



TUGAS AKHIR - TE 141599

**DESAIN PERALATAN DETEKSI ARCING PARALEL
TEGANGAN RENDAH BERBASIS SMARTPHONE DAN
ANALISA PENGARUH IMPEDANSI JARINGAN
TERHADAP KINERJA DETEKSI**

Ikhlas Fibtri Ramadhan
0711134000188

Dosen Pembimbing
Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TE 141599

**EQUIPMENT DESIGN FOR LOW VOLTAGE PARALLEL
ARC-FAULT DETECTION SMARTPHONE BASED AND
GRID ANALYSIS IMPEDANCE FOR PERFORMANCE
DETECTION**

Ikhlas Fibtri Ramadhan
07111340000188

Advisors
Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini Saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir Saya dengan judul “**Desain Peralatan Deteksi Arcing Paralel Tegangan Rendah Berbasis Smartphone dan Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Kinerja Deteksi**” adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang Saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Surabaya, Juni 2018

Ikhlas Fibtri Ramadhan
NRP. 0711134000188

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DESAIN PRALATAN DETEKSI ARCING PARALEL TEGANGAN
RENDAH BERBASIS SMARTPHONE DAN ANALISA PENGARUH
IMPEDANSI JARINGAN TERHADAP KINERJA DETEKSI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
NIP 19810905 200501 1 002

Ir. Samsjul Anam, MT.
NIP 19630725 199003 1 002



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DESAIN PERALATAN DETEKSI ARCING PARALEL
TEGANGAN RENDAH BERBASIS SMARTPHONE DAN
ANALISA PENGARUH IMPEDANSI JARINGAN TERHADAP
KINERJA DETEKSI**

Nama : Ikhlas Fibtri Ramadhan
Pembimbing I : Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
Pembimbing II : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ABSTRAK

Kegagalan peralatan pengaman arus listrik mendeteksi gangguan pada instalasi listrik tegangan rendah menjadi penyebab utama kebakaran akibat gangguan listrik. Gangguan listrik yang gagal dideteksi oleh peralatan pengaman adalah busur api listrik yang muncul saat terjadi hubungan singkat. Besar arus yang cukup untuk membuat bunga api dan cepatnya durasi gangguan menjadi penyebab kebakaran dan kegagalan deteksi dari peralatan pengaman. Pada penelitian kali ini akan dilakukan pendeteksian *arcing* berbasis *smart-phone* pada tegangan rendah dan analisa impedansi jaringan terhadap kinerja peralatan deteksi. Metode pendeteksian dilakukan dengan mikrokontroler yang berfungsi sebagai sensor dan pengirim data. Mikrokontroler mendeteksi adanya gangguan dengan cara mengambil sampling arus dan di transformasikan dengan menggunakan metode *wavelete transform* diskrit yang akan memberikan keluaran sinyal *high frequency* dan digunakan untuk menganalisa sinyal gangguan. Metode pengambilan data dibedakan menjadi 3 kondisi agar alat pendeteksi dapat membedakan gangguan, yaitu kondisi normal, *switching*, dan *arcing*. Serta membandingkan tiga karakteristik kondisi tersebut dengan perbedaan daya beban dan panjang impedansi saluran. Pada penelitian ini didapatkan hasil yaitu peralatan yang mampu mendeteksi *arcing* berbasis *smart-phone* dan tidak berpengaruhnya variasi impedansi saluran terhadap kinerja pendeteksian alat.

Kata Kunci: Deteksi *Arcing* parallel, Tegangan Rendah, *Smart-phone* Impedansi Saluran.

(Halaman sengaja dikosongkan)

***Equipment Design for Low Voltage parallel Arc-Fault Detection
Smart-phone Based and Grid Analysis Impedance for Performance
Detection***

Name : Ikhlas Fibtri Ramadan
1st Advisor : Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
2nd Advisor : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ABSTRACT

The failure of current protection equipment to detecting electrical fault at low voltage installation became the main cause of fire disaster. Electrical fault that failed to be detected by the protection equipment was an electric arc that appears when a short circuit fault occurred. The magnitude of current that sufficient to make sparks and the rapid duration of the fault caused the fire and the failure of the protection equipment to detecting the fault. In this research, smart phone would be used to detecting arcing in low voltage equipment and analysis the influence of impedance against the performance of protection equipment. Microcontroller would be used as detection method that functionate as sensor and data sender. Microcontroller detected electrical fault by taking sampling of current and transformed by using discrete wavelete transform method which would given high frequency signal output and would be used to analyzing the signal of electrical fault. The methods of data retrieval was divided into three conditions in order to distinguishing electrical fault by the detection equipment. The three of them were normal condition, switching condition, and arcing condition, and then compared the three characteristics of the condition by the difference of load power and the length of impedance. In this research, the result that obtained was the equipment based on smart phone was able to detecting arc fault and impedance variation was not influence the performance of the detection equipment.

Keywords: *Parallel Arcing Detection, Low Voltage, Smart-phone, Line Impedance.*

(Halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

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

Tugas akhir yang berjudul “**Desain Peralatan Deteksi Arcing Paralel Tegangan Rendah Berbasis Smartphone Dan Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Kinerja Deteksi**” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan sarjana pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

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

1. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan moral dan materiil. Terutama kedua orang tua saya yang selalu memberikan doanya kepada saya
2. Bapak Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT. dan Bapak Ir. Sjamsjul Anam, MT. yang sudah menjadi pembimbing dan membentuk karakter saya agar siap dan mampu untuk menyelesaikan tugas akhir ini
3. Bapak Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc., yang meminjamkan fasilitas laboratorium serta memberikan masukan dan ilmu yang tidak akan saya lupakan.
4. Keluarga laboratorium tegangan tinggi HVL family yang membantu memberikan dukungan dan asupan kepada saya saat mengerjakan tugas akhir ini. Serta seluruh teman teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang sudah memotivasi dan memberikan dukungannya kepada saya . Khususnya saudari Luki Indeswari, ST. yang selalu ada dan menemani.

Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang ingin mendalami ilmu mengenai pendeteksian bunga api ini. Semoga bermanfaat dan mengurangi kecelakaan akibat bunga api.

Surabaya, Mei 2018

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika penulisan	3
BAB II ARC FAULT, KARAKTERISTIK ARCING BEBAN RESISTIF DAN TRANSFORMASI WAVELET	5
2.1 <i>Arc Fault</i>	5
2.2 Karakteristik <i>Arcing</i> Parallel Beban Resistif	6
2.3 Transformasi Wavelet.....	8
2.3.1 Fungsi Wavelet (<i>Mother Wavelet</i>)	9
2.3.2 Transformasi Wavelet Kontinu (CWT)	12
2.3.3 Transformasi Wavelet Diskrit (DWT).....	13
2.4 Impedansi Jaringan.....	14
BAB III PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA	15
3.1 Perancangan Alat Eksperimen	15
3.1.1 Miniature Circuit Breaker	16
3.1.2 Lampu Pijar 100Watt.....	16
3.1.3 Kabel.....	17
3.1.4 Arc Chamber Berbahan Akrilik	18
3.1.5 Current Transformer	18
3.2 Perancangan Modul Pendeteksi	19
3.3 Perancangan Modul <i>Smart-phone</i>	22
3.3.1 Software Android Studio	24
3.3.2 MQTT Broker	27
3.4 Pengambilan Data.....	27

