used was wavelet transform as signal processing technique. This research was expected to make the detection easier of an arcing failure at low voltage level which became the cause of fire.

Keywords : Arcing, Signal Processing, Wavelet Transform, voltage, current.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“PERANCANGAN PERALATAN IDENTIFIKASI *ARCING* TEGANGAN RENDAH BERBASIS TRANSFORMASI *WAVELET*”**. Adapun tujuan dari penyusunan Tesis ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar master teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan laporan Tesis ini, kami banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus ikhlas menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya (Ach. Buchari & Malal Hayati), beserta keluarga atas dukungan, semangat, dan doa untuk keberhasilan penulis.
2. Bapak Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D. dan Bapak Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingannya.
3. Wida Amalia Rosalina, S.Ak. selaku istri saya atas segala Motivasi dan doanya.
4. Seluruh dosen dan administrasi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Seluruh rekan-rekan S2 atas dukungan, masukan, dan kerjasamanya selama masa kuliah dan proses pengerjaan Tesis.
6. Semua pihak yang telah banyak membantu untuk menyelesaikan Tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Tesis ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik, koreksi, dan saran dari pembaca yang bersifat membangun untuk pengembangan ke arah yang lebih baik. Akhir kata semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TESIS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Kontribusi Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Sistem Jaringan Tegangan Rendah	5
2.2. <i>Arcing Fault</i> di Tegangan Rendah.....	5
2.3 <i>Transformasi Wavelet</i>	8
2.3.1 Transformasi <i>Wavelet</i> diskrit	10
2.3.2 Proses <i>Filter</i>	11
2.4 Metode Deteksi Gangguan	12

**BAB 3 PERANCANGAN PERALATAN PENDETEKSI ARCING DAN
PROTOTYPE GANGGUAN ARC FAULT**

3.1. Perancangan prototype gangguan <i>Arcing</i>	13
3.1.1 Perancangan Alat Eksperimen.....	14
3.1.2 Kabel	15
3.1.3 Beban	15
3.1.4 Ruang <i>Chamber</i>	16
3.1.5 <i>Fuse</i>	16
3.1.6 <i>Current Transformer (CT)</i>	16
3.2. Perancangan Perangkat keras	17
3.2.1 Perancangan Pengkondisi Sinyal Arus	18
3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak atau Algoritma Pada Mikrokontroler	20
3.3. Pengambilan Data	21
3.4. Pengolahan Data	23
3.4.1 Proses Pengambilan Data dan Analisa Data.....	24

BAB 4 HASIL DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengujian dan Analisa Perangkat Elektronik	27
4.1.1 Rangkaian <i>Non-Inverting</i>	27
4.2 Mekanisme Percobaan dan Pengambilan Data.....	28
4.3 Skema Percobaan dan Pengambilan Data	29
4.4 Grafik Sinyal Asli	30
4.4.1 Sinyal Asli Kondisi Normal.....	30
4.4.2 Sinyal Asli Kondisi <i>Switching</i>	31
4.4.3 Sinyal Asli Kondisi <i>Arcing</i>	31
4.5 Analisa Karakteristik Sinyal Kondisi Normal dan <i>Switching</i>	31
4.5.1 Proses Data dengan Metode Transformasi <i>Wavelet</i> Diskrit	32
4.5.2 Perbandingan Arus Maksimum HF dan Jumlah Titik Gangguan	33
4.5.3 Analisa Kondisi Normal Pada Peralatan Pendeteksi <i>Arcing</i>	36
4.5.4 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data	40
4.5.5 Analisa Kondisi <i>Switching</i> pada Peralatan Pendeteksi <i>Arcing</i>	42

4.5.6	Analisa Probabilitas Persebaran Data	47
4.6	Analisa Karakteristik <i>Arcing</i> Pada Level Tegangan Rendah	48
4.6.1	Proses Data dengan Metode	
	Transformasi <i>Wavelet</i> Diskrit	49
4.6.2	Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan	
	Pada Frekuensi Tinggi	50
4.6.3	Analisa Kondisi <i>Arcing</i> Pada Peralatan Pedeteksi <i>Arcing</i>	52
4.6.4	Analisa Probabilitas dan Persebaran Data	55
4.7	Tampilan Data Status	57
BAB 5	PENUTUP	
5.1.	Kesimpulan	59
5.2.	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
BIOGRAFI PENULIS	63
LAMPIRAN	65

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem Tenaga listrik	5
Gambar 2.2 <i>Arc fault</i> seri.....	7
Gambar 2.3 <i>Arc fault</i> ke pentanahan	7
Gambar 2.4 <i>Arc fault</i> antar saluran	7
Gambar 2.5 Pita Frekuensi Diuraikan dengan Fungsi <i>Wavelet</i>	10
Gambar 2.6 Diagram Dekomposisi Transformasi <i>Wavelet</i> Diskrit	11
Gambar 3.1 Blok Diagram Peralatan	13
Gambar 3.2 Perancangan Peralatan Dan <i>Prototype</i> Gangguan	14
Gambar 3.3 Peralatan Eksperimen	15
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Kerja Mikrokontroler	17
Gambar 3.5 Perangkat Keras Identifikasi <i>Arcing</i> Tegangan Rendah	17
Gambar 3.6 Rangkaian Pengkondisian Sinyal Arus	18
Gambar 3.7 Pengkondisian Sinyal Arus	20
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Algoritma	21
Gambar 3.9 Kondisi Normal	22
Gambar 3.10 Kondisi <i>Switching</i> Penambahan Beban	23
Gambar 3.11 Kondisi Fenomena <i>Arcing</i>	23
Gambar 3.12 Alur Pengolahan Data	24
Gambar 3.13 Alur Transformasi <i>Wavelet</i>	25
Gambar 4.1 Sinyal Input dan Output Rangkaian Non-Inverting.	27
Gambar 4.2 Mekanisme Tejadinya <i>Arcing</i> Pada Tegangan Rendah	29
Gambar 4.3 Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal	30
Gambar 4.4 Grafik Sinyal Asli Kondisi <i>Switching</i>	31
Gambar 4.5 Grafik Sinyal Asli Kondisi <i>Arcing</i>	31
Gambar 4.6 Hasil Transformasi <i>Wavelet</i> Pada Kondisi Normal 10 lampu .	32
Gambar 4.7 Tampilan LCD Pada Peralatan Kondisi Normal 10 Lampu	36
Gambar 4.8 Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 1 Lampu.....	37
Gambar 4.9 Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 2 Lampu.....	37

Gambar 4.10	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 3 Lampu	37
Gambar 4.11	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 4 Lampu	38
Gambar 4.12	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 5 Lampu	38
Gambar 4.13	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 6 Lampu	38
Gambar 4.14	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 7 Lampu	39
Gambar 4.15	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 8 Lampu	39
Gambar 4.16	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 9 Lampu	39
Gambar 4.17	Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 10 Lampu	40
Gambar 4.18	Persebaran Arus Maksimum Pada Kondisi Normal	41
Gambar 4.19	Persebaran Jumlah Titik yang Melebihi <i>Threshold</i> pada Kondisi Normal	41
Gambar 4.20	Tampilan <i>LCD</i> Peralatan Pada Kondisi <i>Switching</i> 10 Lampu ..	43
Gambar 4.21	<i>Switching</i> 1 Lampu	43
Gambar 4.22	<i>Switching</i> 2 Lampu	44
Gambar 4.23	<i>Switching</i> 3 Lampu	44
Gambar 4.24	<i>Switching</i> 4 Lampu	44
Gambar 4.25	<i>Switching</i> 5 Lampu	45
Gambar 4.26	<i>Switching</i> 6 Lampu	45
Gambar 4.27	<i>Switching</i> 7 Lampu	45
Gambar 4.28	<i>Switching</i> 8 Lampu	46
Gambar 4.29	<i>Switching</i> 9 Lampu	46
Gambar 4.30	<i>Switching</i> 10 Lampu	46
Gambar 4.31	Persebaran Arus Maksimum Pada Kondisi <i>Switching</i>	47
Gambar 4.32	Persebaran Jumlah titik Melebihi <i>Threshold</i> Arus Pada Kondisi <i>Switching</i>	48
Gambar 4.33	Hasil Transformasi <i>Wavelet</i> Pada Percobaan <i>Arcing</i> Kondisi 12 Serabut.....	50
Gambar 4.34	Tampilan Peralatan Pendeteksi <i>Arcing</i> Tegangan Rendah Kondisi Hubung Singkat <i>Arcing</i>	53
Gambar 4.35	Grafik <i>Arcing</i> 1 Serabut	53
Gambar 4.36	Grafik <i>Arcing</i> 3 Serabut	54
Gambar 4.37	Grafik <i>Arcing</i> 6 Serabut	54

Gambar 4.38	Grafik <i>Arcing</i> 12 Serabut	54
Gambar 4.39	Grafik <i>Arcing</i> 24 Serabut	55
Gambar 4.40	Persebaran Arus Maksimum Kondisi <i>Arcing</i>	56
Gambar 4.41	Persebaran Jumlah Titik Melebihi <i>Threshlod</i> Kondisi <i>Arcing</i> .	57
Gambar 4.42	Data Status Pada Penyimpan <i>SDcard</i>	57

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Spesifikasi CT 16
Tabel 4.1	Banyak Data Tiap Percobaan 30
Tabel 4.2	Perbandingan arus HF Maksimum dan Titik Gangguan Kondisi Normal dan <i>Switching</i> 33
Tabel 4.3	Data Arus HF maksimum dan Titik Gangguan Kondisi <i>Arcing</i> 50

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab 1 pendahuluan ini, akan dibahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, serta penjelasan singkat metodologi penelitian.

1.1. Latar Belakang

Listrik adalah salah satu energi yang telah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik yang dibangkitkan dari pusat pembangkit yang disalurkan melalui sistem transmisi dan kemudian didistribusikan kepada tiap-tiap pelanggan. Disisi lain peningkatan penggunaan energi listrik di Indonesia meningkat tiap tahunnya. Data Statistik PLN 2011 menunjukkan rasio elektrifikasi dengan pertumbuhan jumlah pelanggan rumah tangga dari 39.324.520 pelanggan pada akhir tahun 2010 menjadi 45.829.980 pelanggan pada akhir tahun 2011, maka rasio elektrifikasi menjadi sebesar 70%. Dengan jumlah pelanggan yang begitu banyaknya dapat menimbulkan banyak masalah, baik pada pihak PLN dengan naiknya beban puncak atau bagi para pelanggan sendiri akan mendapatkan dampak negatif dari PLN karena terjadi beban puncak yang tidak terkendali sehingga menyebabkan pemadaman sementara. Namun tidak dapat dipungkiri pada level tegangan rendah di sisi pelanggan rumah tangga dapat dengan mudah sekali mengalami gangguan, dan juga pada level tegangan rendah memiliki kesulitan tersendiri dalam mendeteksi kegagalan atau gangguan dibandingkan dengan sistem distribusi atau sistem skala besar. Gangguan yang dialami pada level tegangan rendah berupa hubung singkat atau "*short circuit*" dan bisa juga overload. Hal ini disebabkan karena pada level tegangan rendah ini sedikit sekali proteksi yang digunakan, yaitu menggunakan rele arus lebih beserta MCB (*mechanical circuit breaker*). Namun kenyataannya peralatan tersebut hanya dapat bekerja jika terjadi beban lebih yang membuat arus juga semakin besar dan membuat rele arus lebih bekerja dan memberikan sinyal untuk MCB berupa sinyal perintah untuk

memutuskan sistem. Sedangkan untuk gangguan yang berupa “*short circuit*” dan “*arcing*” jarang terproteksi.

Sehingga banyak dalam kenyataannya, akibat adanya gangguan hubung singkat yang tidak terproteksi menyebabkan terjadinya kebakaran pada instalasi tegangan rendah karena adanya *arcing* yang terjadi tanpa terdeteksi. Kegagalan juga tergantung dari partikel-partikel yang berada dilingkungan sekitar, kelembaban, logam-logam kecil dan polusi dapat dengan mudah menembus ke dalam isolasi, yang akan menciptakan jalur konduktif listrik antara penghantar dan bagian lain dari sistem yang berbeda potensial. Pada level tegangan rendah fenomena *arcing* tidak dapat terdeteksi karena memiliki karakteristik arus dan fenomena berbeda dari hubung singkat yang terjadi pada level tegangan lain. Hal ini menyebabkan *arcing* tidak bisa diatasi secara efektif oleh peralatan pengaman konvensional, sehingga dapat berujung dan menimbulkan kebakaran. Bahaya kebakaran ini sangat merugikan banyak pihak dan dapat memakan kerugian material yang sangat besar. Bahaya kebakaran akibat hubung singkat ini sangat riskan terjadi karena ketidak mampuan peralatan proteksi pada *low voltage* untuk mendeteksi dan mengatasi gangguan ini. *Short circuit* ini biasanya dapat terdeteksi oleh rele arus lebih karena arusnya cenderung lebih besar dari pada *overload*, namun hal itu hanya berlaku pada level tegangan menengah dan tinggi saja. Pada level tegangan rendah tidak dapat terdeteksi karena karakteristik gangguannya berbeda dengan yang terjadi pada level tegangan lain. Pada penelitian ini diharapkan bisa membuat peralatan identifikasi *arcing* pada level tegangan rendah dengan memanfaatkan karakteristik sinyal gangguan yang telah diperoleh. Sehingga kasus-kasus kebakaran yang terjadi pada level tegangan rendah akibat *short circuit* yang menimbulkan *arcing* dapat diproteksi dan tidak terjadi lagi.

Pada penelitian ini menggunakan sebuah metode pengindentifikasian *arcing* dengan memanfaatkan komponen frekuensi tinggi saat terjadi arus *arcing*. Pada penelitian ini memanfaatkan transformasi *wavelet* sebagai teknik pemrosesan sinyal untuk identifikasi gangguan.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam sub-bab ini menjelaskan tentang uraian permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah dalam penelitian ini antara lain yaitu, bagaimana cara merancang metode identifikasi *arcing*, bagaimana cara menintegrasikan antara sisi gangguan dengan komponen sistem pengukuran, bagaimana membuat program pada mikrokontroller yang sesuai dengan rencana algoritma awal, bagaimana mengintegrasikan hasil arus sampling gangguan dengan mikrokontroller dan yang terakhir bagaimana cara membedakan antara kondisi normal, kondisi switching (penambahan beban) dan kondisi *arcing*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik arus pada saat terjadi *arcing* pada sistem jaringan tegangan rendah dan membuat suatu peralatan yang dapat mendeteksi adanya *arcing* supaya dapat mengurangi adanya kebakaran akibat hubung singkat disisi tegangan rendah.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mengkonsentrasikan proses penelitian ini, beberapa batasan didiskripsikan dengan tidak menurunkan target capaian pada penelitian ini. Batasan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, gangguan *Arcing* yang akan di deteksi adalah yang terjadi pada level tegangan rendah. Fokus utama yang akan di investigasi adalah *arcing* akibat *short circuit* yang tidak terdeteksi oleh *MCB*.

1.5. Kontribusi Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi dan dapat menjadi referensi bagi peneliti yang akan melakukan penelitian dengan topik yang sama. Diharapkan dapat menjadi alat bantu bagi perusahaan atau para pelanggan listrik pada level tegangan rendah untuk dapat mengurangi tingkat kebaran yang sering kali ditimbulkan oleh gangguan *arcing*, mempermudah mendeteksi *arcing* dengan cara ini dapat meminimalisir terjadinya suatu kebakaran.

1.6. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan teknik *digital signal processing* untuk mendeteksi gangguan *arcing*. dengan menggunakan *DSP* mempermudah kita untuk memproses sinyal yang memiliki sifat *real time*. Selama terjadi fenomena atau gangguan arcing atau fenomena penambahan beban (*switching*) maka saluran arus tersebut akan memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi sumber. Pada penelitian ini metode yang akan digunakan menggunakan metode transformasi *wavelet*. *Wavelet* disini dapat memproses sinyal dengan menggunakan durasi data yang pendek. Transformasi *wavelet* ini sistem kerjanya hampir sama dengan transformasi *forier* dengan cara mengkasifikasi sinyal sinusoidal dalam frekuensi yang bermacam-macam. Jenis transformasi *wavelet* yang paling banyak digunakan untuk menganalisa sinyal yaitu transformasi *wavelet diskrit*. Transformasi *wavelet* diskrit ini memproses sinyal dengan cara memisahkan sinyal yang memiliki frekuensi tinggi (*detail*) dengan sinyal frekuensi rendah (*approximation*). Proses transformasi *wavelet* diskrit diawali dengan proses filter yaitu dengan melewatkan sinyal dengan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah setelah itu dilanjutkan dengan proses sub-sampling dengan mengambil hasil dari *aproximation*. Tahap-tahapan proses ini disebut dengan proses dekomposisi. Dekomposisi ini dilakukan secara terus menerus hingga mendapatkan sinyal yang kita butuhkan.

Pada penelitian ini menggunakan metode transformasi *wavelet* diskrit agar dapat di analisa dan diproses menggunakan teknik digital *singal processing* pada peralatan mikrokontroler. Metode transformasi *wavelet* ini pada nantinya akan membandingkan suatu kondisi normal dan apabila terjadi fenomena *arcing* maupun kondisi *switching* atau penambahan beban. Arus gangguan akan di transformasikan ke dalam bentuk *wavelet* sehingga akan menghasilkan koefisien tertentu. Kemudian koefisien-koefisien tersebut akan diproses menjadi beberapa variabel. Variabel-variabel tersebut akan dijadikan parameter untuk mendeteksi gangguan.

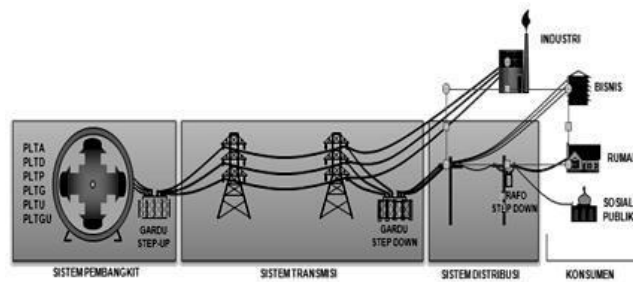
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab dua ini, akan dibahas mengenai sistem jaringan tegangan rendah, *Arc Fault* pada sistem tegangan rendah, transformasi wavelet beserta penurunannya, dan pemrograman mikrokontroler.

2.1. Sistem Jaringan Tegangan Rendah

Sistem tenaga listrik sangatlah kompleks karena terdiri dari komponen peralatan ataupun mesin-mesin listrik seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dengan pengaturan yang saling terintegrasi menjadi suatu sistem yang berfungsi untuk membangkitkan, menyalurkan dan menggunakan energi listrik. Proses penyaluran tenaga listrik dapat dijabarkan seperti gambar 2.1



Gambar 2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem jaringan tegangan rendah memiliki posisi terletak setelah trafo step down dari tegangan 20 kV dan memiliki level tegangan sebesar 220 volt. Pada dasarnya level tegangan ini berada paling dekat dengan pelanggan. Pada level tegangan rendah pada sisi pelanggan dapat mudah sekali mengalami gangguan dan memiliki kesulitan tersendiri dalam mendeteksi kegagalan atau gangguan dibandingkan dengan sistem distribusi atau sistem skala besar.

2.2. Arcing Fault di Tegangan Rendah

Arcing selalu menjadi perhatian dalam sistem kelistrikan, karena menyebabkan terjadinya kebakaran dan kegagalan sistem. Ada sebuah teknik yang hanya bergantung pada analisa pengenalan pola dalam domain waktu dan

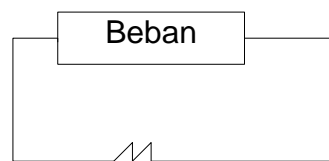
domain frekuensi yaitu menggunakan transformasi *forier*, *forier* tidak bekerja dengan baik karena rasio sinyal terhadap *noise* sangat rendah dan sinyal arc tidak periodik. Sebaliknya untuk transformasi wavelet menyediakan waktu dan pendekatan frekuensi untuk menganalisa sinyal dengan beberapa resolusi. [1]. Dalam kasus *Fast Forier Transform (FFT)*, *FFT* hanya mengidentifikasi kegagalan permanen, tetapi tidak untuk kegagalan sementara karena metode ini hanya memberikan konten frekuensi yang sama dengan kondisi normal. Selain itu *FFT* tidak dapat memberikan informasi waktu yang tepat dari terjadinya kegagalan.[2]

Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPN) periode Agustus 2011 sampai dengan agustus 2014 dari 900 kasus kebakaran yang terjadi di permukiman penduduk 595 diantaranya disebabkan adanya korsleting listrik. Negara-negara lain selain indonesia juga banyak kasus kebakaran yang disebabkan oleh kegagalan isolasi yang menyebabkan arc fault dan menimbulkan terjadinya kebakaran. Oleh karena itu kasus ini sudah ada yang menangani yaitu peralatan proteksi yang disebut dengan *AFCI* untuk instalasi tegangan rendah yang sudah di operasikan sejak tahun 1990 di amerika serikat. Namun alat itu masih banyak kekurangan. [3]

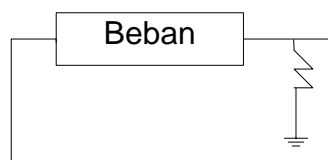
Arcing adalah suatu fenomena pelepasan arus listrik yang mengalir diantara elektroda melalui media gas ataupun uap, biasanya terjadi penurunan tegangan di daerah katoda jauh lebih besar dibandingkan tegangan didaerah anoda. Terjadinya arcing dapat diawali dalam beberapa hal yaitu pelepasan bunga api (*spark discharge*) dan kontak fisik. Sebuah percikan api (*spark discharge*) dapat menimbulkan arcing jika sebuah tegangan memiliki potential tegangan yang besar menembus udara diantara kedua elektroda. Sistem level tegangan rendah tidak mampu menimbulkan terjadinya percikan api, namun arcing dapat berkembang dari percikan api ketika terjadi di sebagian permukaan konduktor, seperti isolasi rusak dan kawat konduktor menyentuh sirkuit pentanahan. [4]

Berdasarkan dampak *arcing* terhadap sistem, *arcing* dibagi menjadi 2 yaitu *arcing* bersifat biasa dan *arcing* bersifat buruk terhadap sistem. *Arcing* yang bersifat biasa terjadi di daerah *steaker* listrik sedangkan arcing buruk biasanya disebut *arc fault*, yang mana disebabkan oleh terbakar dan terjadi kerusakan

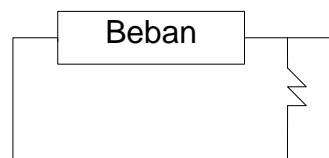
isolasi dari sirkuit listrik dan kabel, rusaknya isolasi udara (*atmospheric breakdown*) di akibatkan oleh polusi, udara lembab, dan sambungan listrik yang longgar. Sedangkan berdasarkan dari besar arus *arcing*, arcing dibagi menjadi 2 yaitu *high-level arc* dan *low-level arc*. Berdasarkan posisi terjadinya arcing dapat dibagi menjadi *arcing* seri, *arcing* paralel, sedangkan *arcing* paralel dapat dibagi menjadi *ground arc* dan *wire-wire arc*, dapat kita lihat pada gambar 1,2 dan 3.



Gambar 2.2. *Arc fault* seri



Gambar 2.3. *Arc fault* ke pentanahan



Gambar 2.4. *Arc fault* antar saluran

Ketika *atmospheric breakdown* sering terjadi maka karakteristik dari *arcing* yaitu suhu tinggi, arus kecil, dan durasi yang pendek. Ketika *arc discharge* terjadi maka akan menghasilkan panas yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran pada bagian alat yang mudah terbakar misalnya pada isolasi listrik.

Pada sistem kelistrikan industri, *arcing* merupakan alasan utama yang menyebabkan kecelakaan pada sistem kelistrikan. *Fuse* dan *circuit breaker* gagal mendeteksi terjadinya *arcing*. Hal ini dikarenakan CB dirancang untuk mendeteksi *arcing* beban lebih saja, namun karena arus *arcing level* rendah sangat

kecil dan bahkan lebih kecil dari *rating* arus, maka CB tidak akan mendeteksi sementara pada *arcing* level tinggi memiliki arus yang besar tetapi berlangsung singkat. Sementara *breaker* gagal untuk melakukan proteksi pada *arcing* yang sudah dibedakan. Oleh karena itu pada proposal ini akan mencoba merancang peralatan identifikasi arcing dengan menggunakan metode transformasi *wavelet* pada pemrosesan sinyalnya. [5]

2.3. Transformasi *wavelet*

Sinyal gangguan yang ditimbulkan oleh *arcing fault* akan diolah dengan menggunakan metode transformasi *wavelet*. Transformasi *wavelet* merupakan suatu transformasi linear yang hampir mirip dengan transformasi *forier*. Seperti yang kita telah ketahui, suatu algoritma yang menangani karakteristik sinyal pada domain frekuensi adalah transformasi *forier*. *Forier* umumnya digunakan analisa spektrum. Transformasi *forier* menjelaskan singularitas sinyal secara keseluruhan dan sulit untuk mendapatkan rincian lokasi gangguan dalam domain waktu. Transformasi *wavelet* secara efektif dapat mengatasi masalah ini karena bisa menempatkan di domain waktu. Transformasi *wavelet* didefinisikan sebagai [6] :

$$WT_x(\alpha, \tau) = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \int x(t) \varphi^* \left(\frac{t-\tau}{\alpha} \right) dt = \{x(t), \varphi_{\alpha\tau}(t)\} \quad (2.1)$$

Persamaan ini $x(t) \in L^2(R)$, $\varphi(t)$ adalah fungsi *wavelet*. Dan $\{x, y\}$ di definisikan sebagai:

$$\{x(t), y(t)\} = \int x(t)y^*(t) dt \quad (2.2)$$

$\varphi_{\alpha\tau}$ adalah didefinisikan sebagai

$$\varphi_{\alpha\tau} = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \varphi \left(\frac{t-\tau}{\alpha} \right) \quad (2.3)$$

$\varphi_{\alpha\tau}$ menjelaskan tentang pelebaran faktor integer dan pergeseran faktor skala dari fungsi *wavelet*. Fungsi t, α, φ merupakan variabel kontinyu. Jadi metode ini disebut *continous wavelet transform*.

Tetapi untuk menganalisa data dengan komputer maka sinyal tersebut harus di diskritkan terlebih dahulu. Setelah pelebaran faktor integer dan

pergeseran faktor skala telah di diskritkan maka akan menghasilkan persamaan baru yaitu:

$$WT_x(\alpha_0^j, k_{\tau_0}) = \int x(t) \varphi^*(t) dt, \quad J=0,1,2,\dots, k \in Z. \quad (2.4)$$

Untuk karakteristik pita frekuensi, suatu sinyal $X(t)$ dapat di diskritkan untuk menghasilkan time series sample $x(n)$, dimana, $n=1,2,3,\dots$ jika sinyal didefinisikan A_s , maka *Discreat Wavelet Transform* dan dijelaskan pada persamaan dibawah ini.

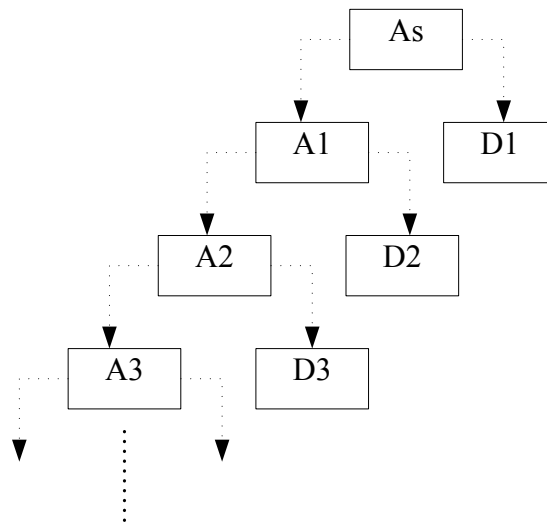
$$A_s = A_1 + D_1 = A_2 + D_1 + D_2 = \dots \quad (2.5)$$

Dalam fungsi ini, sinyal A_s akan dikomposisi menjadi sinyal pendekatan A_{j+1} dan detail senyal adalah D_{j+1} . Sinyal A_{j+1} merupakan sinyal frekuensi rendah dan D_{j+1} merupakan frekuensi tinggi. Gambar 2.4, menunjukkan proses dekomposisi sinyal. Jadi menurut metode yang ditampilkan pada gambar 2.4, $x(n)$ dapat dijelaskan sebagai berikut.

$$X(n) = A_n + D_1 + D_2 + \dots + D_n \quad (2.6)$$

Bentuk baru dari sinyal asli yang berisi perbedaan karakter band frekuensi dalam domain waktu. Ini akan menjadi peluang untuk mengidentifikasi *arcing* dan sinyal arus yang bekerja secara normal dengan mendeteksi sinyal dari setiap band frekuensi.

Seperti yang kita ketahui, fenomena yang paling signifikan dari terjadinya *arcing* adalah suhu tinggi dan panas yang berlebihan saat *arcing* terjadi. Dengan kata lain, sangat efisien dan tepat untuk menggunakan sinyal listrik untuk mendeteksi *arcing*.



Gambar 2.5. Pita Frekuensi Diuraikan dengan Fungsi *Wavelet*

Untuk penjelasan lebih jelasnya *discreet wavelet transform* dan *wavelet tree* dan proses dekomposisi akan dijelaskan sebagai berikut.

2.3.1 Transformasi *Wavelet* diskrit

Pada [7], menjelaskan bahwa transformasi *wavelet* dibagi menjadi 2 jenis yaitu transformasi *wavelet* kontinu dan transformasi *wavelet* diskrit. Dengan suatu fungsi $f(t)$ pada transformasi *wavelet* kontinu menghasilkan banyak koefisien. Hal ini menyebabkan data yang dihasilkan menjadi berlebihan atau ter-redundansi [8]. Permasalahan ini dapat terselesaikan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit. Pada pemrosesan transformasi *wavelet* diskrit mengambil hanya beberapa sample dari koefisien dari transformasi *wavelet* kontinu.

Untuk implementasinya transformasi *wavelet* diskrit tersusun berdasarkan algoritma dekomposisi *mallat*. Gelombang input dipisah atau didekomposisi menjadi 2 sinyal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.5, gambar tersebut menjelaskan tentang pembagian 2 buah frekuensi yaitu frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Untuk frekuensi rendah disebut dengan aproksimasi atau pendekatan sedangkan untuk posisi frekuensi tinggi disebut dengan detail. Gambar 2.5 juga menunjukkan pembagian dua sinyal yaitu sinyal frekuensi rendah dan sinyal frekuensi tinggi. Sinyal pada frekuensi rendah

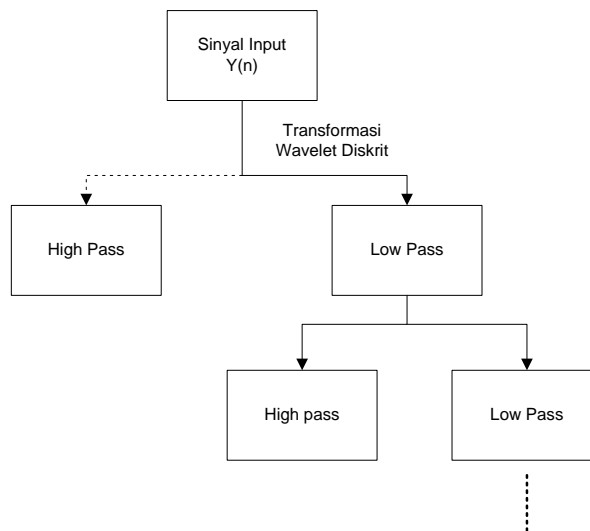
kemudian dibagi lagi menjadi sinyal yang frekuensi yang berbeda. Proses tersebut akan berulang-ulang sampai dengan level yang kita butuhkan.

2.3.2 Proses *Filter*

Pada pengolahan sinyal digital, adapun proses yang digunakan untuk mengkombinasikan sinyal input dengan parameter lain yang disebut dengan koefisien *filter*, sinyal *trigger*, bobot ataupun respon impuls. Dapat dituliskan untuk rangkaian *input* $x(n)$ dan koefisien *filter* $h(n)$, maka rangkaian keluaran $y(n)$ dapat kita nyatakan sebagai berikut :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k) x(n-k) \quad (2.7)$$

Dari persamaan diatas dapat menggambarkan bagaimana proses filter dan *down-sampling* yang akan dilakukan untuk menurunkan hasil koefisien Transformasi *wavelet* diskrit dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6. Diagram Dekomposisi Transformasi *Wavelet* Diskrit

Dari gambar 2.6 Diatas yaitu proses dekomposisi transformasi *wavelet* diskrit. Proses tersebut bisa dinamakan dengan struktur pohon, pada saat menghasilkan dua sinyal baru maka satu diantaranya dibuang. Maka dari itu

panjang sinyal yang telah terdekomposisi akan sama seperti panjang sinyal awal. Transformasi *wavelet* memiliki bermacam-macam *mother wavelet*, oleh karena itu tiap-tiap *mother wavelet* akan menghasilkan koefisien yang berbeda-beda. Koefisien tersebut tergantung dari masing-masing *mother wavelet*.

2.4. Metode Deteksi Gangguan

Pada penelitian ini menggunakan teknik *digital signal processing* untuk mendeteksi *arcing*. dengan menggunakan *DSP* mempermudah kita untuk memproses sinyal dengan sifat real time. Selama terjadi fenomena *arcing* ataupun fenomena penambahan beban maka saluran arus tersebut akan memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi sumber. Metode yang akan digunakan menggunakan metode transformasi *wavelet*. *Wavelet* disini dapat memproses sinyal dengan menggunakan data yang pendek. Transformasi *wavelet* ini sistem prosesnya hampir sama dengan transformasi *forier* dengan cara mengklasifikasikan sinyal sinusoidal dalam frekuensi yang bermacam. Transformasi *wavelet* yang paling banyak digunakan untuk menganalisa sinyal yaitu transformasi *wavelet* diskrit. Transformasi *wavelet* diskrit ini memproses sinyal dengan cara memisahkan sinyal yang memiliki frekuensi tinggi (*detail*) dengan sinyal frekuensi rendah (*approximation*). Proses transformasi *wavelet* diskrit diawali dengan proses filter yaitu dengan melewati sinyal dengan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah setelah itu dilanjutkan dengan proses sub-sampling dengan mengambil hasil dari *aproximation*. Tahap-tahapan proses ini disebut dengan proses dekomposisi. Dekomposisi ini dilakukan secara terus menerus hingga mendapatkan sinyal yang kita butuhkan.

Pada penelitian ini menggunakan metode transformasi *wavelet* diskrit agar dapat dianalisa menggunakan teknik *digital singal processing*. Metode transformasi *wavelet* ini pada nantinya akan membandingkan suatu kondisi normal dan apabila terjadi fenomena *arcing* maupun kondisi *switching* atau penambahan beban. Arus gangguan akan ditransformasikan ke dalam bentuk *wavelet* sehingga akan menghasilkan koefisien tertentu. Kemudian koefisien-koefisien tersebut akan diproses menjadi beberapa variabel. Variabel-variabel tersebut akan dijadikan parameter untuk mendeteksi gangguan.

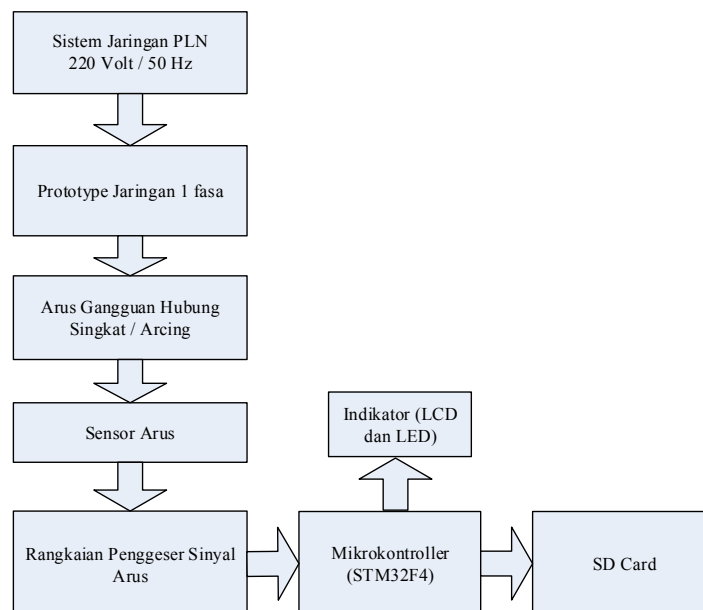
BAB III

PERANCANGAN PERALATAN PENDETEKSI *ARCING* DAN *PROTOTYPE GANGGUAN ARC FAULT*

Pada bab 3 ini akan dirancang sebuah peralatan pendeteksi *arcing* beserta *prototype* pembuatan gangguan *arcing*. Dalam perancangannya terdapat 3 tahapan yang dilakukan yaitu perencanaan dan pembuatan *hardware prototype* gangguan, pembuatan *hardware* penggeser sinyal dan pembuatan algoritma program pada mikrokontroler *STM32F4* dengan menggunakan metode transformasi *wavelet*. Tahap-tahapan tersebut akan dijelaskan secara terperinci pada dibawah ini.

3.1 Perancangan *prototype* gangguan *Arcing*

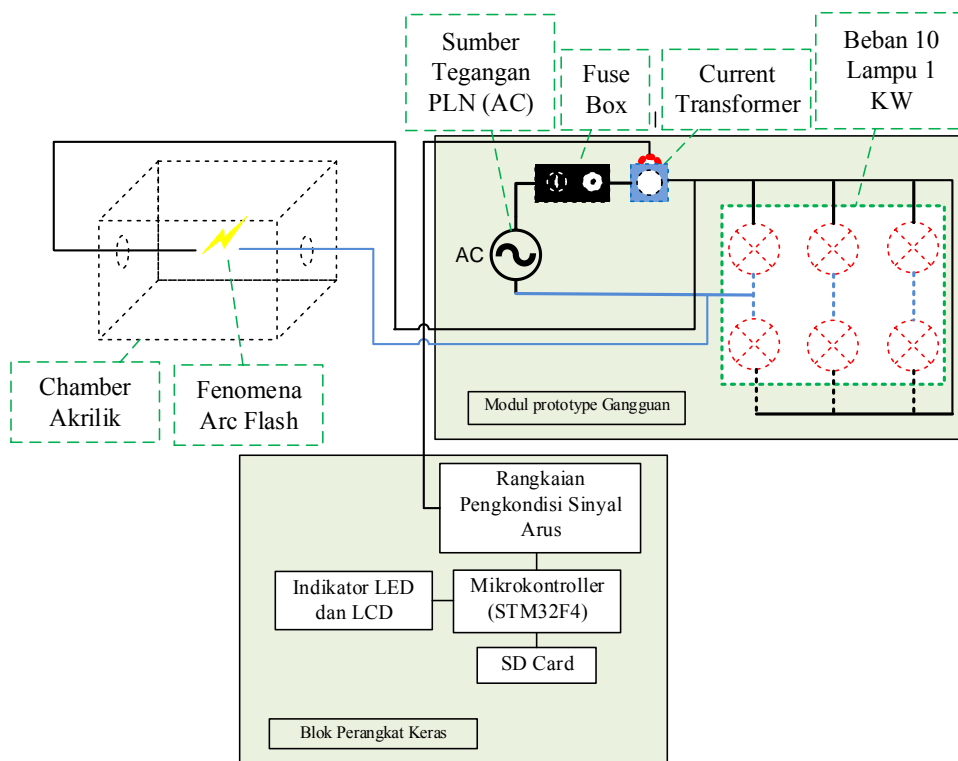
Penelitian ini akan dirancang suatu peralatan pendeteksi *arcing* dengan *prototype* sistem jaringan level tegangan rendah dengan level tegangan 220 volt. Pendeteksian akan dilakukan pada saat terjadinya *arcing* pada *prototype* tersebut yang akan di sensing oleh sensor arus. Selain itu sistem ini terdiri dari saklar-saklar sebagai media pembuatan *switching* seperti halnya penambahan dan pengurangan beban, *fuse*, mikrokontroler, serta modul *microSD* yang akan berfungsi sebagai penyimpanan data sinyal. Perancangan peralatan ditunjukkan oleh blok diagram dibawah ini.