BAB IV Hasil dan Analisa Data	29
4.1 Skema Pengambilan Data Arus Pada Kondisi Normal, <i>Switching</i> dan <i>Arcing</i>	29
4.2 Grafik Sinyal Arus Asli saat Kondisi Normal, <i>Switching</i> , <i>Arcing</i>	30
4.2.1 Grafik Sinyal Kondisi Normal.....	30
4.2.2 Grafik Sinyal Asli Kondisi <i>Switching</i>	31
4.2.3 Grafik Sinyal Kondisi <i>Arcing</i>	32
4.3 Analisa Data Karakteristik Kondisi Normal dan <i>Switching</i> Pada Tegangan Rendah	33
4.3.1 Pengolahan data dengan diskrit wavelete transform.....	34
4.3.2 Perbandingan Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan Kondisi Normal dan <i>Switching</i>	34
4.3.3 Analisa Deteksi Kondisi Penambahan Beban (<i>Switching</i>) dan Perbedaan Impedansi Saluran pada Program Deteksi <i>Arcing</i>	42
4.4.3 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data.....	43
4.4 Analisis Data Karakteristik Busur Api Listrik (<i>Arcing</i>) Tegangan Rendah pada Hubung Singkat	45
4.4.1 Pengolahan Data <i>Arcing</i> dengan DWT	45
4.4.2 Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan ...	46
4.3.2 Analisa Deteksi Kondisi Hubung Singkat Pada Program Deteksi.....	48
4.4.2 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data pada Kondisi <i>arcing</i> dengan impedansi saluran 0.07Ω dan 0.24Ω	50
4.5 Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Akurasi Pengukuran Modul Pendeteksi	50
4.5.1 Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Akurasi Pengukuran Modul Pendeteksi pada Keseluruhan Eksperimen	50
4.5.2 Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Pendeteksian Tingkat Keparahan <i>Arcing</i> dan Data yang Dikirim pada Aplikasi <i>Smart-phone</i>	52
BAB V PENUTUP	55
1.1 Kesimpulan.....	55
1.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
RIWAYAT HIDUP	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Busur Api Akibat adanya dua konduktor berdekatan	6
Gambar 2. 2	<i>Arcing</i> seri.....	7
Gambar 2. 3	<i>Arcing</i> paralel <i>fase to ground</i>	7
Gambar 2. 4	<i>Arcing</i> paralel <i>fase to fase</i>	8
Gambar 2. 5	Sinyal Arus <i>arcing parallel</i>	8
Gambar 2. 6	Aplikasi Transformasi Wavelet dalam Sistem Tenaga ..	9
Gambar 2. 7	Beberapa contoh bentuk <i>mother wavelet</i>	10
Gambar 2. 8	<i>Mother wavelet debauchies</i> . (a) db2, (b) db3, (c) db4, (d) db5, (e) db6, (f) db10	12
Gambar 3. 1	Alat Eksperimen <i>Arcing</i> Paralel pada Tegangan Rendah.....	15
Gambar 3. 2	Skema Rangkaian Alat Pengujian	16
Gambar 3. 3	Impedansi Saluran 0,24 Ω	17
Gambar 3. 4	Impedansi Saluran 0.07 Ω	18
Gambar 3. 5	Modul pendeteksi	19
Gambar 3. 6	Flowchart (1) modul pendeteksi <i>arcing</i>	20
Gambar 3. 7	Flowchart (2) modul pendeteksi <i>arcing</i>	21
Gambar 3. 8	Skema modul <i>smart-phone</i>	22
Gambar 3. 9	Tampilan <i>interface</i> aplikasi <i>smart-phone</i> sebelum masuk ke menu utama	23
Gambar 3. 10	Tampilan <i>interface program smart-phone</i> pada menu utama	23
Gambar 3. 11	Tampilan <i>Andorid Studio</i>	24
Gambar 3. 12	<i>Flowchart</i> (1) aplikasi <i>smart-phone</i>	25
Gambar 3. 13	<i>Flowchart</i> (2) aplikasi <i>smart-phone</i>	26
Gambar 3. 14	Tampilan hasil pengambilan data arus dari alat pedeteksi	28
Gambar 4. 1	Grafik sinyal asli kondisi normal impedansi saluran 0.07 Ω	31
Gambar 4. 2	Grafik sinyal asli kondisi normal impedansi saluran 0.24 Ω	31
Gambar 4. 3	Grafik sinyal asli kondisi <i>switching</i> dengan impedansi saluran 0.07 Ω	32
Gambar 4. 4	Grafik sinyal asli kondisi <i>switching</i> dengan impedansi saluran 0.24 Ω	32

Gambar 4. 5	Grafik sinyal asli kondisi <i>switching</i> dengan impedansi saluran 0.07Ω	33
Gambar 4. 6	Grafik sinyal asli kondisi <i>switching</i> dengan impedansi saluran 0.24Ω	33
Gambar 4. 7	Hasil proses sinyal kondisi normal menggunakan DWT	34
Gambar 4. 8	Alat pendeteksi mendeteksi adanya <i>switching</i>	42
Gambar 4. 9	Persebaran data arus pada kondisi normal dengan impedansi 0.07Ω	42
Gambar 4. 10	Persebaran data arus pada kondisi normal dengan impedansi 0.24Ω	43
Gambar 4. 11	Persebaran data arus pada kondisi <i>switching</i> dengan impedansi 0.07Ω	44
Gambar 4. 12	Persebaran data arus pada kondisi <i>switching</i> dengan impedansi 0.24Ω	44
Gambar 4. 13	Hasil Proses Sinyal Arcing 24 Serabut dengan DWT ..	46
Gambar 4. 14	Alat pendeteksi arcing mendeteksi adanya arcing medium dan jumlah titik gangguan 79	49
Gambar 4. 15	Alat pendeteksi arcing mendeteksi adanya arcing high dan jumlah titik gangguan 148	49
Gambar 4. 16	Grafik persebaran data kondisi arcing dengan impedansi saluran 0.07Ω	49
Gambar 4. 17	Grafik persebaran data kondisi arcing dengan impedansi saluran 0.24Ω	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Tabel atribut dan jenis <i>mother wavelet</i>	11
Tabel 4. 1	Skema Pengambilan Data Arus	29
Tabel 4. 2	Perbandingan arus HF maksimum kondisi normal dan <i>switching</i> dengan impedansi saluran 0.07Ω	35
Tabel 4. 3	Perbandingan arus hf maksimum kondisi normal dan <i>switching</i> dengan impedansi saluran 0.24Ω	38
Tabel 4. 4	Data arus HF maksimum dan jumlah titik gangguan pada percobaan arcing dengan variasi impedansi saluran sebesar 0.07Ω dan 0.24Ω	46
Tabel 4. 5	Kategori keparahan arcing berdasarkan jumlah titik gangguan	48
Tabel 4. 6	Jumlah Eksperimen Tingkat akurasi alat, dan pengiriman data.	51
Tabel 4. 7	Percobaan pendeteksian tingkat keparahan arcing dan data yang dikirim pada aplikasi <i>smart-phone</i>	52

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik masih menjadi penunjang utama dalam kehidupan masyarakat pada saat ini. Hal inilah yang menyebabkan rasio elektrifikasi setiap wilayah di Indonesia meningkat setiap tahunnya. Menurut data Perusahaan Listrik Negara (PLN) ratio elektrifikasi di Indonesia mencapai 63,5 % pada tahun 2013, kemudian setiap tahunnya bertambah 4-5% sehingga pada tahun 2016 ratio elektrifikasi menjadi 84,0% [1]. Kenaikan kebutuhan listrik di Indonesia juga berbanding lurus dengan kecelakaan yang di akibatkan oleh listrik di Indonesia juga ikut meningkat setiap tahunnya. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana dari akhir tahun 2011 sampai pertengahan tahun 2015 ada 979 kasus kebakaran yang terjadi di Indonesia dengan 431 kasus yang diakibatkan oleh korsleting listrik [2]. Salah satu penyebab utama terjadinya kebakaran karena listrik adalah gangguan hubung singkat. Peristiwa tidak normal ketika penghantar bertegangan tersambung langsung dengan penghantar netral di sebut gangguan hubung singkat. Dalam gangguan hubung singkat nilai arusnya sangat besar, apabila nilai arus hubung singkat melebihi ketahanan bahan penghantar arus listrik maka akan menyebabkan rusaknya peralatan dan bisa menimbulkan kebakaran. Maka dibutuhkan pemutusan hubung singkat dengan segera agar bunga api tidak membakar bahan yang mudah terbakar.

Peralatan pengaman yang seharusnya dapat memutus arus hubung singkat gagal mendeteksi adanya gangguan hubung singkat dikarena durasi terjadinya gangguan sangat cepat sehingga peralatan pengaman konvensional seperti *miniature circuit breaker* (MCB) tidak dapat bereaksi hal ini di sebabkan arus gangguan tidak mencapai *tripping curve*. Busur api (*arc flash*) merupakan suatu peristiwa lompatan elektron antara celah dari dua buah konduktor berdekatan yang terpapar secara langsung [3]. Fenomena busur api (*arc flash*) adalah fenomena yang berbahaya karena dapat menyebabkan kebakaran apabila berdekatan dengan peralatan atau benda yang mudah terbakar seperti kertas, zat kimia yang mudah terbakar dll.