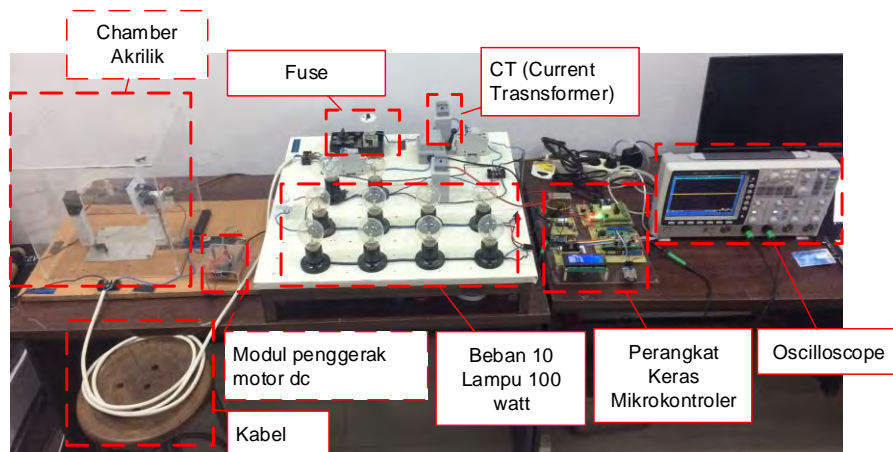
Gambar 3.1. Blok Diagram Peralatan

3.1.1 Perancangan Alat Eksperimen

Perancangan alat eksperimen ini bertujuan untuk melakukan simulasi pada saat memiliki kondisi normal, keadaan pada saat terjadi *switching* dan pada saat terjadi fenomena terjadinya *arc fault* (busur api). Adapun sekema perancangan peralatan perancangan alat eksperimen ditunjukkan pada gambar 3.2, sedangkan alat eksperimen dari skema tersebut ditunjukkan pada gambar 3.3. Alat eksperimen ini terdiri dari *hardware* dan *software*. Peralatan-peralatan *hardware* yang digunakan adalah *fuse* 6 Amper, *Fuse Box*, *Current Transformer* (CT) 200/5 Amper, Kabel serabut 1 Fasa ukuran luas penampangnya $2,5 \text{ mm}^2$, beban resistif berupa lampu 100 watt sebanyak 1-10 buah (untuk kondisi normal), Beban lampu 100 watt sebanyak 1-11 buah (untuk kondisi *switching* penambahan beban), saklar *switching*, *chamber* akrilik digunakan sebagai *safety* dari loncatan busur api), Mikrokontroler *STM32F4*. Semua data sinyal yang telah diolah oleh *STM32F4* kemudian disimpan pada Sdcard untuk di analisa.



Gambar 3.2. Perancangan Peralatan Dan *Prototype* Gangguan



Gambar 3.3. Peralatan Eksperimen

3.1.2 Kabel

Kabel disini merupakan komponen yang sangat bagitu penting dalam kelistrikan yang berfungsi sebagai penghantar atau konduktor. Namun penggunaan kabel yang tidak sesuai standar dapat mengakibatkan kejadian fatal misalnya kebakaran yang diakibatkan terbakarnya isolasi dari kabel akibat adanya *arc fault*. Untuk jenis kabel serabut memiliki probabilitas kegagalan isolanyi sangat besar, dikarenakan isolasi pada kabel tersebut tidak terlalu bagus dibandingkan dengan kabel yang berjenis *copper*. Dasar dari pemilihan kabel yang berjenis serabut dengan luas penampang 1,5 mm² pada penelitian ini karena rata-rata kabel yang digunakan di area distribusi dan khususnya permukiman penduduk merupakan jenis ini.

3.1.3 Beban

Pada penelitian ini akan menggunakan beban resistif yang terdiri dari bola lampu 100 watt sebanyak 1-10 buah (kondisi normal) dan 1-11 buah lampu untuk mendapatkan data *switching* atau penambahan beban. Total dari beban tersebut sebesar 1000 watt. Penggunaan simulasi seperti ini dengan beban 1000 watt dengan arus kurang lebih 5A dengan 1200 VA PLN dibuat serupa dengan PLN.

3.1.4 Ruang Chamber

Chamber merupakan tempat atau peralatan yang digunakan untuk melakukan eksperimen *arc fault*. Tempat chamber disini menggunakan bahan akrilik dengan menggunakan ketebalan 0,2 mm, dengan panjang sebesar 30 cm, lebar sebesar 15 cm, dan tinggi 20 cm.

3.1.5 Fuse

Fuse merupakan peralatan konvensional yang berfungsi sebagai pengaman apabila saat pengambilan data terjadi arus lebih. Fuse yang digunakan pada penelitian ini menggunakan fuse yang berstandar *SNI* dengan merk pabrikan yaitu *bright-G 6A 220V/380V*, beserta dengan *fuse box*-nya.

3.1.6 Current Transformer (CT)

CT atau trafo arus, merupakan perantara pengukuran arus, dimana keterbatasan kemampuan baca alat ukur. *CT* umumnya selain digunakan sebagai media pembacaan juga digunakan dalam sistem proteksi sistem tenaga listrik. Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik sangatlah kompleks sehingga *CT* itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada. Pada penelitian ini dibutuhkan skala yang lebih kecil disisi sekunder karena pada saat pengambilan data berlangsung dikhawatirkan arus *arc fault* melebihi batas maksimal arus yang dapat diterima dan dibaca oleh mikrokontroler. Berikut ini spesifikasi *CT* yang digunakan dalam penelitian ini.

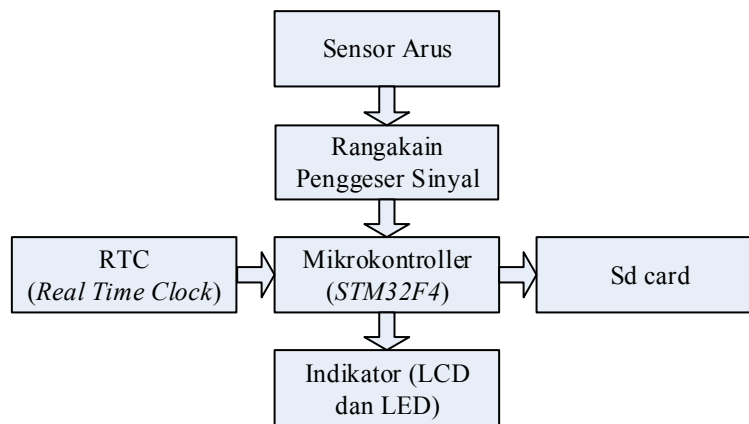
Tabel 3.1 Spesifikasi CT

Jenis CT	CT ICY-3S-1B series CIC
Rasio CT	200/5 A
Class CT	1
Burden CT	2,5
Range frekuensi	50-60 Hz

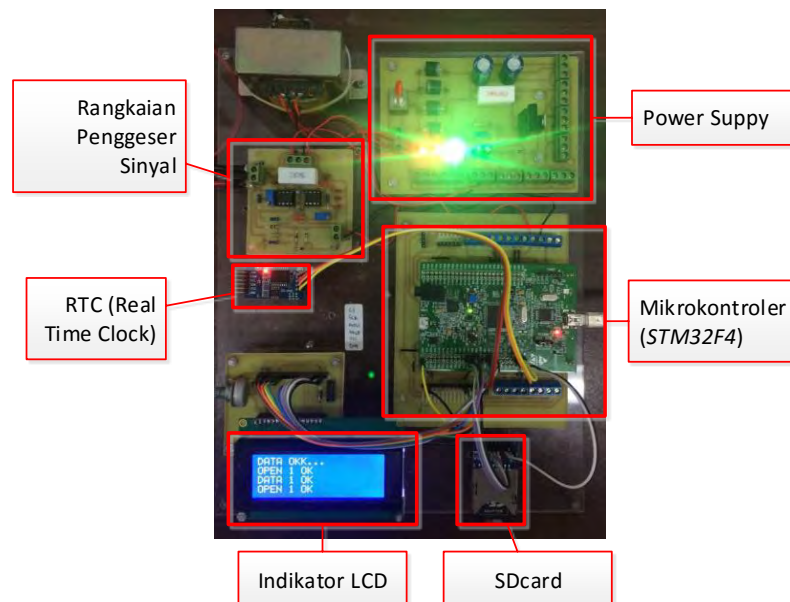
Sensor arus yang digunakan menggunakan rasio primer/sekunder : 200/5A dapat dijelaskan dengan input 200 A akan menghasilkan output dari sekunder CT bernilai 5A.

3.2 Perancangan Perangkat keras

Blok diagram rangkaian mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4. Blok Diagram Sistem Kerja Mikrokontroler



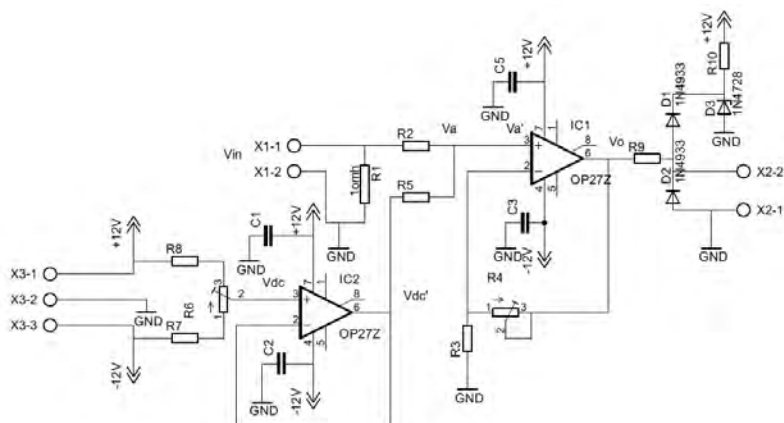
Gambar 3.5. Perangkat Keras Identifikasi Arcing Tegangan Rendah

Sistem Mikrokontroler ini digunakan sebagai pengontrol dari proses yang ada. Kegunaan mikrokontroler *STM32F4* ini memiliki dua peran utama yaitu untuk

mengkonversi data yang berasal dari sensor, menyimpan data dari sensor dan mengolah data yang telah di terima oleh sensor arus. Antara sisi sensor arus dan mikrontroller terdapat sebuah rangkaian pengkondisian sinyal yang berperan untuk menggeser sinyal arus yang dihasilkan sensor arus berupa sinyal sinusoidal. Sinyal sinusoidal tersebut kemudian digeser menjadi sinyal DC, yang akan berfungsi sebagai inputan dari pada pin ADC. Pada blok diagram diatas juga terdapat modul RTC, RTC disini digunakan untuk pewaktuan pada peralatan. Pada saat terjadi gangguan peralatan juga akan menyimpan data waktu gangguan. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut.

3.2.1 Perancangan Pengkondisi Sinyal Arus

Untuk bisa memproses arus *output* dari *Current Transformer* (CT), sumber arus harus di konversikan terlebih dahulu menjadi sumber tegangan oleh karena itu sumber arus AC (I_1) diparalel dengan resistor (R1) sebesar 1 ohm, dimana sumber tegangan tersebut merupakan hasil kali antara arus dan dengan resistansi. Arus input AC (I_1) sebesar 5A kemudian dirubah ke tegangan menjadi 5 volt, setelah itu diturunkan menggunakan potensiometer menghasilkan tegangna sebesar 2,5. Rangkaian *ADC* mikrokontroler *STM32F4* hanya dapat membaca input sebesar 0-3 volt, sedangkan tegangan berpolaritas negatif (-) tidak dapat terbaca. Oleh karena itu dibutuhkan rangkaian non inverting adder agar tegangan bernilai negatif dapat terbaca oleh mikrokontroler *STM32F4*. Rangkaian pengkondisi sinyal arus dapat di lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.6. Rangkaian Pengkondisian Sinyal Arus

Perhitungan:

$$V_i = I_{in} \times 1\Omega$$

$$V_a = V_a|v_i + V_a|V_{dc}$$

$$V_a = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_5}\right) \cdot V_{in} + \left(\frac{R_2}{R_2 + R_5}\right) V_{dc}'$$

$$V_a = \left(\frac{1}{2} (V_{in} + V_{dc}')\right)$$

Sehingga tegangan output V_o adalah

$$V_a = V_{a'}$$

$$V_o = I_4 (R_4 + R_3)$$

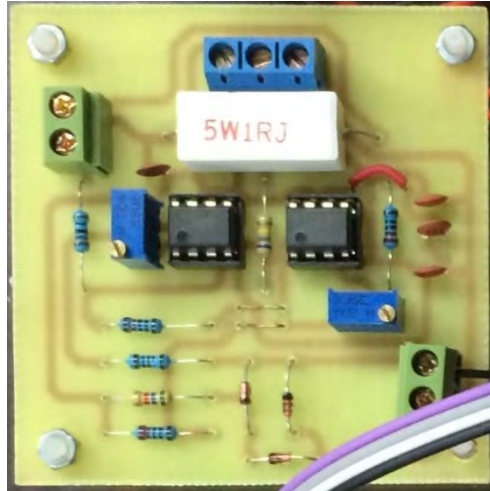
$$I_4 = \frac{V_{a'}}{R_4}$$

$$V_o = \left(\frac{V_{a'}}{R_4}\right) (R_4 + R_3)$$

Dari rangkaian diatas juga terdapat rangkain *clipper* pada posisi setelah output. Rangkaian *clipper* berfungsi untuk membatasi tegangan output agar memiliki jangkauan tegangan -3 volt sampai 3 volt. Rangkaian *clipper* yang sederhana bekerja dengan prinsip, jika amplitude tegangan sinyal dari blok amplifier lebih besar dari 3 volt maka D1 akan terbias maju sehingga tegangan output akan ditentukan oleh tegangan *zener* dan tegangan bias maju pada D1 yaitu sekitar 3 volt. Jika tegangan sinyal lebih kecil dari -3 maka D2 akan terbias maju sehingga sinyal tegangan output yang keluar adalah tegangan *zener* ditambah tegangan bias maju diode D2 yaitu -3 v. Apabila sinyal tegangan yang keluar dari blok *amplifier* diantara tegangan +3 dan - 3 maka D1 dan D2 tidak terbias maju sehingga sinyal tegangan output sama dengan tegangan input.

Apabila diperlukan untuk mengubah batas-batas pemotongan atas maupun bawah dari sinyal input maka rangkaian clipper ini dapat diubah sedikit yaitu dengan mengubah tegangan *zener* dari diode *zener*.

Hasil Perancangan pengkondisian sinyal arus dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



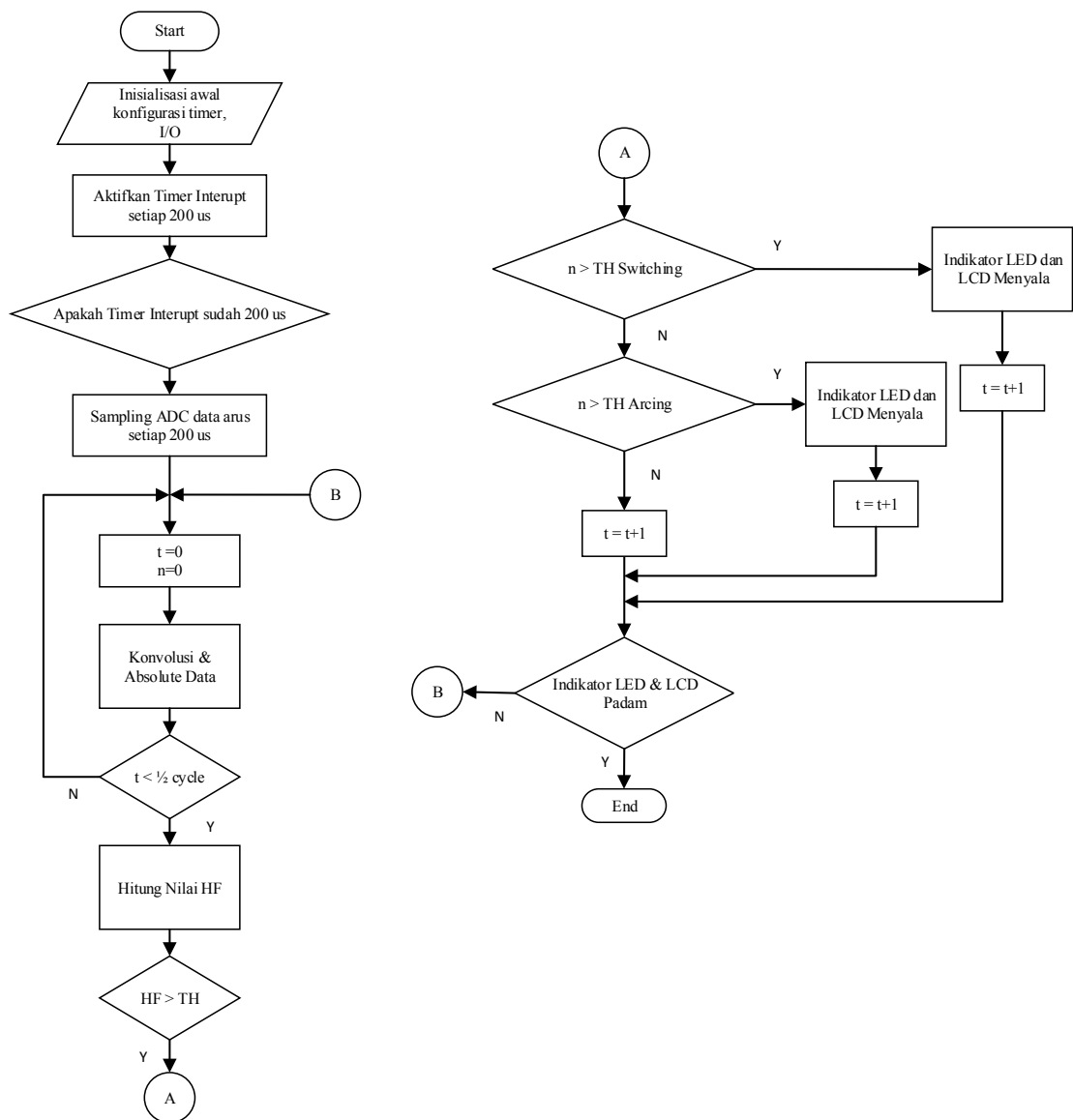
Gambar 3.7. Pengkondisian Sinyal Arus

3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak atau Algoritma pada Mikrokontroler

Hasil data dari output CT yang berupa tegangan akan menjadi masukan ke ADC dan kemudian akan diproses kembali oleh mikrokontroler. Algoritma pada mikrokontroler ini dibuat menggunakan bahasa C dengan compiler *Keil uVision*. Resolusi ADC pada mikrokontroler ini menggunakan 12 bit sehingga untuk mendapatkan nilai resolusi ADC kita dapat mencarinya dengan persamaan dibawah ini.

$$Resolusi\ ADC = \frac{V_{ref}}{2^{12}-1} = \frac{3000\ mV}{4095-1} = 0.7326\ mV/bit \quad (3.1)$$

Sedangkan untuk pembuatan program pada mikrokontroler dibuatlah algoritma seperti flowchart dibawah ini.



Gambar 3.8. Flowchart Algoritma

3.3 Pengambilan Data

Pada penelitian ini untuk proses pengambilan data menggunakan 3 kondisi, yaitu pada saat kondisi awal (normal), kondisi *switching*, dan pada saat terjadinya *arc fault*. Data yang akan diproses meliputi data arus dari semua kondisi diatas.

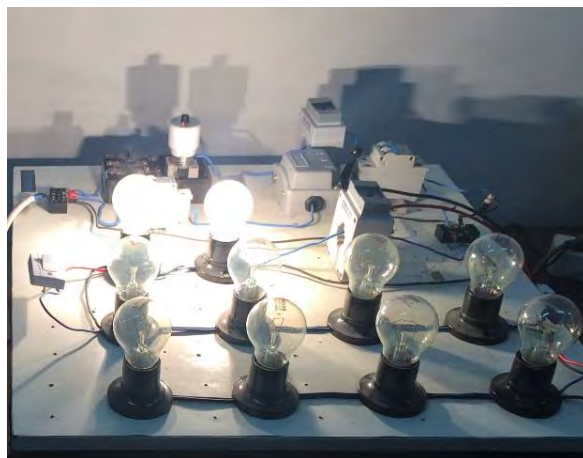
Kondisi awal (normal) yaitu kondisi dimana sistem jaringan listrik berjalan tanpa gangguan. Tujuan dari kondisi ini menghasilkan data arus normal.

Kondisi *switching* yaitu kondisi dimana sistem diberikan tambahan beban dengan menggunakan saklar untuk menyalurkan suplai ke baban tambahan

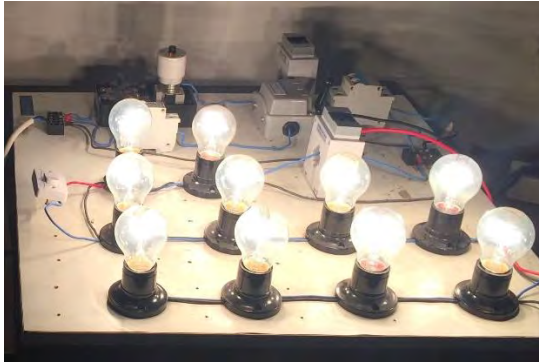
tersebut. Kondisi ini data yang dibutuhkan adalah arus transien sesaat pada saat menyalakan dan mematikan saklar. Pengambilan data ini bertujuan untuk mendeteksi arus yang mengalir pada saat melakukan switching.

Kondisi terjadinya *arc fault* yaitu kondisi pada saat sistem diberi gangguan sehingga muncul fenomena *arc fault*. Pada kondisi ini data yang diambil yaitu data arus pada saat terjadi gangguan. Kondisi ini dilakukan eksperimen dan pengambilan data sebanyak 25 kali dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik dan menggambarkan kondisi lapangan yang terjadinya tidak dapat diprediksi. Jumlah serabut yang akan dijadikan gangguan bervariasi yaitu jumlah serabut sebanyak 1, 3, 6, 12, 18, dan 24. Percobaan ini dilakukan bertujuan untuk menyerupai atau menyamakan kejadian dilapangan, dimana kejadian arcing tersebut tidak dapat diprediksi. Pada percobaan dan pengambilan data ini menggunakan kabel serabut 220/380 Volt 1 fasa, dengan luas penampang $1,5 \text{ mm}^2$ dengan panjang 20 meter.

Pada gambar 3.9. merupakan gambar pada saat kondisi normal dimana belum diberi tambahan beban dan belum diberi gangguan. Sedangkan untuk kondisi switching atau penambahan beban dapat dilihat pada gambar 3.10. dimana dimana semula hanya 1 buah lampu ditambahkan beban sehingga menjadi 10 lampu. Untuk gambar 3.11. menjelaskan tentang kondisi saat terjadi gangguan yang dapat menimbulkan *arc fault* yang dapat menimbulkan suatu kebakaran pada saat suatu jaringan listrik tegangan rendah.



Gambar 3.9. Kondisi Normal



Gambar 3.10. Kondisi *Switching* Penambahan Beban

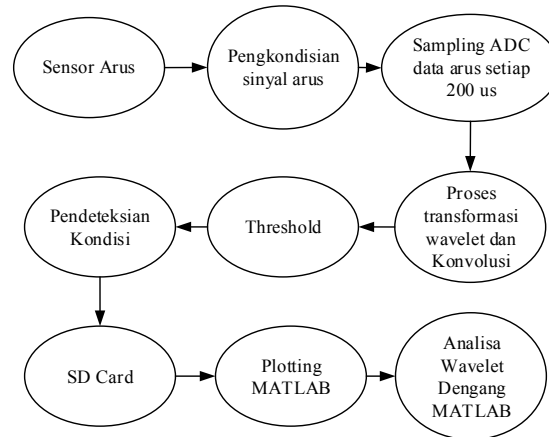


Gambar 3.11. Kondisi Fenomena *Arcing*

3.4 Pengolahan Data

Untuk pengolahan data disini, data arus yang telah diambil oleh sensor arus akan diproses dan diolah oleh mikrokontroler *STM32F4* untuk mengubah dari sinyal kontinyu menjadi bentuk diskrit, proses disini menggunakan metode transformasi *wavelet* diskrit. Hasil dari data diskrit tersebut akan diproses menggunakan metode transformasi *wavelet* dan di proses pada mikrokontroler. Pada mikrokontroler proses yang dilakukan berupa transformasi *wavelet* dan juga konvolusi sinyal. Semua data arus yang telah di proses pada mikrokontroler akan disimpan pada sd card dalam bentuk *notepad*. Proses konvolusi disini bertujuan untuk memfilter dan mendapatkan frekuensi tinggi (HF) yang dibutuhkan untuk parameter pembanding antara kondisi normal, *switching* dan *arcing*. Maksimum frekuensi tinggi (HF) kondisi normal akan dibandingkan dengan kondisi *switching* dan *arcing*, seberapa banyak data yang melebihi dari nilai maksimum frekuensi tinggi akan dijadikan parameter untuk pendeteksian. Proses *threshold* juga

digunakan sebagai pembatas atau paramater dari pendeteksian. Setelah mendapatkan data arus maka akan dilanjutkan di matlab untuk plotting data dan terakhir analisa data. Alur tersebut dalam dilihat pada gambar dibawah ini.

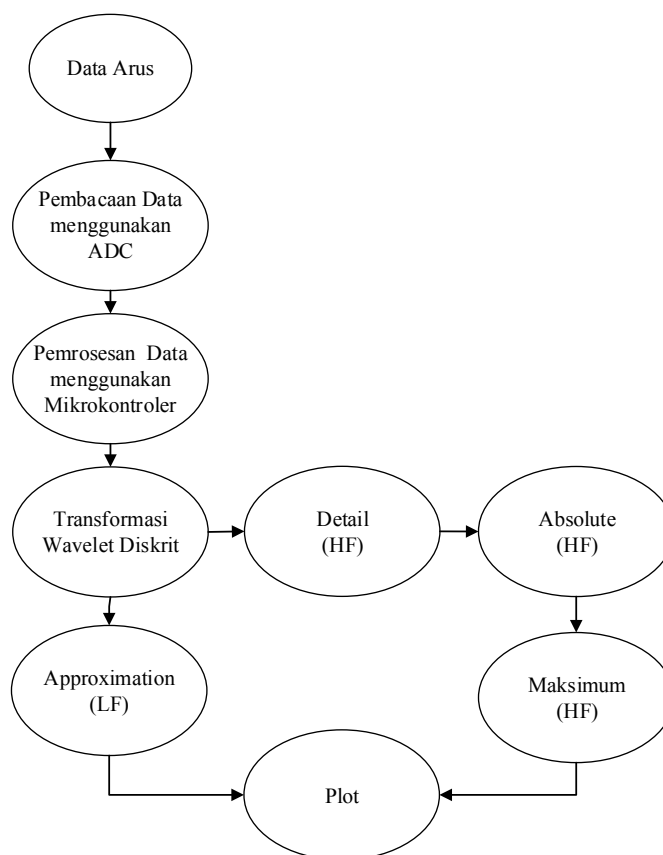


Gambar 3.12. Alur Pengolahan Data.

3.4.1 Proses Penampilan dan Analisa Data

Proses terakhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses plotting dan analisa data dengan metode transformasi *wavelet* diskrit. Proses plotting disini merupakan proses menggambarkan data hasil semua proses yang telah dilakukan pada proses X-Y dengan menggunakan MATLAB dengan tujuan untuk mengetahui hasil dari semua proses tersebut. Sedangkan untuk analisa data dengan metode transformasi *wavelet* diskrit adalah proses transformasi data arus ke dalam bentuk *wavelet*. Hasil dari *wavelet* terdiri dari dua output, yaitu *approximation (low frequency)* dan *detail (high frequency)*. Pada penelitian ini digunakan *mother wavelet HAAR* yang ditransformasikan sampai level ke 2. *Approximation (low frugency)* adalah salah satu hasil transformasi *wavelet* yang merupakan hasil rata-rata antara data 1 dan yang lain. Sedangkan *detail (high frequency)* adalah hasil transformasi *wavelet* yang merupakan selisih antara data 1 dan data yang lainnya. Pada penelitian ini, data yang digunakan untuk proses pendeteksian adalah data *detail (high frequency)*, karena pada fenomena *arcing* ada waktu dimana terjadi kenaikan secara drastis, oleh karena itu dengan penggunaan data detail hasil transformasi dapat diperoleh nilai yang sangat mencolok dan digunakan sebagai

parameter pendeteksian. Sedangkan untuk alur transformasi *wavelet* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.13. Alur Transformasi *Wavelet*

Pada penelitian ini juga menggunakan metode reduksi frekuensi *sampling*. Reduksi frekuensi *sampling* adalah metode mereduksi / mengurangi sebagian data dari data asli sesuai keinginan tanpa merusak bentuk sinyal asli dari data tersebut. Hal ini dilakukan karena untuk mendeteksi gangguan maka dibutuhkan frekuensi *sampling* yang sesuai dengan kemampuan alat. Alur transformasi *wavelet* dengan MATLAB ditunjukkan pada gambar diatas. Maksimum HF digunakan sebagai parameter pembanding antara kondisi normal, kondisi *switching*, dan *arcing* nantinya.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB IV

HASIL dan ANALISA DATA

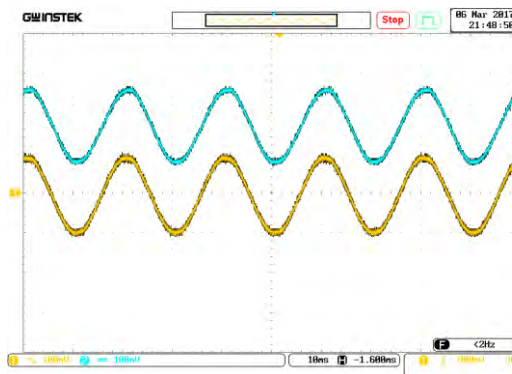
Setelah perancangan alat selesai, maka dilakukan beberapa percobaan terkait dengan kemampuan untuk mengetahui sistem yang telah dirancang sudah sesuai dengan kinerja yang diharapkan, baik secara terpisah maupun sistem keseluruhan. Pada bab ini akan dibahas pengujian perangkat elektronik, mekanisme cara kerja peralatan dan pengambilan data arus pada saat kondisi normal, kondisi *switching* dan pada saat terjadi fenomena *arcing*. Proses transformasi yang digunakan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit *haar* level 1.

4.1 Pengujian dan Analisa Perangkat Elektronik

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui kemampuan dari perangkat elektronik yang digunakan untuk menggeser sinyal dari sinyal sinus menjadi sinyal DC. Pengujian perangkat elektronik yang dilakukan yaitu pengujian rangkaian *non-inverting* arus.

4.1.1 Rangkaian *Non-inverting Adder*.

Pada rangkaian *non-inverting adder* disini memiliki sinyal output yang satu fasa dengan tegangan inputnya. Rangkaian ini berfungsi untuk sebagai penaik *offset* karena output dari CT yang digunakan sebagai sensor ada yang bernilai negatif, sementara pada mikrokontroler hanya bisa membaca tegangan positif saja. Bentuk gelombang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1. Sinyal *Input* dan *Output* rangkaian *Non-Inverting*.

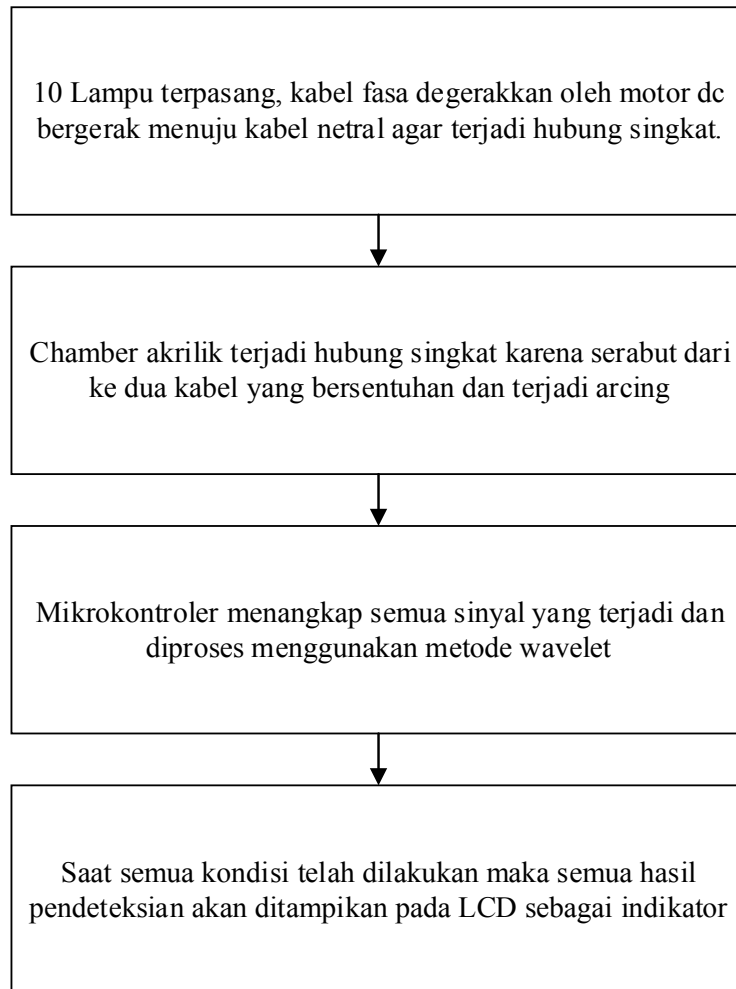
Gambar 4.1 adalah sinyal input dan output pada rangkaian *Non-inverting*. Untuk warna kuning merupakan sinyal *input* dan warna biru merupakan sinyal *output* yang telah digeser oleh rangkaian *Non-inverting adder*. Sinyal output tersebut akan dikirim ke rangkaian ADC supaya dapat diolah pada mikrokontroler.

4.2 Mekanisme Percobaan dan Pengambilan Data

Mekanisme pengambilan data pada penelitian ini dengan cara melakukan pembacaan sinyal arus pada sisi sekunder dari CT 200/5. Tujuan menggunakan CT disini yaitu untuk menurunkan arus yang akan diolah oleh mikrokontroler. Untuk pengambilan data kondisi normal dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil data karakteristik dengan beban bervariasi yaitu dari 1 lampu hingga 10 lampu. Sehingga pada kondisi beban maksimum yaitu 10 lampu dengan beban 100 watt didapat acuan untuk *threshold* arus yaitu 1,5 A. Dengan menggunakan kondisi ini diharapkan sesuai dengan kondisi nyata pada daerah permukiman yang umumnya menggunakan beban 900 VA sampai 1300 VA.

Pengambilan data kondisi ke dua yaitu *switching* dilakukan dengan cara menggunakan saklar yang diletakkan setelah lampu ke 1, sehingga jumlah lampu yang ditambahkan sebanyak 1 lampu hingga 11 lampu, maka dari hasil penambahan beban lampu tersebut dilakukanlah analisa dan penarikan kesimpulan terhadap nilai yang melebihi nilai *threshold* sebesar 1,5 A.

Pengambilan data kondisi ke tiga yaitu *arcing*, dilakukan dengan cara menghubungkan-singkatkan antara kabel fasa dan kabel netral secara langsung, hal ini dilakukan dengan cara menggerakkan salah satu kabel yaitu kabel fasa untuk menyentuh kabel yang diam yaitu kabel netral. Selama terjadi kontak dari kedua kabel tersebut, maka terjadilah fenomena arcing dan menimbulkan percikan (*spark*) setiap kali serabut kabel bersentuhan, hal ini yang akan di deteksi pada penelitian ini. Mekanisme terjadinya busur api listrik pada tegangan rendah dijelaskan pada gambar dibawah.



Gambar 4.2. Mekanisme Terjadinya *Arcing* Pada Tegangan Rendah

4.3 Skema Percobaan dan Pengambilan Data

Pada subbagian ini bertujuan untuk menggambarkan hasil yang telah dilakukan. Dalam percobaan ini akan di jelaskan tentang 3 kondisi data, yaitu kondisi awal (normal), *switching* (penambahan beban), dan *arcing*. analisa yang dilakukan dengan pemotongan data karena data yang direkam terlalu banyak dalam arti untuk mempermudah mem-proses data. Dengan frekuensi sampling sebesar 5 k/s maka data tersebut akan dianalisa setiap per $\frac{1}{2}$ cycle. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\frac{1}{2} \text{ cycle} = \frac{1}{2} \frac{\text{frekuensi}_{\text{samplting}}}{\text{frekuensi PLN}} = \frac{1}{2} \times \frac{5000}{50} = 50 \quad (4.1)$$

Dari persamaan tersebut dapat dijelaskan bahwa pengolahan data dilakukan pada setiap $\frac{1}{2}$ cycle jadi untuk pengolahan data diproses pada setiap 50 data. Analisa karakter sinyal pada setiap kondisi meliputi arus beban, arus hubung-singkat, durasi terjadinya *switching*, arus maksimu, durasi terjadi *arcing*, jumlah titik yang melebihi *threshold* arus, jumlah *arcing* yang muncul selama percobaan. Analisa yang dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh variasi jumlah lampu (kondisi normal), variasi jumlah lampu yang ditambahkan (*switching*). Hasil dari data tersebut menjadi parameter utama untuk pembuatan peralatan pendeteksiian arcing pada tegangan rendah. Data-data yang akan diolah pada penelitian ini dapat dijelaska pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Banyak Data Tiap Percobaan

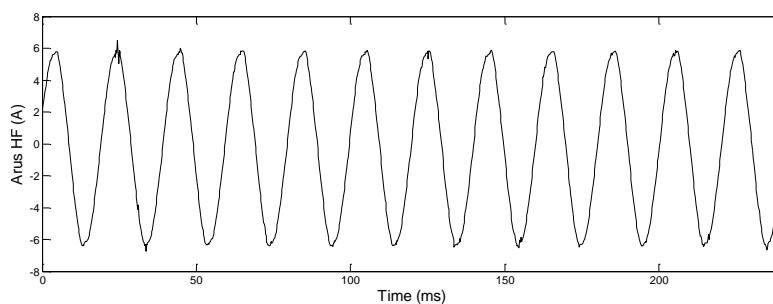
Jenis Kondisi	Parameter	Eksperimen tiap Parameter	Banyak Data
Normal	1 sampai 10 lampu	10 Percobaan	100
Switching	1 sampai 10 Lampu	10 Percobaan	100
Arcing	Serabut 1,3,6,12,24	5 Percobaan	25
Total			225

4.4 Grafik Sinyal Asli

Subbagian ini menjelaskan tentang perbandingan grafik asli sinyal kondisi normal, *switching* dan *arcing*.

4.4.1 Sinyal Asli Kondisi Normal

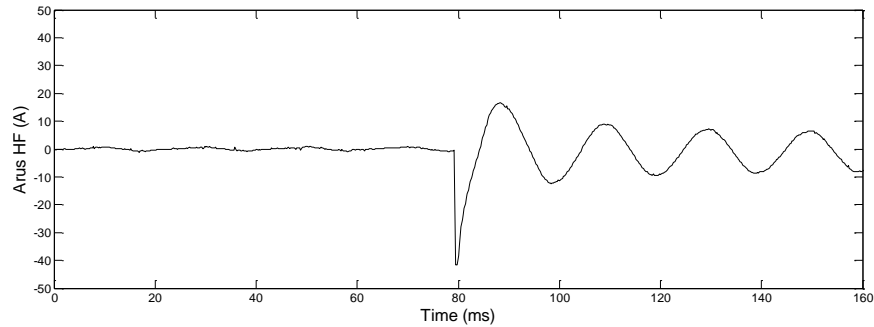
Pada subbab ini ditunjukkan grafik asli dari sinyal percobaan kondisi normal dengan menggunakan beban 100 watt sebanyak 10 buah.



Gambar 4.3. Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal

4.4.2 Sinyal Asli Kondisi *Switching*

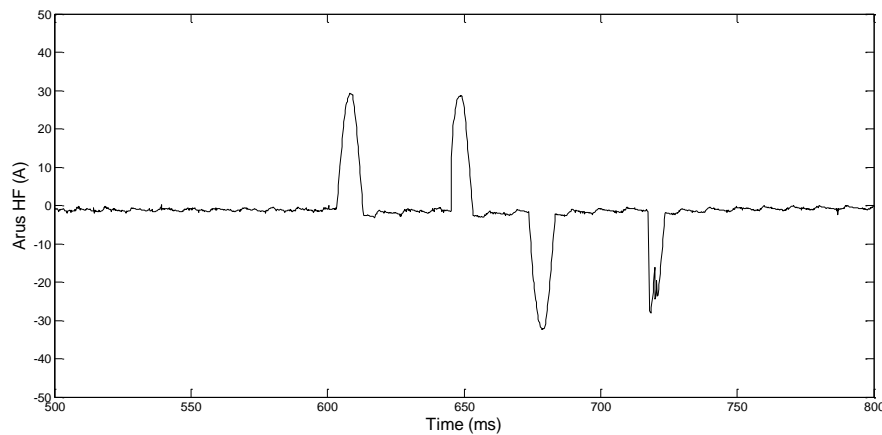
Pada subbagian ini ditunjukkan grafik sinyal asli dari percobaan kondisi *switching* dengan penambahan beban 1 lampu menjadi 10 lampu.