Penggunaan *smart-phone* dan internet sudah menjadi hal pokok yang harus dimiliki oleh masyarakat pada masa saat ini. *Smart-phone* dan internet yang mudah diakses serta cepat mendapatkan informasi menjadi

alasan utama para pengguna tidak bisa lepas dari *smart-phone*. Berbagai peralatan saat ini sudah banyak yang terkoneksi dengan *smart-phone* melalui internet tujuannya agar dapat memonitoring peralatan dari jarak jauh. Maka diperlukan peralatan pendeteksi yang dapat berintegrasi dengan *smart-phone* agar pengguna dapat mengakses alat pendeteksi *arcing* dari jarak jauh dan mempermudah monitoring peralatan pendeteksi.

Letak terjadinya hubung singkat yang dapat menyebabkan *arcing* belum bisa kita deteksi hal ini menyebabkan pertanyaan apakah peralatan mampu mendeteksi *arcing* pada jarak saluran tertentu maka diperlukan penelitian akurasi peralatan dalam mendeteksi *arcing* berdasarkan jaraknya yang bisa di modelkan dengan panjang saluran impedansi.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan modul *smart-phone* yang dapat berintegrasi dengan mikrokontroler yang dapat mendeteksi fenomena *arcing* dan pengaruh impedansi jaringan terhadap kinerja peralatan pendeteksi *arcing*.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh impedansi jaringan terhadap kinerja deteksi peralatan ?
2. Desain aplikasi *smart-phone* yang dapat berintegrasi dengan mikrokontroler pendeteksi *arcing*.

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh impedansi jaringan terhadap kinerja alat pendeteksi *arcing*.
2. Mendesain aplikasi *smart-phone* yang mampu berintegrasi dengan mikrokontroler pendeteksi *arcing*.

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Busur api listrik (*arcing*) yang diteliti hanya busur api tegangan rendah.
2. Penentuan parameter dan pengklasifikasian gangguan berdasarkan pada percobaan yang dilakukan pada rangkaian modul pengujian.
3. Beban yang digunakan dalam modul pengujian adalah beban resistif murni.

4. Aplikasi *smart-phone* menampilkan bahwa peralatan mendeteksi gangguan *arcing*.
5. Variasi impedansi saluran yang digunakan hanya resistansi saluran.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Studi literatur
Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan studi pustaka yang mempelajari *paper* dan buku yang sesuai dengan topik penelitian ini. Materi yang di pelajari adalah hubung singkat tegangan rendah ,fenomena busur api listrik (*arcing*) ,parameter-parameter busur api listrik yang digunakan ,pembuatan aplikasi *smart-phone*.
2. Pembuatan aplikasi *smart-phone*
Pembuatan aplikasi lebih kearah penambahan modul wifi pada alat mikrokontroler pendeteksi *arcing*, agar nantinya keluaran dari alat pendeteksi *arcing* dapat dikirim ke aplikasi *smart-phone*.
3. Desain aplikasi *smartphone* dan integrasi dengan peralatan mikrokontroler pendeteksi *arcing*
Setelah mikrokontroler pendeteksi *arcing* berhasil mendeteksi gangguan *arcing*, mikrokontroler akan mengirim notifikasi ke MQTT *Broker* yang akan di teruskan ke aplikasi *smart-phone* sehingga aplikasi dapat menerima dan menampilkan peringatan jika terjadi *arcing* pada saluran yang terdapat mikrokontroler tersebut.
4. Pengambilan data dan analisa pengaruh impedansi jaringan terhadap kinerja mikrokontroler pendeteksi *arcing*
Pengambilan data dilakukan didalam modul yang sudah tersedia di laboratorium tegangan tinggi , pengambilan data dilakukan sampai mendapatkan hasil yang berkesesuaian dengan teori yang ada.
5. Evaluasi integrasi mikrokontroler dengan aplikasi *smart-phone*
Selesaiya proses pengintegrasian mikrokontroler pendeteksi *arcing* dengan aplikasi *smartphone* maka dilakukan pengujian sehingga mendapatkan akurasi dari peralatan pendeteksi smart-phone.
6. Penyusunan Laporan Akhir
Penyusunan laporan akhir penelitian berupa buku tugas akhir.

1.6 Sistematika penulisan

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

Bab pertama merupakan pendahuluan yang meliputi pembahasan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan buku tugas akhir ini.

Bab kedua akan membahas tentang teori yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu *arc fault*, karakteristik arcing beban resistif, transformasi wavelet, dan impedansi jaringan.

Bab ketiga akan dibahas mengenai metodologi yang digunakan dalam pengerjaan studi ini. Antara lain, perancangan alat eksperimen, perancangan modul pendeteksi, perancangan modul *smart-phone*, dan cara pengambilan data.

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

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

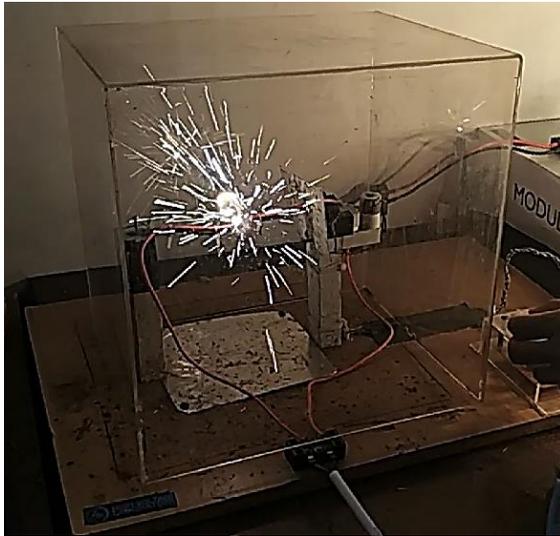
BAB II

ARC FAULT, KARAKTERISTIK ARCING BEBAN RESISTIF DAN TRANSFORMASI WAVELET

2.1 *Arc Fault*

Kebutuhan akan listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan primer di era sekarang. Hal ini tidak lepas dari peningkatan resiko akibat rumitnya sistem instalasi, terutama instalasi kelistrikan di daerah yang padat penduduk. Oleh karena itu, peralatan pengaman seperti MCB (Miniatur Circuit Breaker) dan fuse sangat berpengaruh dalam menjaga keamanan dan kestabilan dari sistem. MCB menggunakan dua buah prinsip dalam mengamankan suatu sistem. Pertama yaitu menggunakan medan magnet yang dihasilkan akibat adanya arus tinggi sesaat yang mendorong plat sehingga dapat membuka suatu rangkaian. Sedangkan yang kedua yaitu dengan menggunakan efek panas yang dihasilkan oleh arus berlebih secara kontinu dimana bimetal yang terdapat didalam MCB akan melengkung dan memutuskan rangkaian. Sedangkan fuse menggunakan prinsip ketahanan kabel melewati arus, dimana ketika arus sudah melebihi batas rating dari fuse maka fuse akan terputus secara otomatis. Akan tetapi, peralatan tersebut belum sepenuhnya dapat mengamankan berbagai jenis kegagalan, salah satunya *arc fault*.

Arc fault ialah salah satu kegagalan yang belum dapat diatasi dengan baik dengan peralatan pengaman konvensional seperti MCB dan fuse. Hal ini disebabkan karena durasi gangguan yang sangat cepat ketika terjadi *arcing* [3]. *Arc fault* juga biasanya diikuti dengan fenomena *arc flash*. *Arc flash*, merupakan suatu fenomena loncatan elektron akibat adanya dua permukaan konduktor yang memiliki beda potensial dan saling berdekatan [3]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Sedangkan menurut NFPA (National Fire Protection Association), *Arc Flash* merupakan fenomena pelepasan energi termal dan cahaya yang disebabkan oleh penguapan dan ionisasi dimana suhu yang dihasilkan dapat mencapai 35.000°F [4].

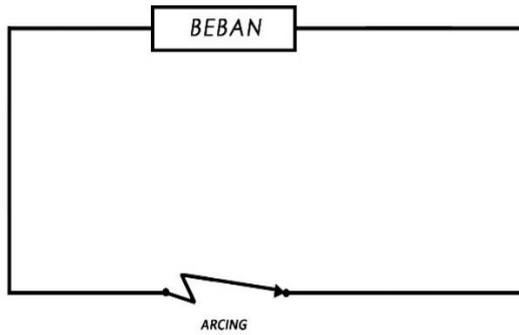


Gambar 2. 1 Busur Api Akibat adanya dua konduktor berdekatan

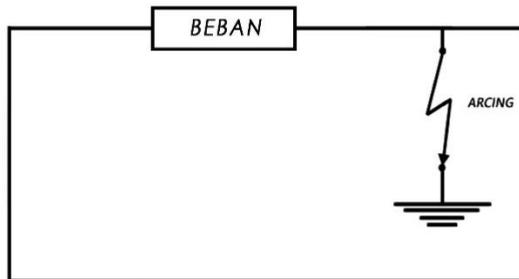
Adapun faktor-faktor penyebab terjadinya *arc fault* diantaranya kerusakan media isolasi kabel akibat penuaan, kerusakan isolasi kabel akibat adanya hewan pengerat maupun kerusakan akibat adanya gesekan. Faktor-faktor tersebut sering kali terjadi pada daerah rawan penduduk seperti pasar dimana ketika terdapat dua buah kabel yang telah mengalami kerusakan isolasi dan saling berdekatan akan menyebabkan *arc fault* yang disertai *arc flash*. *Arc flash* inilah yang sering membuat terjadinya kebakaran dan secara tidak langsung akan mengancam keselamatan manusia baik secara fisik maupun materil.

2.2 Karakteristik Arcing Paralel Beban Resistif

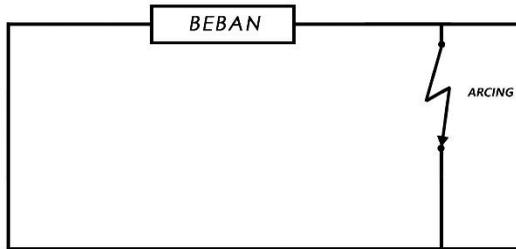
Arc fault dapat dikategorikan dalam dua jenis. Pertama yaitu *series arc* diperlihatkan pada gambar 2.2. *Series arc* memiliki tingkat arus yang dibatasi oleh kondisi bebannya. Oleh karena itu, jika bentuk gelombang *series arc* dibandingkan dengan kondisi normal, maka akan terlihat adanya penurunan titik puncak setelah terjadi *arcing* [5]. Kemudian, Jenis kedua yaitu *parallel arc*. *Parallel arc* dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu *fase to ground* diperlihatkan pada gambar 2.3 dan *fase to fase* diperlihatkan pada gambar 2.4 keduanya adalah hubung singkat yang memiliki karakteristik nilai arus yang tinggi.



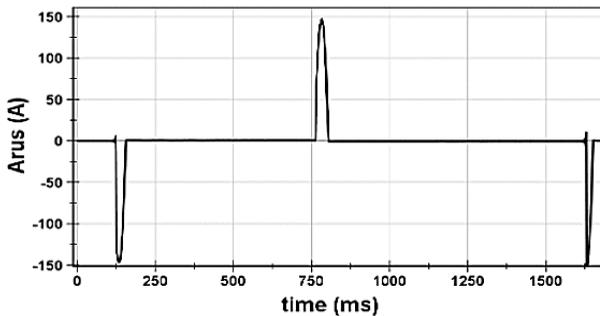
Gambar 2. 2 *Arcing seri*



Gambar 2. 3 *Arcing paralel fase to ground*



Gambar 2. 4 Arcing paralel fase to fase

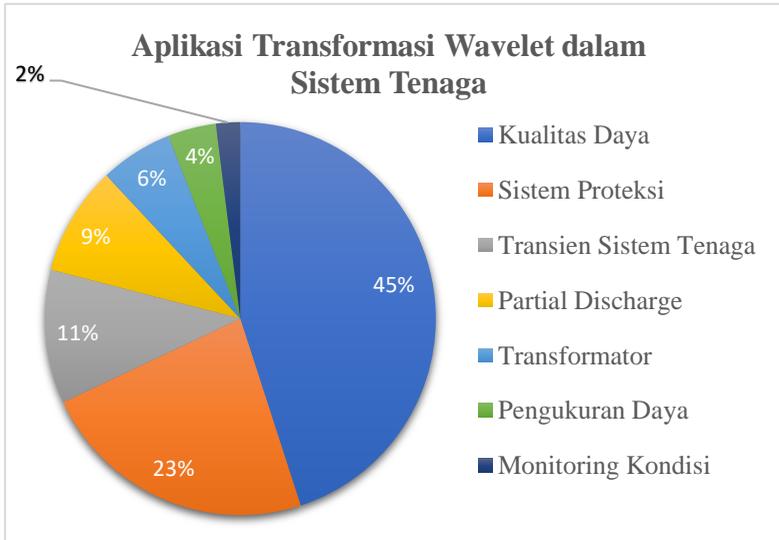


Gambar 2. 5 Sinyal Arus arcing paralel

Secara umum, *parallel arc* dapat dengan mudah diidentifikasi karena tingginya loncatan arus ketika gangguan terjadi seperti pada gambar 2.5

2.3 Transformasi Wavelet

Transformasi wavelet mulai populer dikalangan peneliti dalam menganalisis sinyal transien dan tidak stasioner pada awal tahun 1990an [manchester]. Hal ini dikarenakan kemampuan dari transformasi ini dalam menyajikan sinyal dalam resolusi frekuensi dan waktu yang lebih baik dari pada transformasi pendahulunya yakni FFT (*Fast Fourier Transform*). Pada sistem tenaga penggunaan dari transformasi wavelet menjadi populer karena dapat menganalisis gangguan transien dari segi frekuensi dan juga dapat menentukan kapan gangguan tersebut terjadi [6].



Gambar 2. 6 Aplikasi Transformasi Wavelet dalam Sistem Tenaga

Selain gangguan transien, aplikasi dari transformasi wavelet juga digunakan pada bidang lainnya dari sistem tenaga seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 [7].

Secara matematis, transformasi wavelet merupakan konvolusi dari fungsi wavelet atau biasa disebut *mother wavelet* dengan sinyal masukannya. Dalam proses transformasi, *mother wavelet* sangat berkaitan dengan sinyal masukan dalam menghasilkan koefisien wavelet yang mana akan merepresentasikan sinyal dalam posisi dan skala yang berbeda. Adapun jenis dari transformasi wavelet dapat dibagi menjadi tiga yaitu *continuous wavelet transform (CWT)*, *discrete wavelet transform*, dan *wavelet packet transform (WPT)*. Namun dari ketiga jenis tersebut, CWT merupakan konsep dasar dari jenis transformasi lainnya dan secara keseluruhan memahami fungsi wavelet atau *mother wavelet* sangat penting dalam menentukan analisis yang tepat dengan sinyal masukan.

2.3.1 Fungsi Wavelet (*Mother Wavelet*)

Fungsi wavelet juga biasa dikenal dengan sebutan *mother wavelet*. Kata wavelet sendiri dapat diartikan sebagai gelombang pendek dimana diterjemahkan dari kata dalam bahasa perancis "*ondelleis*". Tidak seperti

fourier yang hanya menggunakan satu basis fungsi, transformasi wavelet menggunakan beberapa jenis basis fungsi yang disebut *mother wavelet*. Sebuah wavelet pendek memiliki nilai integral nol dimana ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut

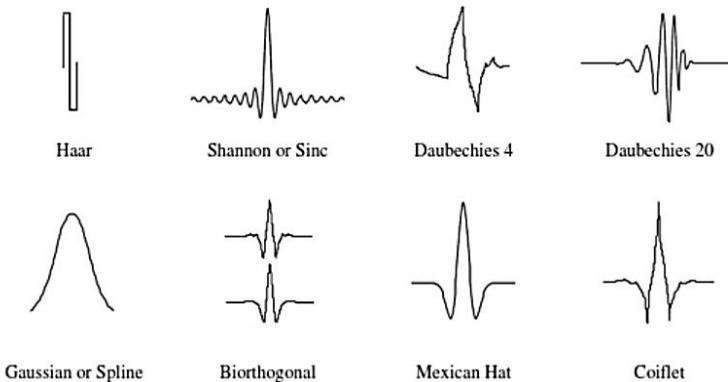
$$\int \psi(t) dt = 0 \quad (2.1)$$

Dimana $\psi(t)$ merupakan *mother wavelet*.