Gambar 4.4. Grafik Sinyal Asli Kondisi *Switching*

4.4.3 Sinyal Asli Kondisi *Arcing*

Pada subbagian ini ditunjukkan grafik sinyal asli dari percobaan kondisi *arcing* dengan menggunakan 1 serabut antara fasa to netral.



Gambar 4.5. Grafik Sinyal Asli Kondisi *Arcing*

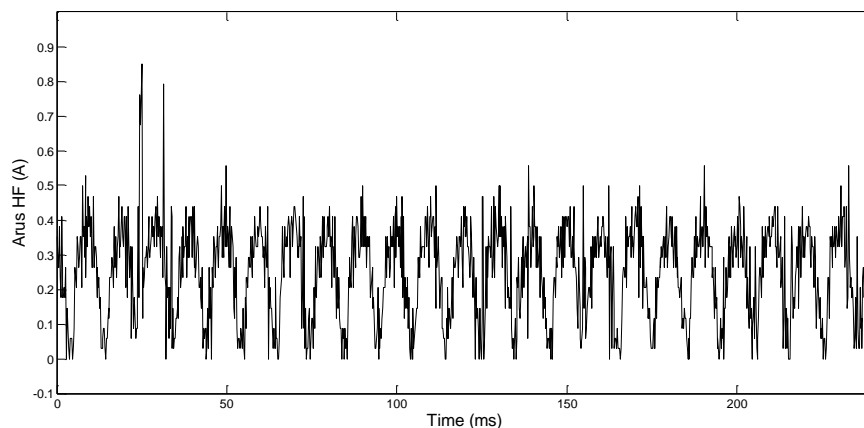
4.5 Analisa Karakteristik Sinyal Kondisi Normal dan *Switching*

Pada Subbagian ini menjelaskan tentang karakteristik sinyal kondisi normal dan kondisi *switching*. Percobaan untuk kondisi normal dilakukan menggunakan beban 1 lampu sampai dengan 10 lampu. Penggunaan 10 lampu dengan tiap-tiap lampu memiliki daya 100 watt sehingga total daya yang digunakan 1000 watt. Sedangkan untuk kondisi *switching* digunakan penambahan 1 lampu

hingga 10 lampu sehingga total daya yang digunakan 1100 watt dengan arus maksimum kurang lebih 5 A.

4.5.1 Proses Data dengan Metode Transformasi *Wavelet* Diskrit

Proses data dengan metode transformasi *wavelet* diskrit disini dilakukan menggunakan mikrokontroler. Transformasi *wavelet* diskrit merupakan metode transformasi sebuah sinyal analog atau kontinyu menjadi sinyal diskrit dengan tujuan untuk memperoleh variabel atau nilai-nilai tertentu sesuai dengan keinginan. Pada penelitian ini transformasi yang digunakan yaitu transformasi *mother wavelet* dengan level dekomposisi yang tinggi, transformasi wavelet disini dilakukan hanya untuk mengubah sinyal analog asli menjadi *high frequency* (HF). Penggunaan transformasi diskrit disini hanya untuk membuat sinyal menjadi diskrit sehingga arus yang muncul dapat dianalisa dengan mudah. Metode ini digunakan untuk memudahkan membedakan sinyal normal dan *switching*.



Gambar 4.6. Hasil Transformasi Wavelet Pada Kondisi Normal 10 lampu

Gambar diatas merupakan hasil sinyal kondisi normal dengan beban 10 lampu yang telah diproses menggunakan transformasi *wavelet* diskrit. Sinyal tersebut berada diatas titik 0 dikarenakan sinyal tersebut telah di *absolute*-kan, tujuannya untuk mempermudah analisa dan pendeteksian sinyal. Untuk amplitudo arus HF bervariasi dan semakin besar pada setiap penambahan beban. Proses penambahan beban dapat dilihat pada kondisi *switching*.

4.5.2 Perbandingan Arus Maksimum HF dan Jumlah Titik Gangguan

Arus maksimum merupakan nilai amplitudo dari arus frekuensi tinggi (HF) yang nilainya paling tinggi dari arus nominal frekuensi tinggi. Untuk kondisi beban normal dan *switching* nilai-nilai yang diperhatikan yaitu nilai arus HF yang bernilai melebihi nilai *threshold* arus HF. Penentuan jumlah titik yang berada diatas nilai *threshold* akan ditampilkan pada LCD dan disimpan pada sdcard secara online. Untuk perbandingan antara kondisi normal dan *switching* dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Tabel 4.2 dibawah bertujuan untuk melihat perbandingan nilai arus frekuensi tinggi yang muncul selama percobaan serta jumlah titik gangguan yang dihasilkan pada percobaan tersebut. Dari data tersebut dapat dijadikan acuan untuk pembuatan algoritma program pada alat pendeteksi ancing. Data percobaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Perbandingan arus HF Maksimum dan Titik Gangguan Kondisi Normal dan *Switching*.

Jumlah Lampu	Percobaan	Normal		Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus	Arus HF maks	Jumlah Titik > Threshold arus
1 Lampu	1	0,9	0	1,17	0
	2	0,87	0	7,44	2
	3	1,08	0	5,27	1
	4	1,02	0	6,3	1
	5	0,93	0	6,3	1
	6	0,93	0	3,16	1
	7	0,84	0	6,24	1
	8	0,99	0	3,8	1
	9	0,99	0	3,36	1
	10	0,99	0	4,04	1
2 Lampu	1	0,99	0	1,17	0
	2	0,99	0	7,44	2
	3	1,11	0	5,27	1
	4	1,34	0	6,3	1
	5	0,96	0	6,3	1
	6	0,87	0	3,16	1
	7	1,2	0	6,24	1
	8	1,08	0	3,8	1

	Percobaan	Normal		Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus
	9	0,9	0	3,36	1
	10	1,02	0	4,04	1
3 Lampu	1	1,02	0	14,12	2
	2	0,9	0	14,71	1
	3	0,96	0	6,945	2
	4	1,02	0	19,1	4
	5	1,17	0	5,18	2
	6	1,05	0	16,55	3
	7	1,11	0	13,59	1
	8	1,14	0	17,99	4
	9	1,28	0	3,19	2
	10	0,99	0	5,33	2
4 Lampu	1	1,08	0	5,65	4
	2	0,93	0	8,93	1
	3	1,17	0	11,78	7
	4	1,11	0	7,82	2
	5	1,05	0	23,2	4
	6	1,37	0	5,71	7
	7	0,99	0	13,65	4
	8	1,17	0	20,01	4
	9	0,96	0	7,5	1
	10	1,11	0	20,16	4
5 Lampu	1	1,11	0	30,68	7
	2	0,84	0	19,04	2
	3	1,11	0	31,2	6
	4	1,17	0	24,87	4
	5	1,14	0	3,86	5
	6	1,64	1	12,77	9
	7	0,96	0	17,55	1
	8	0,96	0	27,51	5
	9	1,14	0	12,21	4
	10	0,99	0	34,54	6
6 Lampu	1	1,2	0	24,93	5
	2	1,08	0	32,49	6
	3	0,93	0	30,53	5
	4	1,26	0	23,53	3
	5	1,02	0	26,16	5
	6	1,05	0	33,08	7

	Percobaan	Normal		Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus
	7	0,84	0	30,82	6
	8	0,96	0	6,97	4
	9	1,17	0	22,73	4
	10	1,61	1	30,3	6
7 Lampu	1	0,61	0	24,93	5
	2	0,93	0	32,49	6
	3	0,9	0	30,53	5
	4	0,93	0	23,53	3
	5	1,11	0	26,16	5
	6	0,93	0	33,08	7
	7	1,14	0	30,82	6
	8	0,9	0	6,97	4
	9	0,99	0	22,73	4
	10	0,79	0	30,3	6
8 Lampu	1	0,99	0	24,84	7
	2	1,28	0	37,77	8
	3	1,17	0	35,28	4
	4	1,23	0	13,09	6
	5	0,96	0	35,69	5
	6	1,17	0	39,97	2
	7	0,61	0	22,32	3
	8	0,52	0	37,68	6
	9	0,64	0	22,2	2
	10	0,55	0	35,07	3
9 Lampu	1	0,99	0	41,02	7
	2	1,05	0	40,02	7
	3	0,96	0	14,5	9
	4	1,28	0	32,96	2
	5	1,23	0	23	2
	6	0,64	0	39,85	7
	7	0,67	0	9,28	7
	8	0,61	0	26,46	3
	9	0,79	0	46,12	9
	10	0,76	0	35,04	3
10 Lampu	1	1,11	0	9,9	7
	2	1,17	0	40,67	7
	3	1,2	0	41,2	8
	4	0,84	0	40,29	5

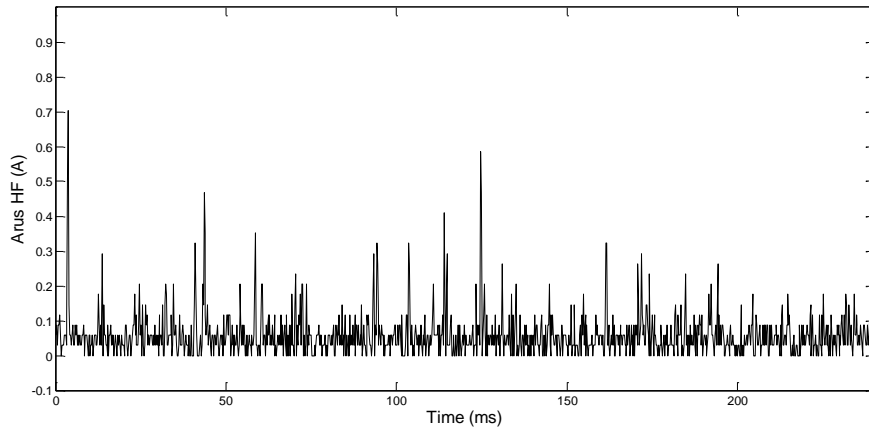
	Percobaan	Normal		Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus	Arus HF Maks	Jumlah titik > Threshold arus
	5	1,14	0	35,98	8
	6	1,05	0	40,02	10
	7	1,23	0	38,71	2
	8	1,2	0	33,78	8
	9	1,4	0	54,3	8
	10	1,26	0	19,92	7

4.5.3 Analisa Kondisi Normal Pada Peralatan Pendeteksi Arcing

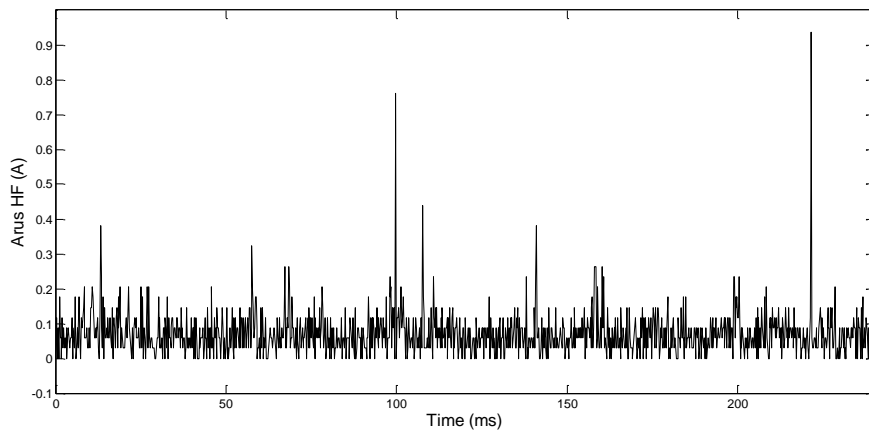
Pada subbagian ini menjelaskan tentang bagaimana peralatan pendeteksi *arcing* dapat menjelaskan dan berjalan sesuai dengan algoritma yang telah direncanakan. Untuk kondisi normal, peralatan tidak akan menyalakan indikator dikarenakan dikarenakan semua data arus HF kondisi normal berada dibawah nilai *threshold* arus HF yaitu sebesar 1,5 A. Untuk *threshold* banyaknya jumlah titik kondisi normal berada dibawah jumlah 2 titik. Pada peralatan pendeteksi *arcing*, kedua *threshold* ini memiliki peranan yang sangat penting untuk membedakan ketiga kondisi tersebut. Seperti yang telah dibahas pada tabel diatas kondisi arus HF tidak ada yang melebihi *threshold* arus 1,5 A, dari tabel diatas didapatkan kesimpulan arus HF yang melebihi threshold tidak ada. Sehingga pada saat kedua kondisi *switching* dan *arcing* tidak terpenuhi maka tidak ada indikator pada LED maupun pada LCD yang menyala. Pada bagian ini juga akan ditampilkan grafik sinyal dari beban 1 lampu sampai dengan 10 lampu serta gambar peralatan pada saat eksperimen dilakukan, dan juga akan ditampilkan 1 sample dari peralatan pada saat mendeteksi kondisi normal.



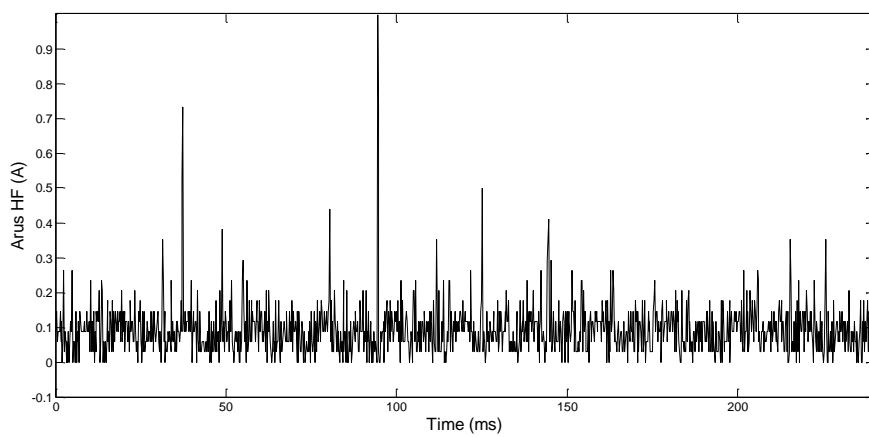
Gambar 4.7. Tampilan LCD Pada Peralatan Kondisi Normal 10 Lampu



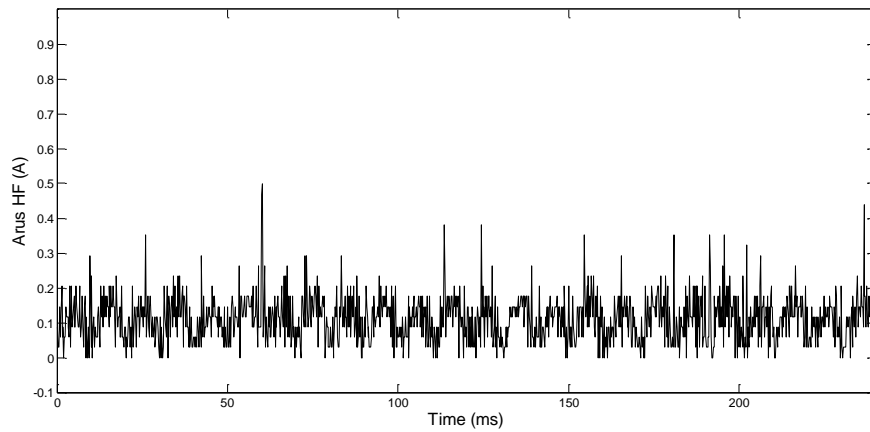
Gambar 4.8. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 1 Lampu



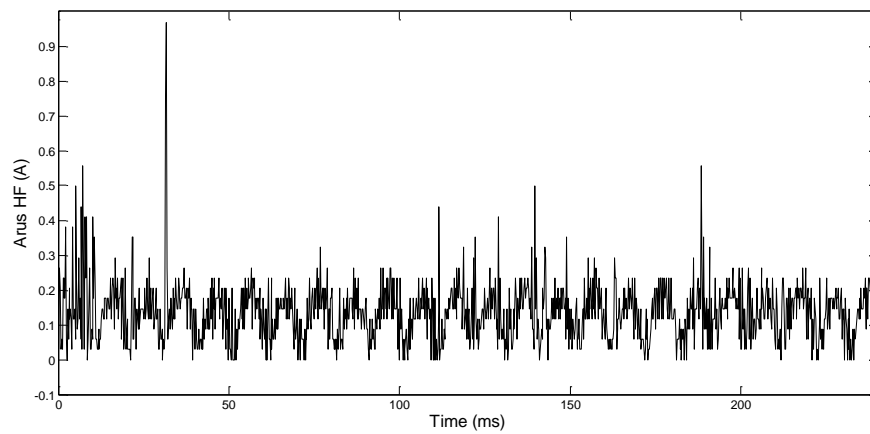
Gambar 4.9. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 2 Lampu



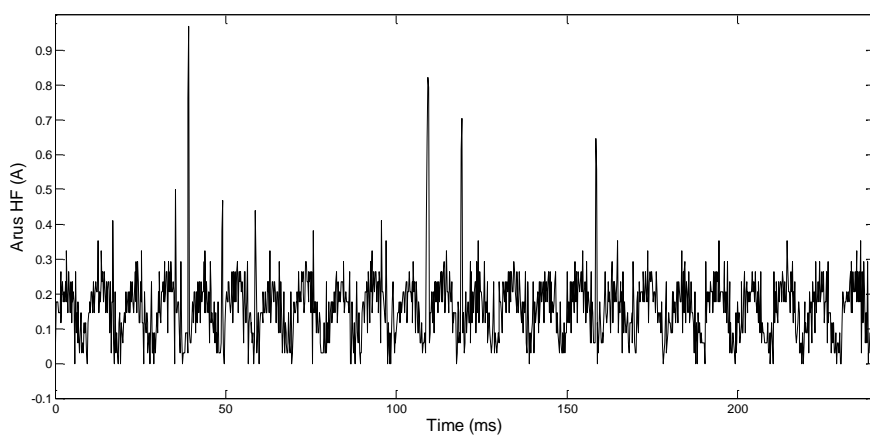
Gambar 4.10. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 3 Lampu



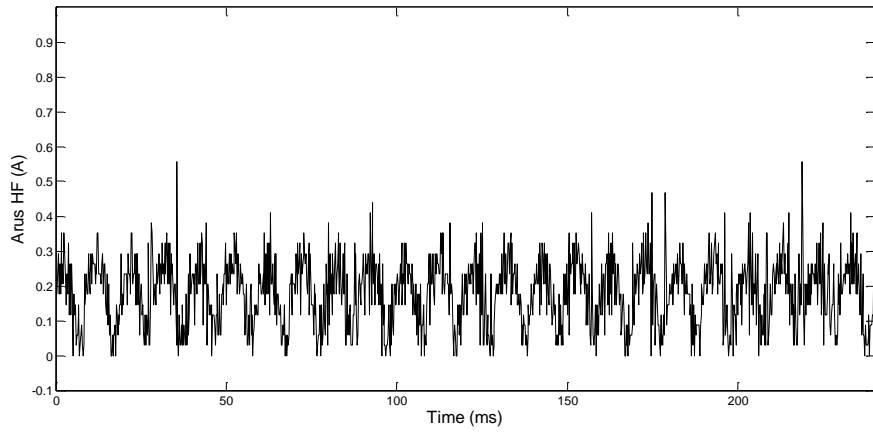
Gambar 4.11. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 4 Lampu



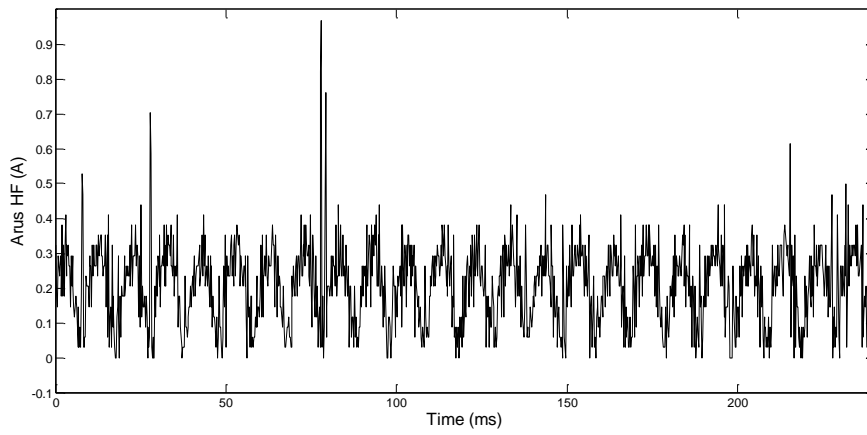
Gambar 4.12. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 5 Lampu