Adapun karakteristik dari *mother wavelet* menurut [8] ialah

1. berosilasi
2. meluruh dengan cepat dan kembali ke nol
3. memiliki nilai rata-rata sama dengan nol dan nilai integral sama dengan nol

Mother wavelet sendiri terdiri atas 4 jenis yaitu *crude mother wavelet*, *orthogonal mother wavelet*, *biorthogonal mother wavelet*, dan *reverse biorthogonal mother wavelet*. Keempat jenis *mother wavelet* ini memiliki atribut dan jenis keluarga yang berbeda-beda. *Crude mother wavelet* tidak memiliki sifat orthogonal sehingga hanya dapat digunakan pada transformasi wavelet kontinu. Sedangkan transformasi wavelet diskrit memerlukan sifat orthogonal dalam mendapatkan fungsi scalling. Adapun jenis *mother wavelet* beserta atribut dan keluarganya ditunjukkan



Gambar 2. 7 Beberapa contoh bentuk *mother wavelet*

dalam tabel 2.1 dan beberapa contoh dari bentuk *mother wavelet* di tunjukkan pada Gambar 2.7.

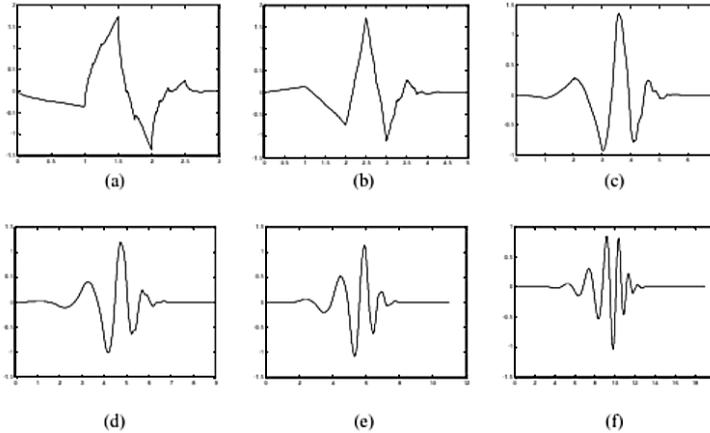
Tabel 2. 1 Tabel atribut dan jenis *mother wavelet*

Wavelet Family	Wavelet Type	Transform Type
Mexican Hat	Crude	CWT
Morlet	Crude	CWT
Gaussian	Crude	CWT
Meyer	Crude	CWT
Shannon	Crude	CWT
Complex B-Spline	Crude	CWT
Complex Morlet	Crude	CWT
Complex Gaussian	Crude	CWT
Haar	Orthogonal	CWT dan DWT
Debauchies	Orthogonal	CWT dan DWT
Symlets	Orthogonal	CWT dan DWT
Coiflets	Orthogonal	CWT dan DWT
Discrete Meyer	Orthogonal	CWT dan DWT
Biorthogonal	Biorthogonal	CWT dan DWT
Reserve Biorthogonal	Reserve Biorthogonal	CWT dan DWT

Beberapa dari macam *mother wavelet* memiliki atribut dan keluarganya masing-masing. Seperti contohnya *debauchies* dimana anggota dari *debauchies* dinamakan berdasarkan jumlah titik filternya. Semakin besar titik filternya semakin besar resolusi frekuensinya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, dimana beberapa dari anggota *debauchies* ditampilkan menunjukkan tingkat kehalusan dari *mother wavelet* semakin halus ketika titik filter semakin besar. Dalam transformasi wavelet, *mother wavelet* merupakan suatu fungsi dasar dalam menerjemahkan sebuah sinyal dimana dapat dirumuskan seperti sebagai berikut.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.2)$$

Dimana a merupakan parameter pelebaran, b parameter penerjemah, dan $\frac{1}{\sqrt{a}}$ merupakan faktor normalisasi. Adapun proses pelebaran dan penerjemahan suatu sinyal dalam transformasi wavelet.



Gambar 2. 8 *Mother wavelet debauchies.* (a) db2, (b) db3, (c) db4, (d) db5, (e) db6, (f) db10

Proses pelebaran dan penerjemahan dalam transformasi wavelet ini dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu transformasi wavelet kontinu dan transformasi wavelet diskrit. Transformasi wavelet kontinu menerjemahkan sinyal masukan secara menyeluruh sedangkan transformasi diskrit menerjemahkan secara perbagiannya atau diskrit.

2.3.2 Transformasi Wavelet Kontinu (CWT)

Seperti yang telah disebutkan pada sub bab sebelumnya, transformasi wavelet kontinu merupakan konsep dasar dari transformasi wavelet lainnya. Persamaan berikut mendefinisikan transformasi wavelet kontinu secara sederhana.

$$WT(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\psi(t)dt \quad (2.3)$$

Dimana

$x(t)$ = Sinyal masukan

$\psi(t)$ = *Mother wavelet*

Seperti yang telah diketahui, didalam proses sinyal digital, pengkorelasiian dua buah sinyal akan menghasilkan sebuah koefisien

dimana koefisien ini memberikan informasi mengenai kecocokan sinyal dengan mother wavelet. Semakin besar koefisien maka semakin cocok sinyal dengan jenis *mother wavelet* tersebut dan sebaliknya jika semakin kecil maka sinyanya semakin tidak cocok dengan *mother wavelet*-nya. Dalam CWT, pelebaran dan penerjemahan dilakukan secara menyeluruh. Hal ini menyebabkan adanya redundansi atau penggandaan dimana hal tersebut tidaklah efisien. Oleh karena itu, transformasi wavelet secara diskrit digunakan untuk menghilangkan redundansi dan membuat hasil yang lebih efisien.

2.3.3 Transformasi Wavelet Diskrit (DWT)

Dikarenakan adanya redundansi atau penggandaan dalam proses transformasi wavelet secara kontinu. Oleh karena itu, proses pelebaran dan penerjemahan dilakukan secara diskrit. Adapun transformasi wavelet diskrit dapat dirumuskan seperti pada berikut

$$WT_{a,b}(n) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_0^{N-1} x(n) \psi\left(\frac{n-b}{a}\right) \quad (2.4)$$

Dimana

- $x(n)$ = Sinyal masukan
- ψ = Mother wavelet
- a = variabel pelebaran
- b = Variabel penerjemah

Adapun syarat dalam variabel a dan b harus mengikuti persamaan berikut

$$a = a_0^m \quad (2.5)$$

$$b = nb_0 a_0^m \quad (2.6)$$

Dimana $a_0 > 1$ merupakan faktor pelebaran dan b_0 merupakan faktor penerjemah yang bergantung pada nilai a_0 dan m dan n merupakan integer positif. Parameter ini akan mengubah persamaan wavelet sebelumnya menjadi seperti sebagai berikut.

$$\psi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \psi\left(\frac{t-nb_0 a_0^m}{a_0^m}\right) \quad (2.7)$$

2.4 Impedansi Jaringan

Impedansi dalam koordinat kartesius dirumuskan dengan penjumlahan antara nilai nyata yaitu resistansi (R) dengan nilai imajiner yaitu reaktansi (X). Satuan internasional dari impedansi ialah ohm. Pada jaringan, impedansi biasa terdapat pada kabel. Pada kabel, perhitungan resistansi dapat dirumuskan seperti sebagai berikut.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.8)$$

Dimana

ρ = massa jenis dari konduktor

l = panjang dari kabel

A = luas penampang dari kabel

Berdasarkan Persamaan 2.8 terlihat bahwa resistansi dari kabel dipengaruhi oleh massa jenis, panjang, dan luas penampang.