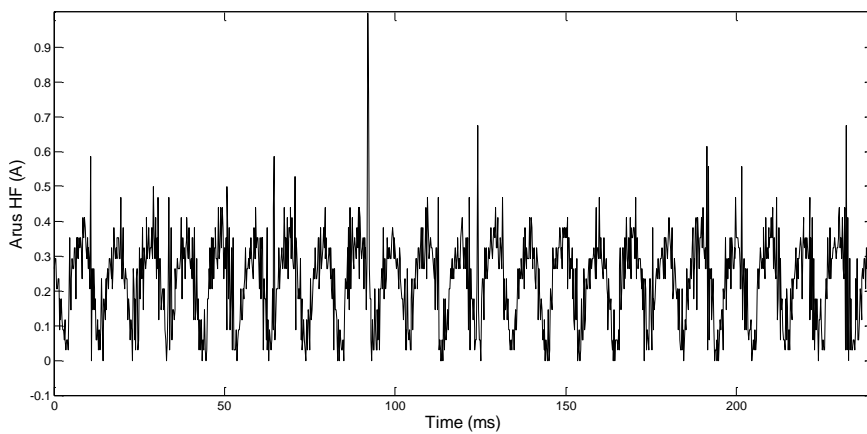
Gambar 4.13. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 6 Lampu



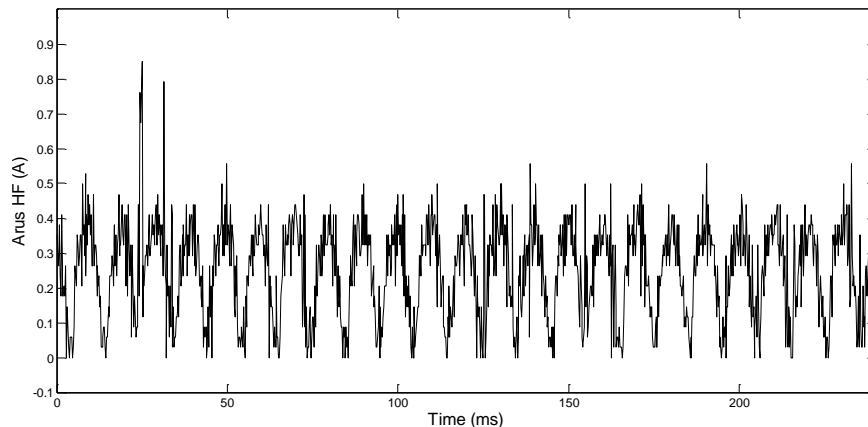
Gambar 4.14. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 7 Lampu



Gambar 4.15. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 8 Lampu



Gambar 4.16. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 9 Lampu



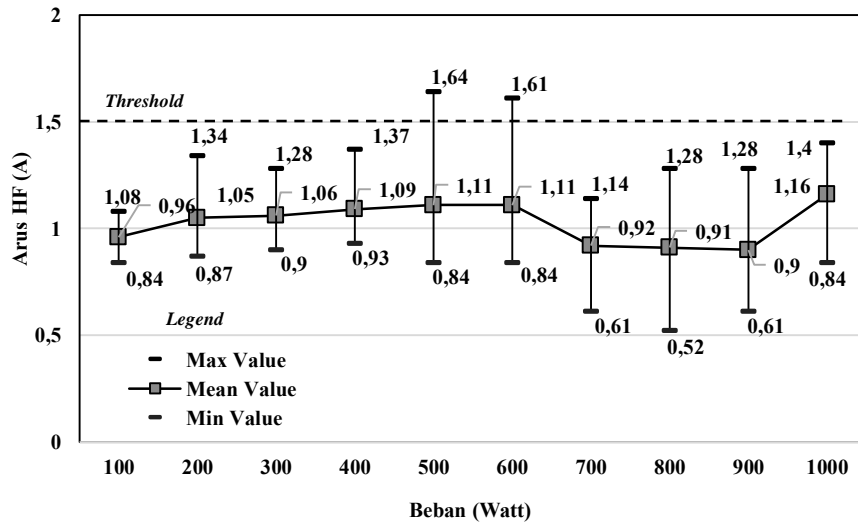
Gambar 4.17. Grafik Sinyal HF Kondisi Normal 10 Lampu

Gambar grafik sinyal dari 1 lampu sampai dengan 10 lampu dilakukan secara online menggunakan mikrokontroler *STM32F4* dan disimpan pada sdcard. Grafik-grafik tersebut memiliki amplitudo arus HF yang dihasilkan tergantung dari kondisi sinyal aslinya yang telah disensing oleh sensor CT. Dari penggunaan beban-beban tersebut diasumsikan untuk mewakili beban-beban yang digunakan pada pasar atau permukiman yang pada umumnya yaitu menggunakan beban 900 VA atau 1300 VA, pada gambar grafik kondisi normal yang menggunakan 10 lampu diatas menghasilkan nilai arus HF maksimum rata-rata kurang dari 1 A, sehingga dari sinyal tersebut dapat ditarik kesimpulan untuk penggunaan nilai *threshold* arus HF pendeteksiannya menggunakan nilai sebesar 1,5 A.

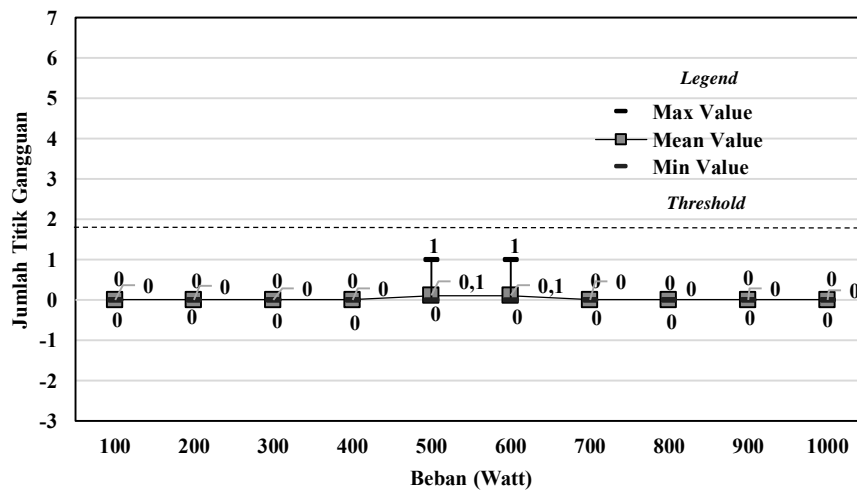
4.5.4 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data

Pada subbagian ini membahas mengenai bagaimana analisa dari keseluruhan percobaan yang telah dilakukan. Gambar dibawah membahas tentang kondisi arus HF pada setiap penambahan beban, dari data yang telah didapat maka dapat disimpulkan bahwa arus maksimum HF akan meningkat pada setiap penambahan beban. Pada gambar persebaran arus maksimum ini juga menunjukkan nilai arus maksimum, arus minimum dan nilai arus rata-rata setiap pengambilan 10 sample pada setiap beban yang dipasang. Nilai arus maksimum dan minimum pada percobaan kondisi normal ini perubahannya tidak terlalu signifikan, dikarenakan

pada percobaan ini menggunakan jumlah beban lampu yang sama maka akan di dapat amplitudo dari arus HF yang sama.



Gambar 4.18. Persebaran Arus Maksimum Pada Kondisi Normal



Gambar 4.19. Persebaran Jumlah Titik yang Melebihi Threshold pada Kondisi Normal

Gambar diatas menunjukkan jumlah titik yang melebihi nilai *threshold* pada pengambilan data pada kondisi normal. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada kenaikan atau *trend* yang signifikan pada setiap pengambilan data dari beban 1 lampu hingga 10 lampu, dikarenakan rata-rata arus maksimum HF yang muncul pada percobaan ini berkisar kurang dari 1 A. Sehingga peralatan pendeteksian *Arcing* tidak akan mendeteksi adanya gangguan.

4.5.5 Analisa Kondisi *Switching* Pada Peralatan Pendeteksi *Arcing*

Pada bagian ini menjelaskan tentang penambahan beban (*switching*) pada setiap percobaan, beban mula menggunakan beban 1 lampu dengan daya 100 watt. Untuk penambahan beban menggunakan 1 lampu hingga 10 lampu, hingga beban maksimum menjadi 11 lampu. Pada penelitian ini menggunakan beban maksimum 11 lampu dengan daya masing-masing sebesar 1100 watt dengan arus maksimum sebesar 5 A, dari nilai tersebut bisa diasumsikan mewakili beban-beban yang digunakan pada pasar atau permukiman yang ada pada umumnya yaitu menggunakan 900 VA atau 1300 VA. Dari data-data percobaan yang telah diambil maka dapat diperoleh data persebaran arus maksimumnya, jumlah titik yang melebihi data *threshold* arus serta bagaimana peralatan pendeteksian bekerja dan dapat mendeteksi kondisi *switching* tidak mendeteksi kondisi normal atau *arcing*.

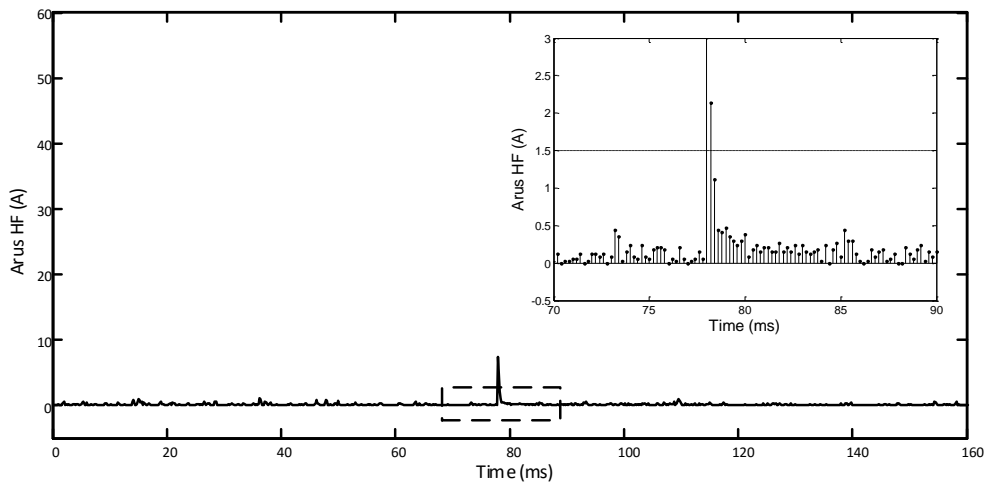
Pada subbagian ini membahas tentang bagaimana peralatan yang telah dibuat dapat berjalan sesuai keinginan atau sesuai dengan algoritma yang telah direncanakan. Nilai *threshold* arus HF yang digunakan pada kondisi *switching* ini sebesar 1,5 A, sedangkan untuk *threshold* banyaknya jumlah titik yang lebih besar dari *threshold* arus sebesar 2 titik.

Threshold arus HF dan *threshold* jumlah titik yang melebihi nilai arus HF sangat berperan penting untuk peralatan pendeteksian. Peralatan pendeteksi *arcing* tegangan rendah dapat mendeteksi kondisi *Switching* bukan kondisi normal maupun *arcing* karena pada percobaan ini batas *threshold* yang telah di program atau sesuai algoritma yang telah direncanakan sebesar 1,5 A telah terlewatkan atau melebihi nilai arus *threshold*. Namun, *threshold* yang kedua yaitu jumlah titik yang melebihi *threshold*, kurang dari 10 titik dan tidak ada yang melebihi 10 titik maka kondisi tersebut dapat dikatakan kondisi *Switching* bukan kondisi *arcing*. Dari data-data yang telah didapat maka dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi *switching* hanya melewati *threshold* yang pertama yaitu *threshold* nilai arus maksimum, sedangkan untuk *threshold* yang kedua yaitu jumlah titik tidak terlampaui. Sehingga pada saat terjadi kondisi *switching* maka akan ada indikator pada LCD peralatan dengan tulisan “*Switching Detected*”, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

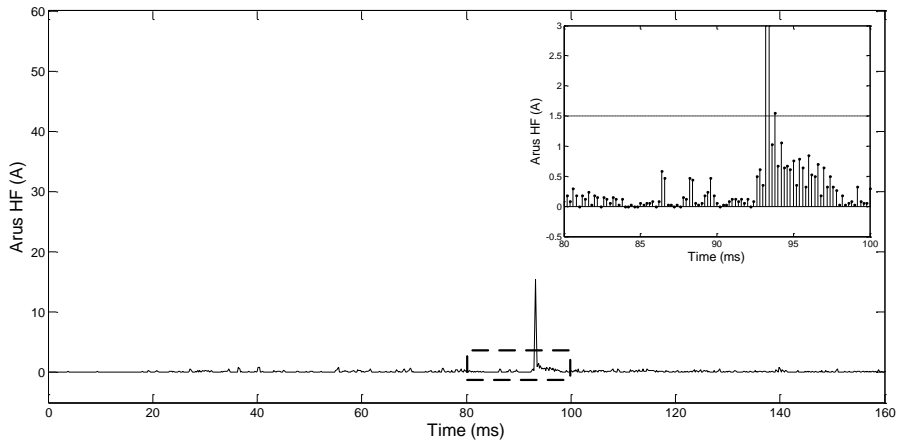


Gambar 4.20. Tampilan LCD Peralatan Pada Kondisi *Switching* 10 Lampu

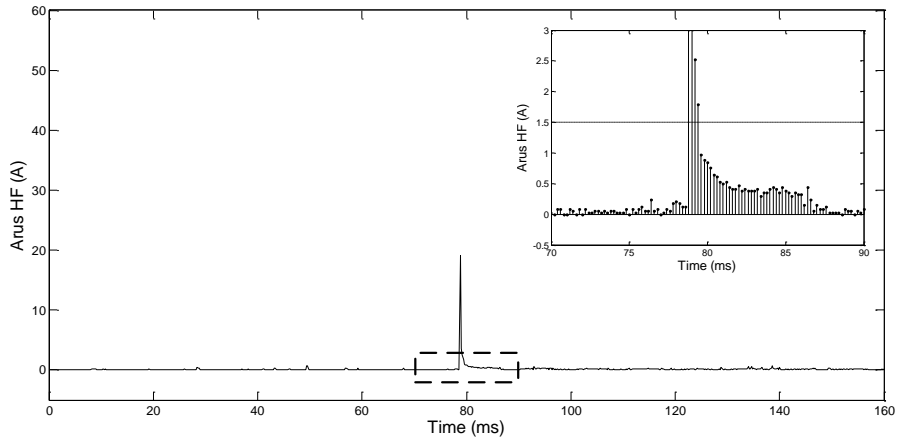
Gambar diatas merupakan peralatan pendeteksiian *arcing* tegangan rendah dengan menunjukkan perubahan indikator pada saat terjadi perubahan arus atau terjadi lonjakan arus yang sangat besar meskipun dalam durasi yang sangat singkat, sehingga dari keseluruhan percobaan ini akan terjadi pendeteksiian kondisi *switching*. Pada subbagian ini juga menampilkan 10 grafik hasil percobaan *switching* penambahan mulai dari 1 lampu sampai dengan 10 lampu, sehingga dari grafik tersebut dapat mempermudah untuk analisa dan penarikan kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan.