BAB III

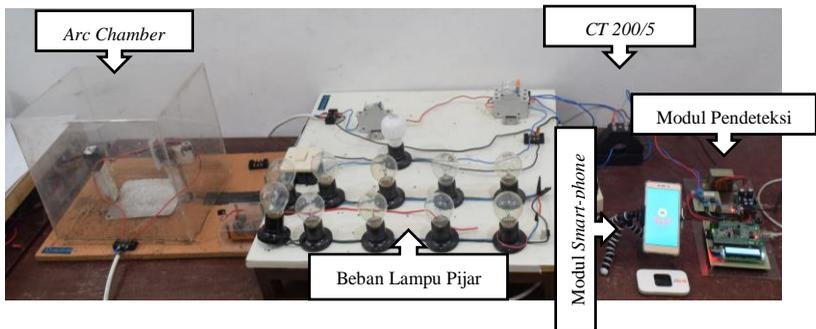
PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Perancangan Alat Eksperimen

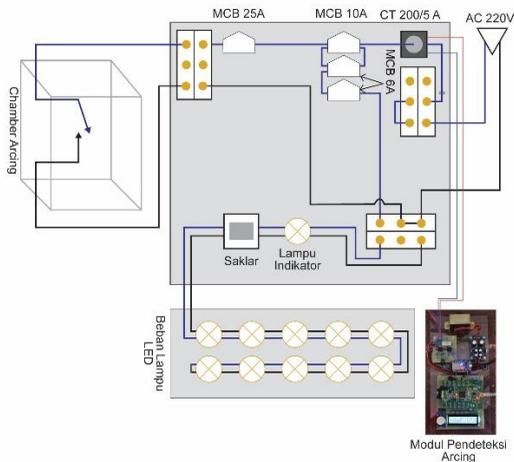
Alat eksperimen dirancang agar dapat mensimulasikan fenomena *arcing* paralel tegangan rendah pada suatu rangkain dan menggunakan resistif murni sebagai bebannya. Eksperimen dilakukan agar dapat memodelkan 3 kondisi yang sering terjadi pada sistem listrik tegangan rendah yaitu kondisi beban normal , kondisi beban dengan switching dan kondisi saat gangguan *arcing* terjadi . Skema alat eksperimen ditunjukkan oleh gambar 3.1 dan skema rangkain ditunjukkan pada gambar 3.2

Terdapat beberapa komponen di dalam modul arc generator yang sudah dibuat yaitu lampu pijar 100 Watt sebanyak 11 buah lampu, *Current Transformer* (CT) sebanyak 1 buah dengan rasio 200/5, *Miniatur Circuit Breaker* (MCB), *chamber* akrilik, motor DC, dan *Switch*/saklar.

Selain modul arc generator terdapat juga modul pendeteksi yang dibuat agar dapat mendeteksi *arcing* ketika terjadi hubung singkat didalam *chamber* akrilik. Modul ini terdiri dari STM32F4 *Discovery* dan terintegrasi dengan ESP 32 *wifi module* yang berfungsi sebagai penyambung ke internet. Lalu terdapat juga modul *smart-phone* yang terdiri aplikasi yang sudah terinstall pada *smart-phone* dan juga Pemancar *wifi Bolt Super-4G D6D7*.



Gambar 3. 1 Alat Eksperimen *Arcing* Paralel pada Tegangan Rendah



Gambar 3. 2 Skema Rangkaian Alat Pengujian

3.1.1 Miniature Circuit Breaker

Miniature circuit breaker (MCB) merupakan salah satu jenis pengaman yang digunakan pada sistem kelistrikan tegangan rendah yang berfungsi sebagai pengaman saat terjadi hubung singkat dan beban lebih. MCB akan bekerja otomatis mengamankan rangkaian dengan cara memutus rangkaian apabila arus yang melewatinya *rating* peralatan pada MCB tersebut.

MCB digunakan sebagai pengaman beban lampu yang di simulasikan agar serupa dengan kondisi diperumahan dan pasar yang banyak menggunakan beban lampu. Pada eksperimen kali ini, MCB berfungsi sebagai pembatas arus yang lewat pada beban yang berupa lampu , sehingga lampu tidak akan rusak apabila terjadi gangguan hubung singkat.

3.1.2 Lampu Pijar 100Watt

Pada alat eksperimen menggunakan beban resistif yang disimulasikan menggunakan lampu pijar dengan daya 100Watt. Dalam modul *arc generator* ini terdapat 11 lampu pijar 100Watt, 10 lampu digunakan untuk mensimulasikan beban dan 1 lampu sebagai indikator jika ada arus yang mengalir. Total daya jika semua lampu menyala adalah 1100Watt. Pemilihan daya sebesar 1100Watt ini untuk mensimulasikan

pemakaian listrik PLN umumnya di pemukiman penduduk dan pasar dengan daya 1300 VA.

3.1.3 Kabel

NYMHY 2x1.5mm² adalah kabel yang dipilih untuk memodelkan impedansi saluran pada percobaan ini, dengan panjang 10 Meter (0,24Ω) dan 3 Meter(0.07Ω) seperti pada gambar 3.3 dan gambar 3.4. Hal ini di pilih untuk mendekati nilai impedansi saluran Pada Teknik Elektro ITS yaitu sebesar 0.0642Ω(Dari Trafo input di Elbud sampai panel di ruang asisten laboratorium konversi energi B101) dan 0,217 (Diukur dari Trafo input di elbud sampai lampu di parkir dosen). Pengukuran dilakukan dengan mengukur jarak dan menghitung impedansi dari datasheet kabel yang ada .

Kabel NYMHY 2x1.5mm² adalah kabel dengan konduktor serabut 1 fasa yang umumnya di gunakan untuk instalasi rumah [9]. Kabel ini bersifat fleksibel karena memiliki inti dengan jenis serabut sehingga tidak mudah patah. Bahan isolator pada kabel ini terbuat dari PVC dan memiliki arus nominal sebesar 10 A.



Gambar 3. 3 Impedansi Saluran 0,24 Ω



Gambar 3. 4 Impedansi Saluran 0.07 Ω

3.1.4 Arc Chamber Berbahan Akrilik

Arc chamber merupakan alat yang bertujuan untuk membatasi loncatan bunga api agar tidak keluar dari tempat yang telah disediakan yang beresiko menyebabkan kebakaran.

Arc chamber sendiri terbuat dari bahan akrilik yang dapat menyerap panas sehingga saat loncatan bunga api terjadi akrilik tidak terbakar dan dapat menahan loncatan bunga api tetap berada didalam wilayah yang aman. Dimensi dari *arc chamber* adalah lebar 15cm, tinggi 20 cm, dan panjang 30 cm serta memiliki tebal 2 mm.

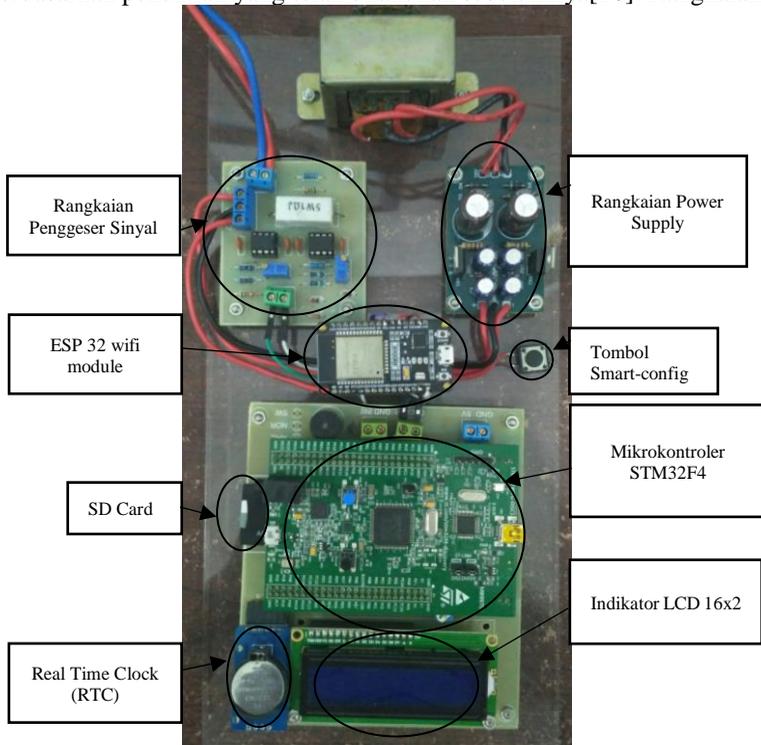
3.1.5 Current Transformer

Current Transformer (CT) adalah alat yang berfungsi untuk menurunkan arus yang besar menjadi lebih kecil agar aman bagi alat ukur dan rele. Biasanya pada sisi sekundeer dari trafo memiliki keluaran 5 A dengan sisi primer yang berbeda beda. Pada eksperimen ini CT di gunakann sebagai alat yang menurunkan arus agar dapat dibaca oleh alat mikrokontroler. CT yang di gunakan pada eksperimen kali ini adalah CT merk AXEL dengan Jenis UK-40 *Splitcore* yang di maksud adalah CT yang intinya dapat di lepas sehingga tidak perlu melepas rangakain untuk memasang CT . Rasio CT 200/5 memiliki arti CT memiliki sisi sekundeer yang bernilai maksimal 200A dan memiliki sisi sekundeer yang bernilai 5 A. Nilai *class* CT menunjukkan tingkat akurasi yang dimiliki oleh CT

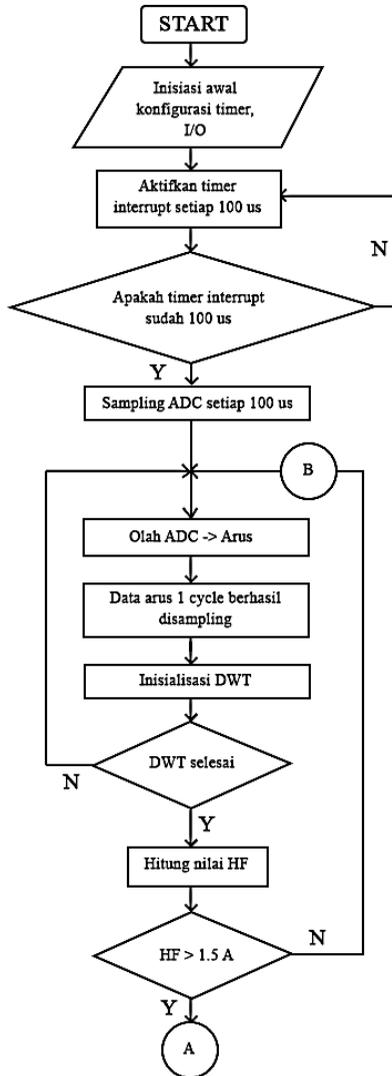
tersebut , jika *class* CT adalah 1 maka tingkat kesalahan sebesar 1%. *Burden* CT menunjukkan kemampuan CT terhadap sebuah impedansi tertentu .

3.2 Perancangan Modul Pendeteksi

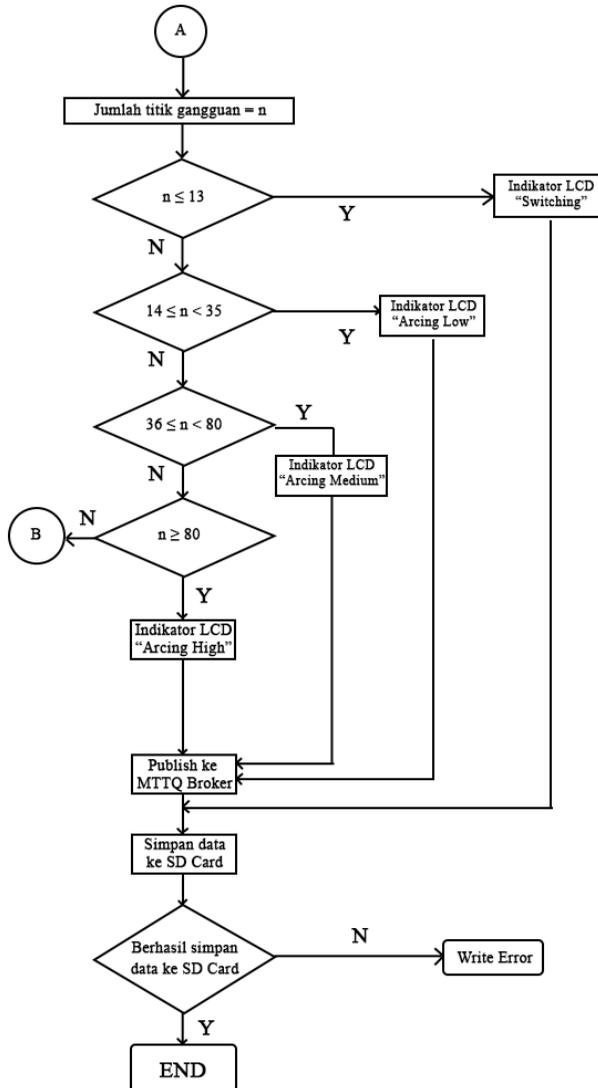
Modul pendeteksi pada eksperimen ini menggunakan mikrokontroler sebagai media untuk mengambil, memproses, dan mengirim data. Gambar 3.5 menunjukkan tampilan dari modul pendeteksi. Modul pendeteksi ini terdiri dari *power supply*, rangkaian penggeser sinyal, indikator LCD16x2, SD Card, modul RTC, mikrokontroler STM32F4 dan ESP 32 *Wifi* Modul. Mikrokontroler dan *wifi* modul menjadi bagian utama dalam membuat modul ini karena semua proses output dan sampling data di atur melalui kedua alat ini . Rangkaian penggeser sinyal didesain berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya[10]. Rangkaian



Gambar 3. 5 Modul pendeteksi



Gambar 3. 6 Flowchart (1) modul pendeteksi *arcing*



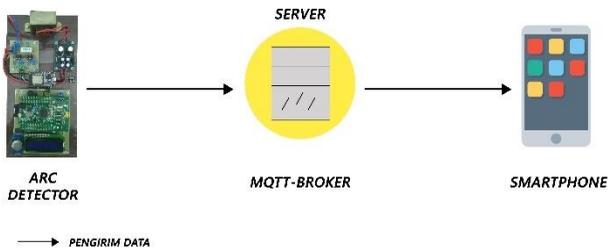
Gambar 3. 7 Flowchart (2) modul pendeteksi arcing

penggeser sinyal ini menggunakan metode transformasi wavelete DWT dengan *Haar wavelete* level 2 sebagai *mother wavelete* nya. Hal ini telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya [10].

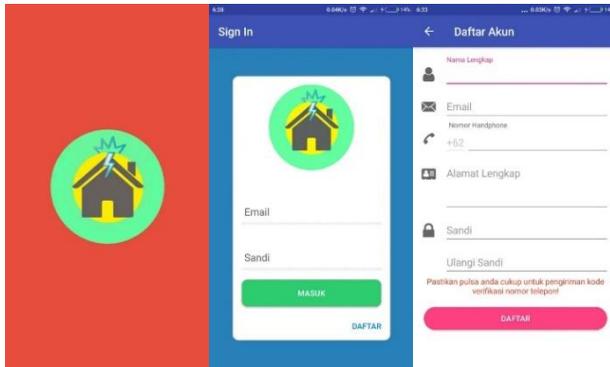
Pada gambar 3.6 dan 3.7 menampilkan *flowchart* yang menjelaskan alat melakukan sampling sebesar 100 mikro detik secara realtime dan melalui proses DWT jika terjadi arus HF yang melebihi batas (1.5 A) maka mikrokontroler akan menghitung jumlah titik gangguan dan kemudian jumlah titik gangguan di klasifikasikan berdasarkan jumlahnya. Alat akan mengirim sinyal ke server MQTT Broker saat terjadi *arcing* , lalu akan menyimpannya ke SD card . Jika tidak terjadi *arcing* alat tidak akan mengirim ke server MQTT Broker , tetapi akan tetap menyimpan datanya ke dalam SD card dalam bentuk .txt.

3.3 Perancangan Modul *Smart-phone*

Modul *smart-phone* merupakan modul yang diciptakan agar dapat memonitoring kondisi modul pendeteksi secara *real-time*. Modul *smart-phone* di *install* pada perangkat *smart-phone* dan tersambung menggunakan wifi yang dapat menghubungkan ke internet, Modul *smart-phone* berbentuk APK yang dibuat dari program *Android Studio* dan menggunakan *MQTT Broker* sebagai layanan pengirim notifikasi ke dalam Modul *smart-phone*, Seperti yang di tunjukkan pada gambar 3.8.