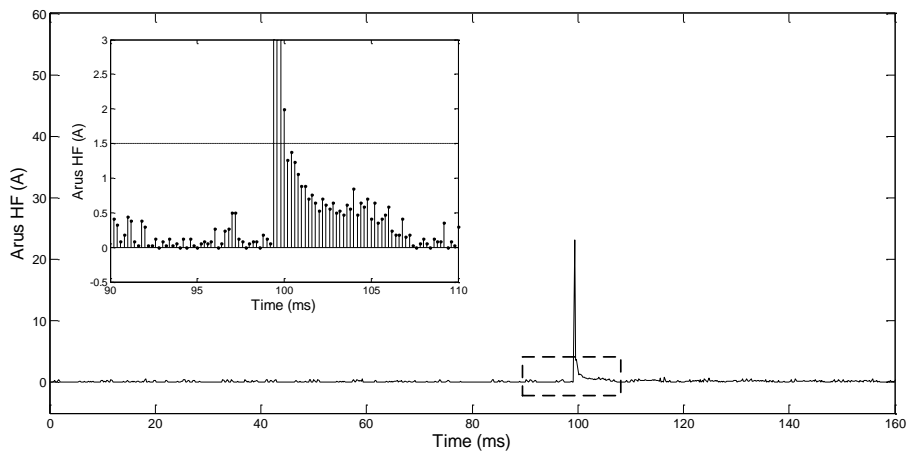
Gambar 4.21. *Switching* 1 Lampu



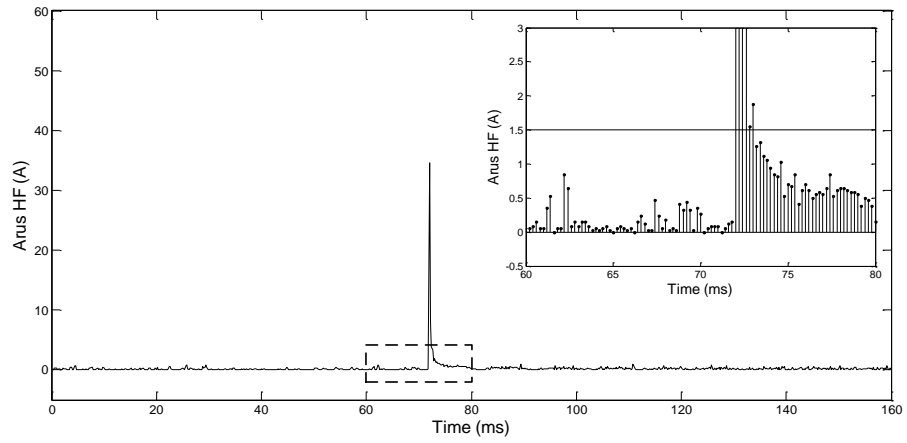
Gambar 4.22. *Switching 2 Lampu*



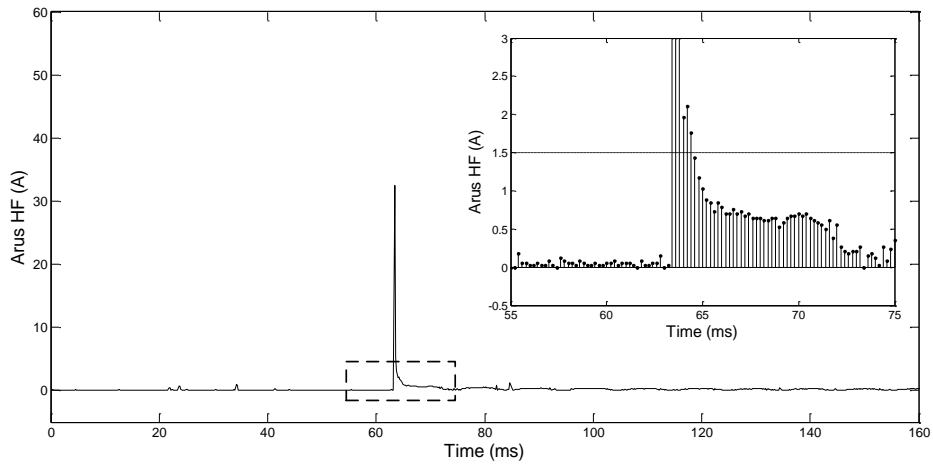
Gambar 4.23. *Switching 3 Lampu*



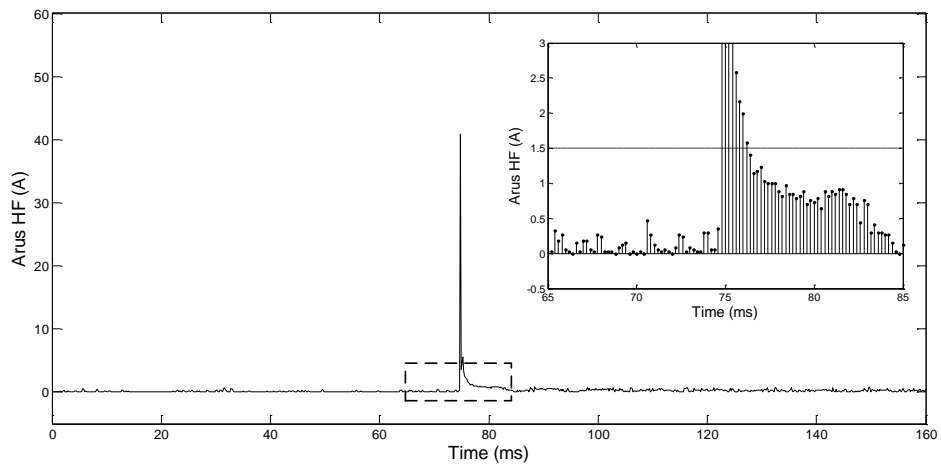
Gambar 4.24. *Switching 4 Lampu*



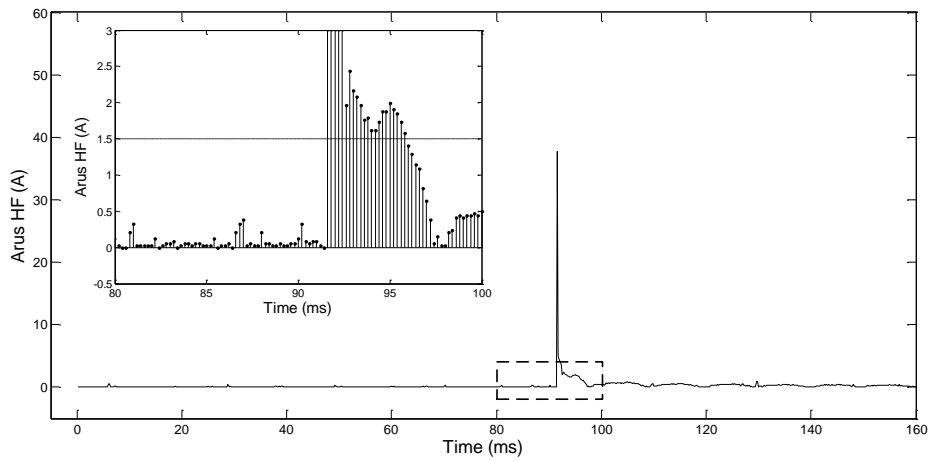
Gambar 4.25. *Switching 5 Lampu*



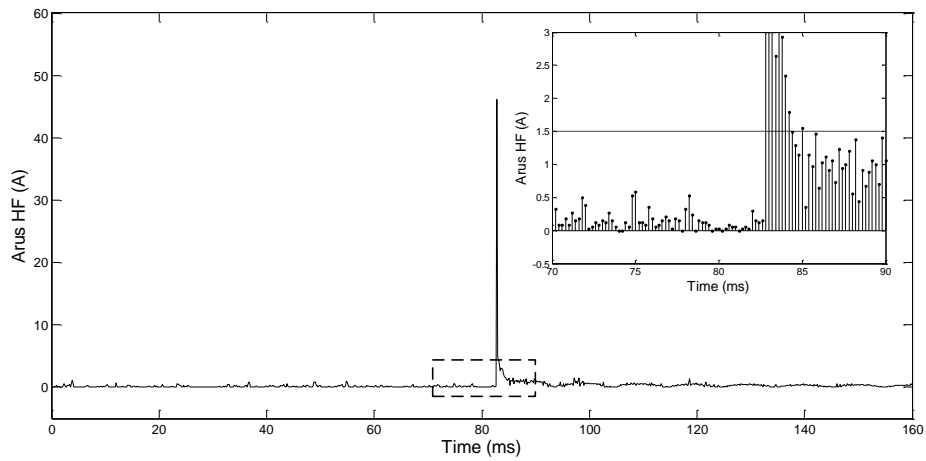
Gambar 4.26. *Switching 6 Lampu*



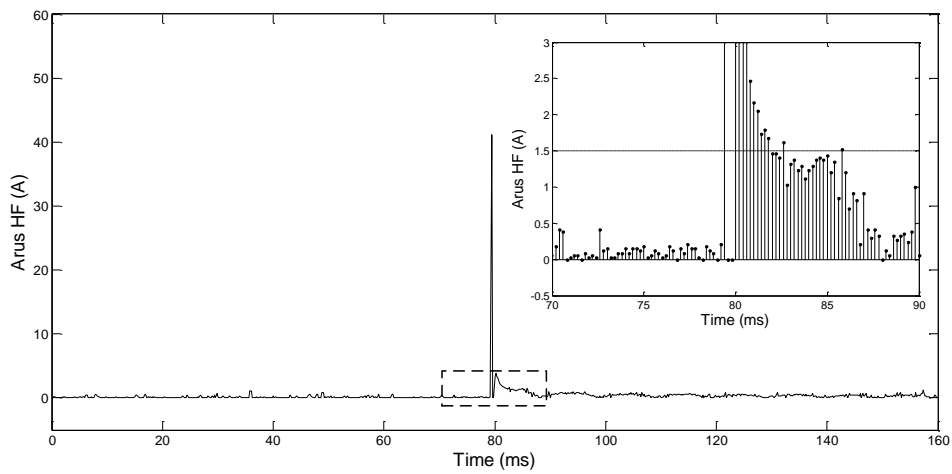
Gambar 4.27. *Switching 7 Lampu*



Gambar 4.28. *Switching 8 Lampu*



Gambar 4.29. *Switching 9 Lampu*

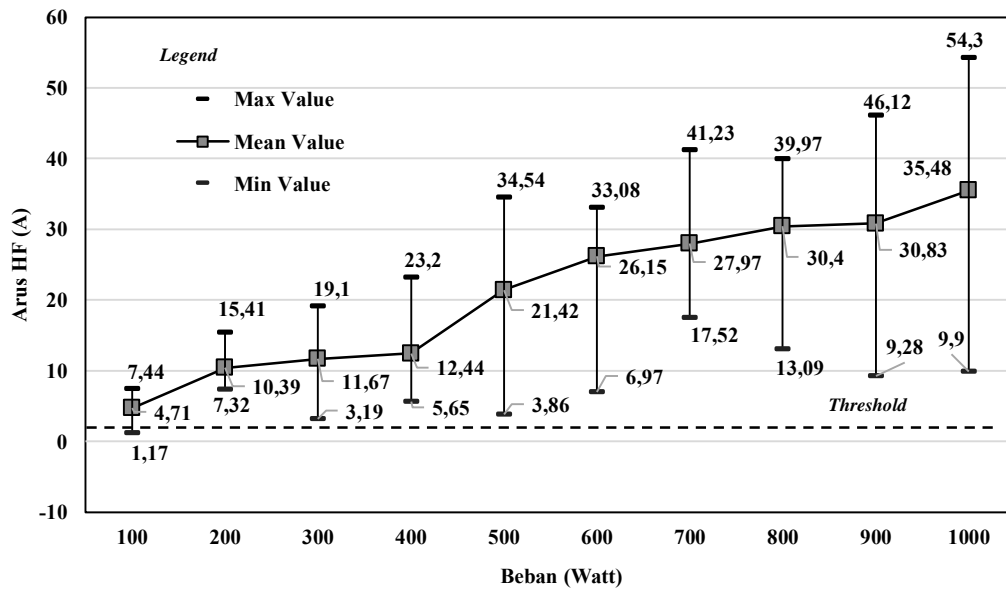


Gambar 4.30. *Switching 10 Lampu*

Dari 10 gambar diatas merupakan gambar arus HF *Switching* yang telah didapat dari penambahan 1 beban lampu hingga 10 lampu. Dari keseluruhan gambar tersebut dapat disimpulkan pada saat arus HF melebihi threshold tetapi untuk jumlah titik juga kurang dari titik 10 maka peralatan tersebut akan mendeteksi *switching* “*Switching Detected*” bukan sebuah gangguan yaitu *arcing*.

4.5.6 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data

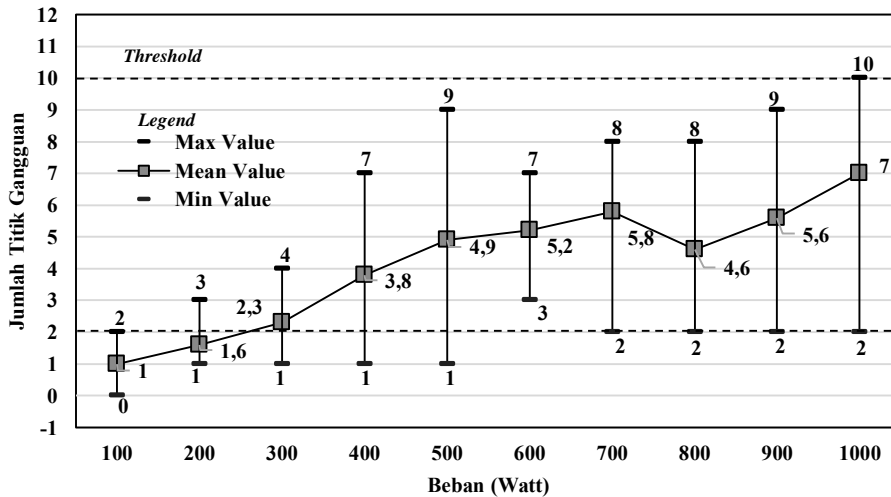
Pada subbagian ini akan dibahas tentang analisa hasil dari keseluruhan percobaan *Switching* pada peralatan identifikasi *arcing* tegangan rendah. Untuk gambar persebaran arus HF maksimum dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.31. Persebaran Arus Maksimum Pada Kondisi *Switching*

Gambar diatas menjelaskan tentang persebaran arus maksimum pada kondisi *switching*, dapat terlihat bahawa *trend* dari arus maksimum HF yang muncul dalam percobaan kondisi *switching* adalah semakin naik seiring dengan penambahan beban lampu yang ditambahkan, hal ini juga berlaku pada nilai minimum pada masing-masing parameter. Dari hasil data yang didapat dapat disimpulkan bahwa jumlah lampu yang ditambahkan akan berpengaruh terhadap naik dan besarnya nilai arus yang terjadi saat *switching* yang dilakukan. Dari hasil persebaran data arus diatas dapat disimpulkan bahwa keseluruhan percobaan

switching memiliki nilai arus yang lebih besar dari *threshold* yaitu 1,5 A sehingga peralatan deteksi arcing akan mendeteksi karena kondisi tersebut memiliki lonjakan arus.



Gambar 4.32. Persebaran Jumlah titik Melebihi *Threshold* Arus Pada Kondisi *Switching*

Gambar grafik diatas merupakan gambar persebaran jumlah titik melebihi *threshold* arus pada kondisi *switching*. Grafik diatas digunakan untuk menganalisa dan membuktikan bahwa peralatan pendeteksian arcing tegangan rendah dalam percobaan kondisi penambahan beban hanya mendeteksi keadaan *switching*. Hal ini dikarenakan peralatan sudah mendeteksi arus yang melebihi *threshold* sebesar 1,5 A , namun pada grafik diatas menunjukkan bahwa gangguan karena lonjakan arus belum memiliki titik yang jumlahnya kurang dari *threshold* titik HF yaitu 10 titik. Sehingga gangguan tersebut dikategorikan sebagai sebuah *switching*. Grafik tersebut juga menjelaskan bahwa semakin banyak jumlah lampu maka trend persebaran titiknya juga semakin meningkat.

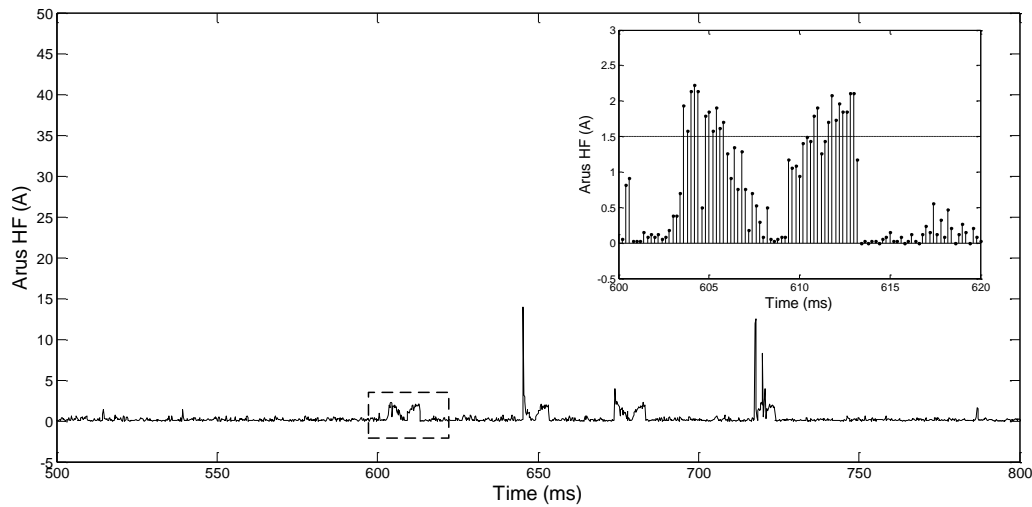
4.6 Analisa Karakteristik Arcing pada Level Tegangan Rendah

Pada bagian ini menjelaskan tentang bagaimana karakteristik sinyal dari gangguan hubung singkat (*arcing*) pada level tegangan rendah. Hubung singkat disini dilakukan dengan cara menghubungkan antara 2 kabel yang pada umumnya

digunakan pada instalasi di level tegangan 220 volt, biasanya terdapat pada permukiman rumah dan pasar. Pada penelitian arcing disini menggunakan parameter gangguan dengan menggunakan 1 serabut, 3 serabut, 6 serabut, 12 serabut dan 24 serabut. Pada kondisi ini menggunakan beban 10 lampu dengan daya 100 watt pada masing-masing lampu, bertujuan untuk mensimulasikan keadaan seperti instalasi listrik pada tegangan rendah pada umumnya. Dari data-data yang telah didapat diharapkan dapat mempermudah penarikan analisa tentang nilai arus puncak HF dan jumlah titik yang melewati *threshold* yang sesuai dengan perencanaan awal yaitu 1,5 A.

4.6.1 Proses data dengan metode Transformasi Wavelet Diskrit

Metode transformasi *wavelet* diskrit merupakan metode yang berfungsi untuk mentransformasikan sebuah sinyal asli atau analog menjadi sebuah sinyal diskrit, tujuan dari transformasi disini digunakan untuk mengubah variable tertentu sesuai keinginan. Pada penelitian disini transformasi diskrit yang digunakan menggunakan mother *wavelet* dengan level dekomposisi yang sangat tinggi. Transformasi wavelet dilakukan dengan cara mengubah sinyal asli atau sinyal analog menjadi sinyal yang memiliki frekuensi yang tinggi (HF). Ada beberapa tujuan menggunakan transformasi *wavelet* disini yaitu untuk mengkonversikan sinyal asli menjadi diskrit sehingga hasil arus yang muncul dapat dianalisa dengan mudah. Peralatan pendeteksian arcing disini mengolah sinyal asli menjadi sinyal diskrit, setelah data sinyal telah berubah menjadi sinyal diskrit maka sinyal-sinyal tersebut di olah dan proses pada mikrokontroler *STM32F4* supaya menghasilkan sinyal frekuensi tinggi. Semua Sinyal arus asli dan sinyal arus HF disimpan pada *SDcard* supaya mengetahui karakteristik sinyal yang telah di proses menggunakan mikrokontroler. Pada saat semua sinyal arus dan sinyal HF tersimpan pada *SDcard* maka mempermudah proses menganalisa sinyal. Hasil sinyal kondisi arcing yang telah disimpan pada *SDcard* dapat di digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.33. Hasil Transformasi *Wavelet* Pada Percobaan *Arcing* Kondisi 24 Serabut.

4.6.2 Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan Pada Frekuensi Tinggi

Pada subbagian ini menjelaskan tentang arus maksimum pada frekuensi tinggi (HF). Metode pendeteksian untuk Kondisi *arcing* disini yang menjadi perhatian paling utama yaitu jumlah titik yang melebihi *threshold* untuk pembeda antara *arcing* dan *switching*. Pada saat terjadi kondisi *arcing* maka akan terjadi lonjakan arus yang sangat besar, pada kondisi ini masih dapat dikategorikan sebagai sebuah gangguan dan belum dapat dikatakan kondisi *arcing* atau kondisi *switching*. Pada saat *arcing* terjadi, jumlah titik gangguan harus melewati *threshold* yang telah ditentukan pada algoritma rencana awal. Semua proses yang telah dilakukan untuk mendapatkan data *arcing* dilakukan secara *online* pada peralatan pendeteksi *arcing* khususnya pada *STM32F4* dan kemudian data disimpan pada *SDcard* untuk mempermudah proses analisa secara lebih lanjut. Data-data arus HF maksimum pada saat terjadi gangguan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Data Arus HF maksimum dan Titik Gangguan Kondisi *Arcing*

Jumlah Serabut	Percobaan	Arus HF Maksimum	Jumlah titik > Threshold Arus
1 Serabut	1	61	20
	2	15	32
	3	50	17
	4	45	16

	Percobaan	Arus HF Maksimum	Jumlah titik > Threshold Arus
	5	39	18
3 Serabut	1	58	12
	2	15	35
	3	54	13
	4	60	16
	5	62	30
6 Serabut	1	59	14
	2	48	23
	3	34	26
	4	60	12
	5	24	19
12 Serabut	1	59	11
	2	45	13
	3	46	19
	4	52	20
	5	22	12
24 Serabut	1	59	18
	2	45	19
	3	46	22
	4	52	21
	5	29	30

Tabel diatas menjelaskan tentang arus maksimum pada setiap percobaan dari 1 Serabut sampai dengan 24 serabut, percobaan tersebut didapat nilai arus HF sebesar 59 A, disebabkan karena pada saat terjadi saling kontak antara 2 kabel terjadi secara sempurna maka arus yang dihasilkan mencapai 59 A. Sedangkan untuk nilai yang paling kecil kemungkinan terjadi kontak yang tidak terlalu sempurna. Tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk nilai *threshold* berada di atas nilai 10 titik. Tabel diatas di proses pada setiap 1/5 cycle jadi kemungkinan terjadi titik terbanyak sebanyak 50 Data. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serabut yang terjadi kontak maka jumlah titik yang melebihi treshold arus juga akan semakin banyak, karena semakin banyak serabut maka akan menimbulkan arcing yang semakin banyak pula.

4.6.3 Analisa Kondisi *Arcing* pada Peralatan Pendeteksi *Arcing*

Pada subbagian ini menjelaskan tentang bagaimana peralatan pendeteksi *arcing* yang telah dirancang dapat berjalan sesuai rencana dan apabila dilakukan pengujian kondisi *arcing* hanya mendeteksi kondisi hubung singkat atau *arcing* saja pada semua percobaan tidak mendeteksi keadaan normal maupun keadaan *Switching*. Seperti halnya kondisi-kondisi sebelumnya peralatan ini di program sesuai algoritma perencanaan awal dengan *threshold* maksimum arus HF yaitu 1,5 A, dan *threshold* banyaknya jumlah titik yang melebihi *threshold* arus sebanyak 10 titik. Pada peralatan pendeteksi *arcing* ini kedua *threshold* tersebut sangatlah berperan penting dan merupakan parameter utama dalam peng-kategorian dalam setiap kondisi. Peralatan pendeteksi *arcing* tegangan rendah ini hanya akan dapat mendeteksi keadaan *arcing* saja karena kedua *threshold* telah terlewati, kedua *threshold* tersebut yaitu arus HF maksimum sebesar 1,5 A dan Jumlah titik yang melebihi *threshold* yaitu 10 titik. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa arus maksimum yang muncul pada keseluruhan percobaan memiliki nilai yang sangat tinggi, sehingga *threshold* yang pertama telah terlampaui. Sedangkan untuk *threshold* yang kedua ini yang akan membedakan antara pendeteksian kondisi *switching* dan kondisi *arcing*, pada tabel diatas juga menjelaskan tentang banyaknya jumlah titik gangguan yang muncul pada saat terjadi hubung singkat (*arcing*) dan pada tabel diatas jumlah titik yang melewati titik *threshold* telah terlewati yaitu 10 titik. Sehingga dari data yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa pada saat dikondisikan gangguan *arcing* pada setiap percobaan maka peralatan akan memberikan indikator *LED* menyala dan *LCD* menampilkan tulisan “*Arcing Detected*”.

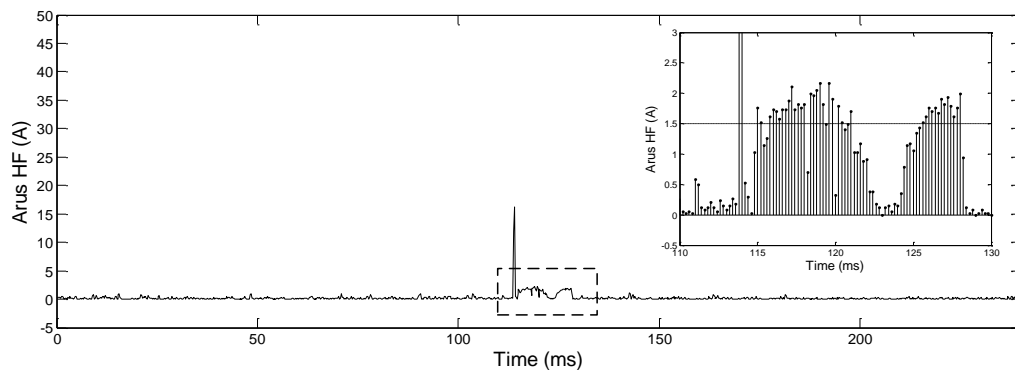
Pada peralatan pendeteksi *arcing* tegangan rendah akan menyimpan semua data yang berupa jenis kondisi gangguan (*switching* atau *arcing*), waktu saat terjadi gangguan, nilai arus HF maksimum dan jumlah titik yang terjadi. Semua parameter tersebut akan disimpan pada *Sdcard* dalam bentuk *notepad*. Pada kondisi *arcing* ini arus HF maksimu dan jumlah titik gangguan melebihi *threshold* akan berbanding lurus dengan jumlah serabut yang akan dilakukan hubung singkatkan, namun tidak semua percobaan akan menghasilkan jumlah titik yang sama dan sesuai dengan jumlah serabut yang dilakukan kontak karena ada beberapa peluang serabut yang

tidak terjadi kontak, sehingga pada saat pembacaan pada peralatan jumlah arcing sama dan sesuai dengan jumlah serabut yang terjadi kontak dan menimbulkan *arcing*. Peralatan pendeteksi *arcing* tegangan rendah ini akan tetap berjalan dengan kondisi normal, kemudian pada saat dilakukan hubung singkat antara kabel fase dan netral maka menimbulkan gangguan *arcing* sehingga peralatan akan merubah kondisi dan indikator LCD pada peralatan akan menampilkan tulisan “*Arcing Detected*” dalam beberapa kali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

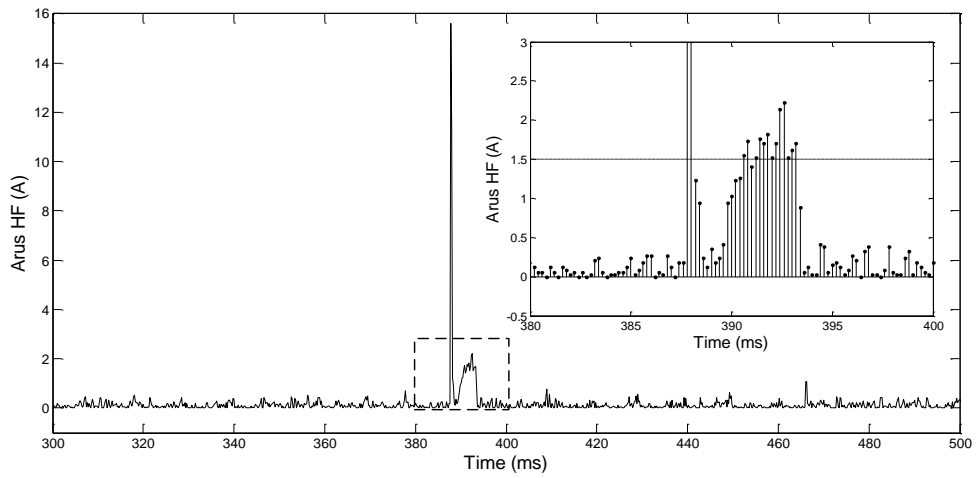


Gambar 4.34. Tampilan Peralatan Pendeteksi *Arcing* Tegangan Rendag Kondisi Hubung Singkat *Arcing*

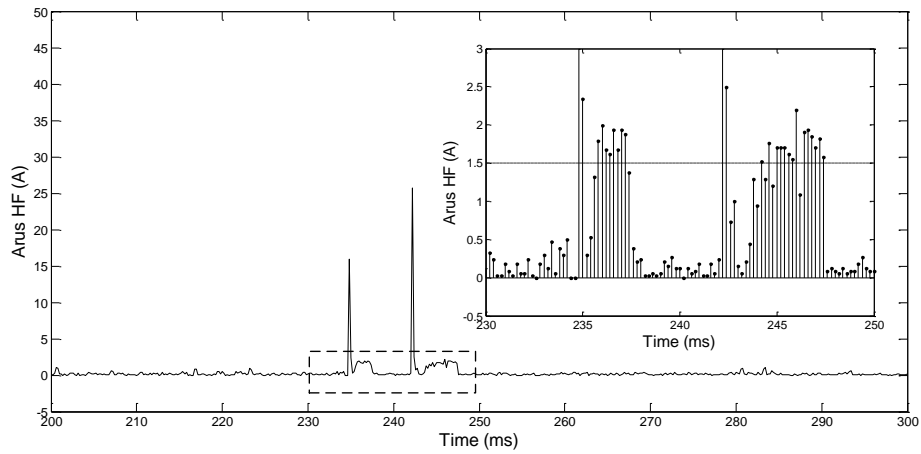
Gambar diatas merupakan tampilan LCD pada peralatan pendeteksi *arcing* tegangan rendah pada saat terjadi gangguan hubung singkat (*arcing*). pada gambar tersebut ditampilkan bahwa saat terjadi *arcing*, LCD akan menampilkan tulisan “*Arcing Detected*” selama 5 detik agar dapat diketahui pada saat terjadi gangguan. Dari beberapa percobaan gangguan kondisi *arcing* yang telah diambil maka dapat di gambarkan pada gambar grafik-grafik dibawah ini.



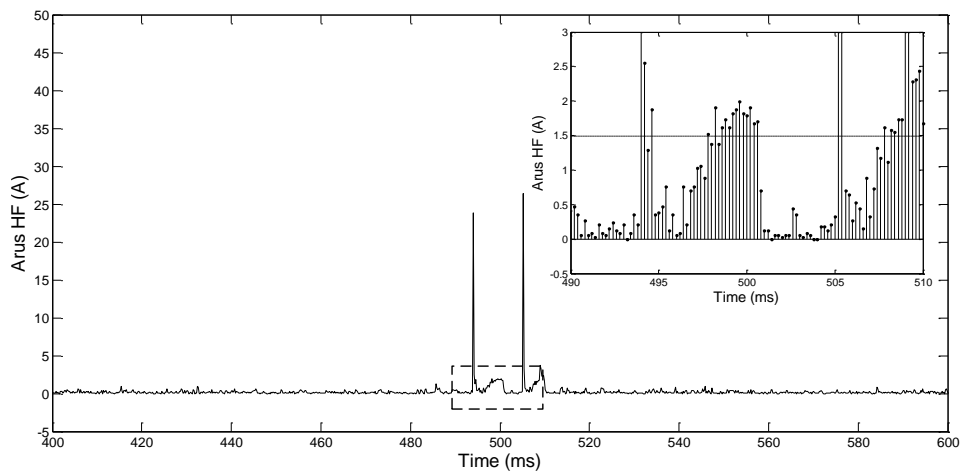
Gambar 4.35. Grafik Arcing 1 Serabut



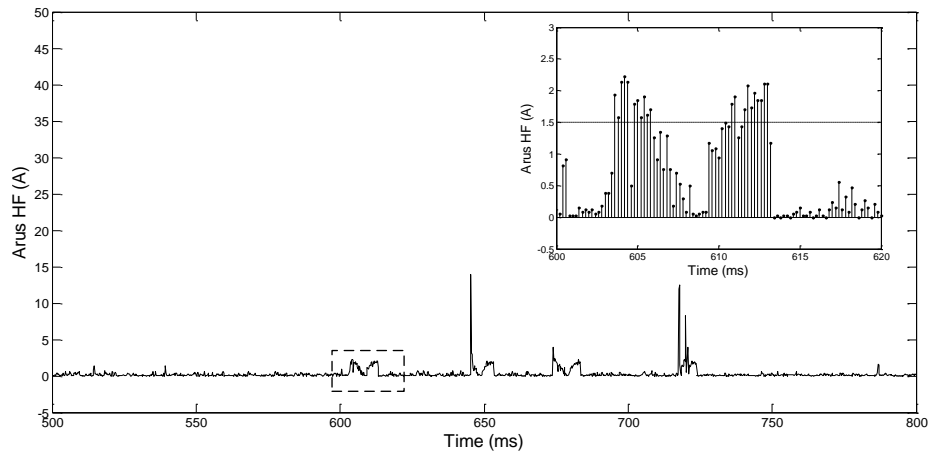
Gambar 4.36. Grafik Arcing 3 Serabut



Gambar 4.37. Grafik Arcing 6 Serabut



Gambar 4.38. Grafik Arcing 12 Serabut

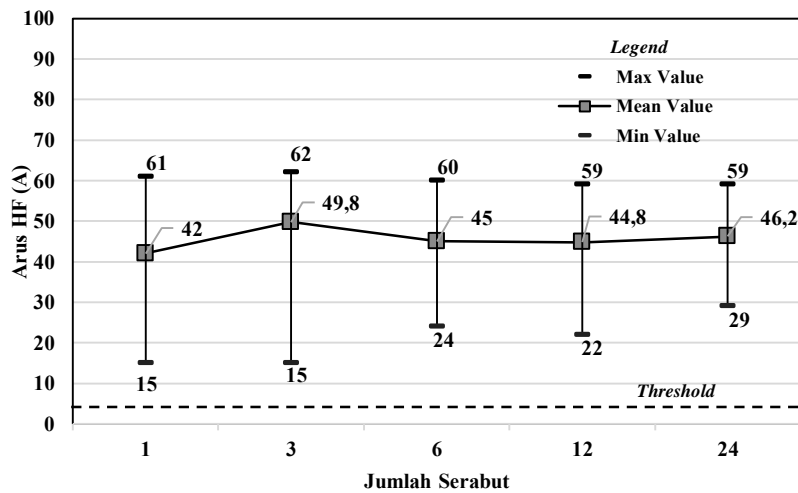


Gambar 4.39. Grafik Arcing 24 Serabut

Dari kelima grafik tersebut ditunjukkan grafik dengan waktu tiap-tiap 1 *cycle*, dari gambar di atas menunjukkan bahwa akan terjadi perubahan indikator pada peralatan pendeteksian ketika terjadi perubahan arus atau lonjakan arus yang sangat besar meskipun dalam sangat cepat. Pada simulasi gangguan kondisi arcing disini menggunakan beberapa variasi serabut yang akan berpengaruh terhadap banyaknya arcing yang terjadi, jumlah titik yang melebihi *threshold* serta indikator pada peralatan yang akan menampilkan tulisan “*Arcing Detected*” pada LCD peralatan pendeteksian *arcing* tegangan rendah. Pada saat terjadi hubung singkat maka indikator akan menyala dan menghitung jumlah titik yang melebihi *threshold*, setelah kondisi kembali normal maka peralatan akan kembali ke kondisi normal. Dari 5 grafik tersebut menunjukkan pengaruh dari jumlah serabut terhadap respon peralatan, grafik tersebut menjelaskan variasi *arcing* yang terjadi pada setiap percobaan, selain itu juga menunjukkan jumlah titik gangguan yang melebihi titik *threshold* arus HF, jumlah titik yang melebihi *threshold* berbanding lurus pada jumlah serabut yang terjadi kontak.

4.6.4 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data

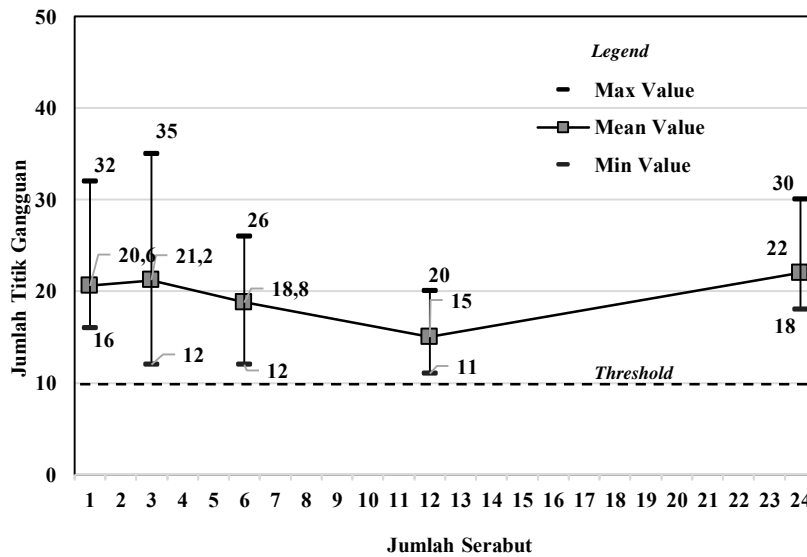
Subbagian ini menjelaskan tentang hasil keseluruhan pada setiap percobaan pada kondisi *arcing* pada peralatan pendeteksian arcing tegangan rendah.



Gambar 4.40. Persebaran Arus Maksimum Kondisi *Arcing*

Grafik diatas menjelaskan tentang persebaran arus HF maksimum yang terjadi pada setiap percobaan *arcing* pada tegangan rendah. Grafik tersebut dapat dilihat bahwa arus maksimum semakin naik meskipun tidak terlalu signifikan. Grafik tersebut juga memiliki *trend* yang semakin naik dikarenakan jumlah serabut yang telah dihubung singkatkan, hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah serabut yang di hubung singkatkan maka semakin banyak pula peluang untuk kedua serabut melakukan kontak dengan sempurna. Nilai arus HF maksimum tersebut juga menunjukkan bahwa pada setiap percobaan arcing nilai arus HF maksimum diatas nilai treshold sebesar 1,5 A yang akan menyebabkan kondisi terdeteksi sebuah gangguan. Selanjutnya gangguan tersebut dideteksi sebagai kondisi switching atau arcing dengan didasarkan pada persebaran jumlah titik yang berada diatas *threshold* jumlah titik gangguan, dan dapat dijelaskan pada gambar dibawah ini.

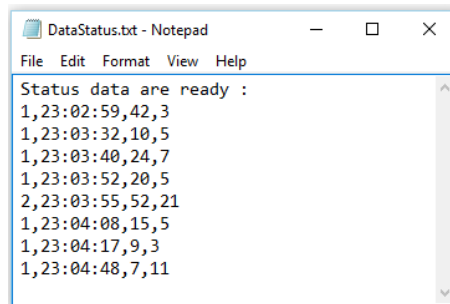
Gambar 4.41 yaitu gambar jumlah titik melebihi threshold kondisi arcing dibawah digunakan untk menganalisa dan membuktikan bahwa peralatan pendeteksian arcing tegangan rendah pada setiap kondisi *arcing* hanya mendeteksi *arcing*, hal ini terlihat dari persebaran jumlah titik yang telah terlewati batas *threshold* arus 1,5 A. Pada keseluruhan kondisi *arcing* yang telah dilakukan semua titik terlampau dan jumlah batas arus HF juga sudah terlampau.



Gambar 4.41. Persebaran Jumlah Titik Melebihi *Threshold* Kondisi Arcing

4.7 Tampilan Data Status

Pada peralatan pendeteksian *arcing* tegangan rendah juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data, berupa data jenis gangguan, waktu terjadi gangguan, arus HF maksimum dan jumlah titik yang melebihi *threshold*. Untuk lebih jelasnya data status dapat di jelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.42. Data Status Pada Penyimpanan *Sdcard*

Gambar diatas menunjukkan data status pada saat terjadi gangguan terjadi. Dapat dilihat dari gambar tersebut untuk nilai kode “1” merupakan jenis gangguan *switching* , sedangkan untuk nilai kode “2” merupakan jenis gangguan arcing dan dapat dijelaskan juga dari jumlah titik gangguan yaitu sebesar 21 titik.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini yaitu perancangan peralatan identifikasi arcing tegangan rendah dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan untuk pendeteksian menggunakan variable output dari transformasi *wavelet* diskrit. Variable untuk pendeteksian menggunakan variabel frekuensi tinggi (HF) dari setiap kondisi normal, *switching*, dan *arcing*.

Nilai sinyal arus maksimum frekuensi tinggi (HF) pada saat kondisi normal dapat dijadikan parameter pembandingan antara sinyal arus maksimum HF pada saat kondisi *switching* dan *arcing*, maka dari itu metode pembandingan ini dapat dijadikan parameter pembandingan antara kondisi *switching* dan *arcing*.

Pada peralatan pendeteksian arcing tegangan rendah ini menggunakan 2 *threshold* yaitu *threshold* arus HF maksimum yaitu 1,5 A dan *threshold* jumlah titik gangguan yang melebihi arush HF 10 titik.

Pada saat kondisi *switching*, sinyal yang terlampaui hanya *threshold* awal saja yaitu arus HF yaitu sebesar 1,5 A, sedangkan untuk *threshold* yang kedua yaitu *threshold* jumlah titik yang melebihi *threshold* arus HF tidak terlampaui.

Pada saat kondisi arcing, sinyal telah melampaui kedua *threshold* yang telah ditentukan sehingga peralatan akan memberikan indikator “*arcing detected*”.

Banyaknya kontak serabut pada simulasi gangguan berbengaruh terhadap banyaknya *arcing* yang akan di dapat, durasi terjadi gangguan (*arcing*) serta berpengaruh terhadap setiap pendeteksian pada peralatan.

5.2 Saran

Pada penelitian ini sudah menghasilkan indikator arcing yang dapat mendeteksi terjadinya gangguan hubung singkat secara *real time*, namun penelitian ini belum dapat melakukan sinkronisasi pada *miniatur circuit breaker (MCB)* untuk melakukan pemutusan.

Untuk proses sampling data dan perhitungan yang besar disarankan untuk tidak menggunakan mikrokontroller tetapi menggunakan mikroprosesor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang,Zhang. (2015), “Arc Fault and Flash Signal Analysis in DC Distribution Systems Using Wavelet Transformation”. *IEEE Transactions On Smart Grid*. Hal 1-9
- [2] Asfani, D.A. (2011), “Temporary Short Circuit Detection in Induction Motor Winding Using Second Level Haar-Wavelet Transform”. *IEEJ Transactions on Industry Applications*, Vol.131 No.9 Hal.1–10
- [3] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), “Data Kebakaran Permukiman”, Agustus 2011 – Juni 2015.
- [4] Gamon, Tami (2000), "The Historical Evolution of Arcing-Fault Models for Low-Voltage Systems". Hal 119-126
- [5] Zhen,Cao (2014),"Simple Analysis of the Measurement Methods of Arc Fault". *International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications*, hal. 914-917
- [6] Wu,Yuan (2013), "A Method for Arc Fault Detection Based on the Analysis of Signal's Characteristic Frequency Band with Wavelet Transform". *International Conference on Electric Power Equipment*, Japan. Hal 1-4
- [7] J-M. Martel, M. Anheuser, F.Berger, “A Study of Arcing Fault in Low Voltage Electrical Installation”, *IEEE*, Oct 2010.
- [8] Nosh K Medora and Alexander Kusko,"Arcing Faults In Low and Medium Voltage Electrical Systems”, *IEEE*, Oct 2011.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

BIODATA PENULIS



Abdillah Fashiha Ilman, Putra Pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ach.Buchari dan Malal Hayati. Penulis biasa dipanggil dengan nama Abdi. Penulis Lahir di Kota Sampang pada Tanggal 11 September 1991. Penulis memulai Pendidikannya di SDN Pangongsean 1, SMP Negeri 1 Sampang, dan SMA Negeri 1 Sampang. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2009, penulis melanjutkan Studi di Jurusan Teknik Telekomunikasi PENS. Kemudian penulis melanjutkan Studi di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Sistem Tenaga, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan lulus pada September 2014. Kemudian penulis melanjutkan studi S2 di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Sistem Tenaga, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga saat ini. Penulis selama kuliah S2 menjadi anggota di Laboratorium Tegangan Tinggi (HVL). Penulis dapat dihubungi melalui alamat email abdifashiha@gmail.com.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

LAMPIRAN

---Halaman ini sengaja dikosongkan---