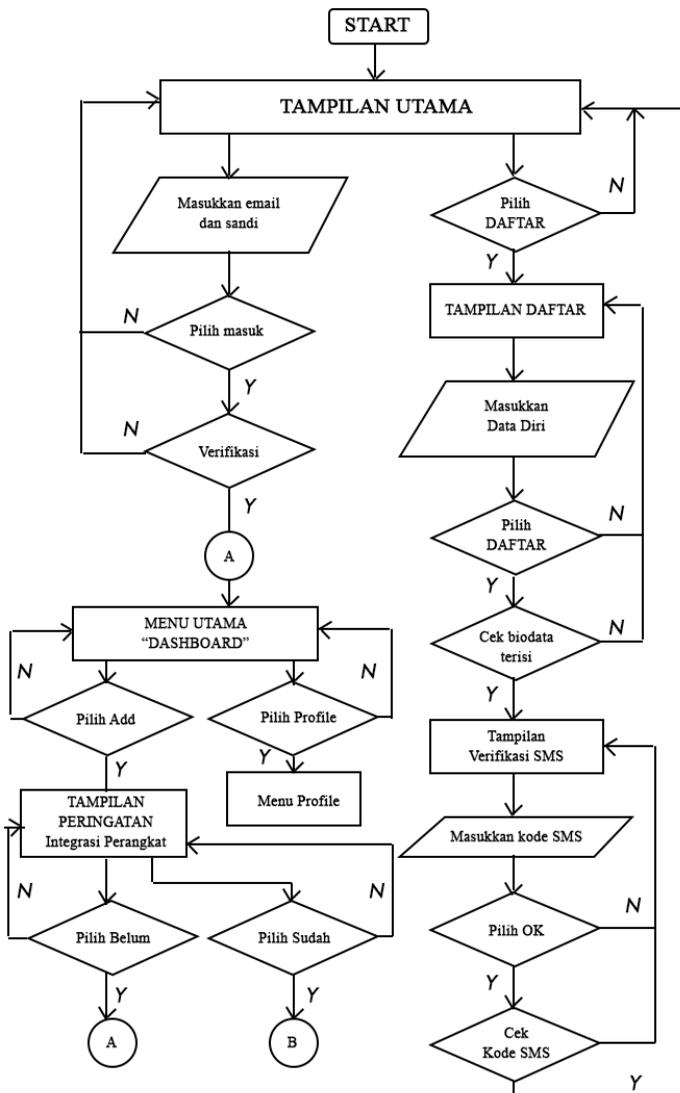
Gambar 3. 8 Skema modul *smart-phone*



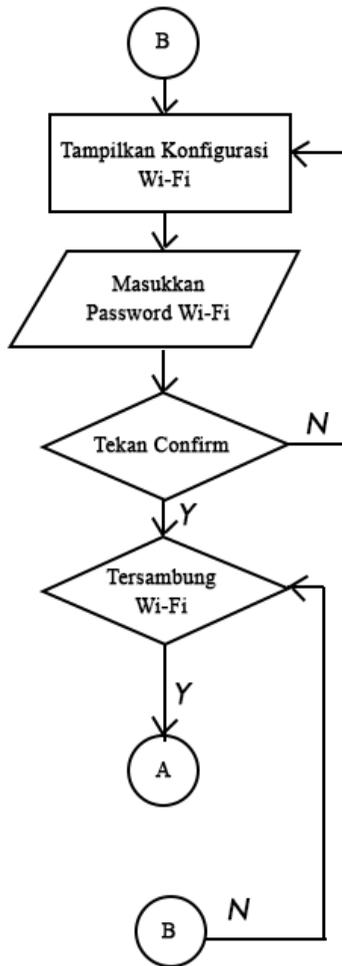
Gambar 3. 9 Tampilan *interface* aplikasi *smart-phone* sebelum masuk ke menu utama



Gambar 3. 10 Tampilan *interface program smart-phone* pada menu utama



Gambar 3. 12 Flowchart (1) aplikasi smart-phone



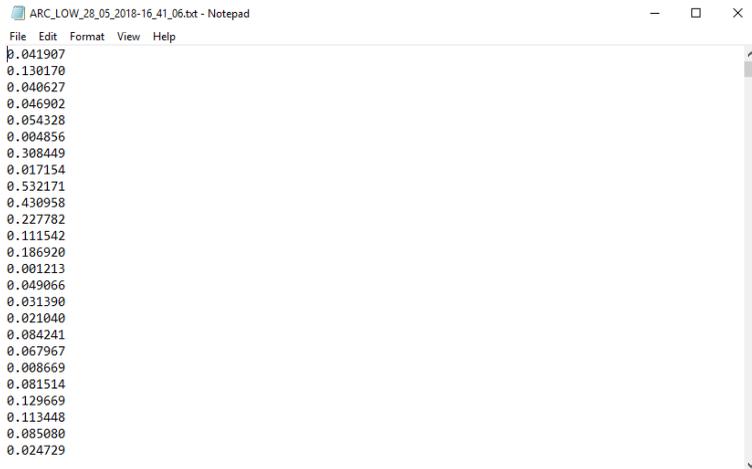
Gambar 3. 13 *Flowchart (2)*
aplikasi *smart-phone*

3.3.2 MQTT Broker

Perkembangan teknologi khususnya didalam bidang pengiriman data telah berkembang dengan pesat yang akhirnya banyak muncul teknologi baru. Salah satunya *Internet of Things* (IoT), IoT adalah sebuah konsep yang menjadikan sebuah objek memiliki kemampuan untuk melakukan kegiatan transfer data tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Transfer data dalam IoT bisa dikatakan cukup mudah jika kita menggunakan sebuah sensor atau mikrokontroler yang dapat terhubung dengan internet, karena kita cukup mengakses sebuah protokol yang bernama *Message Queuning Telemetry Transport*(MQTT) yang diakses diatas *stack* TCP/IP dan mempunyai ukuran data yang kecil (Minimal 2 *byets*). MQTT *Broker* jenis protokol data-agnostic yang memiliki fungsi pengiriman data berupa *binary*, *text*, dan lain sebagainya. Cara kerjanya menggunakan model *publish/subscribe* sehingga ketika ada data yang dikirim klien yang mensubscribe akan mendapatkan notifikasi. Kelemahan utamanya adalah data yang di *publish* di MQTT *Broker* kita tidak dapat mengakses data yang telah di *publish* karena pengirim data dan penerima data tidak saling mengetahui dan tidak terkoneksi secara bersamaan.

3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data yang dilakukan oleh modul pendeteksi meliputi 3 kondisi yaitu, normal, *switching*, dan *arcing*. Modul pendeteksi menyimpan data *sampling* pada SD Card yang berada pada bagian bawah mikrokontroler, kemudian data percobaan dapat diakses dari SD Card tersebut . Bentuk data yang ada di SD Card berupa file .txt yang dapat dibuka dengan menggunakan software notepad yang ada pada perangkat komputer atau laptop, lalu data dapat di plotting melalui program MATLAB atau Microsoft EXCEL. Gambar 3.14 merupakan tampilan dari pengambilan data.



Gambar 3. 14 Tampilan hasil pengambilan data arus dari alat pedeteksi

Pengambilan data pada eksperimen ini di lakukan dengan menggunakan 3 jenis kondisi dan 2 jenis impedansi saluran . Ketiga kondisi tersebut adalah normal, switching dan arcing. Sementara kedua jenis impedansi saluran besarnya adalah 0.24Ω dan 0.07Ω . Untuk kondisi normal dan switching menggunakan 10 variasi lampu dan 2 variasi impedansi sehingga didapatkan data sebanyak 400 buah . Sementara saat kondisi arcing menggunakan 5 variasi serabut dan 2 variasi impedansi sehingga di dapatkan sebanyak 100 buah dan jika ditotal akan menghasilkan 500 buah data.

BAB IV

Hasil dan Analisa Data

4.1 Skema Pengambilan Data Arus Pada Kondisi Normal, *Switching* dan *Arcing*

Subbab ini akan menjelaskan tentang mengenai skema yang dilakukan untuk pengambilan data untuk ketiga kondisi tersebut.

Tabel 4. 1 Skema Pengambilan Data Arus

Kondisi		Variabel	Jumlah Percobaan Setiap Variabel	Jumlah Percobaan
Normal	Impedansi 0.24Ω	1 hingga 10 lampu	10	100
	Impedansi 0.07Ω	1 hingga 10 lampu	10	100
<i>Switching</i>	Impedansi 0.24Ω	1 hingga 10 lampu	10	100
	Impedansi 0.07Ω	1 hingga 10 lampu	10	100
<i>Arcing</i>	Impedansi 0.24Ω	1,3,6,12,24 Serabut	10	50
	Impedansi 0.07Ω	1,3,6,12,24 Serabut	10	50
Total				500

Mekanisme pengambilan data dilakukan dengan menyalakan modul pendeteksi lalu menyambungkan perangkat *smart-phone* ke *wifi*, jika alat sudah menyala dan *smartphone* sudah terkoneksi dilakukan pengintegrasian antara aplikasi *android* (APK) dengan ESP 32 *wifi modul* yang ada dimodul pendeteksi dengan cara menekan tombol hitam yang ada di modul pendeteksi dan menghubungkan CT 200/5 dengan modul deteksi, CT digunakan untuk menurunkan nilai arus yang muncul agar saat terjadi *switching* dan *arcing* alat tidak mengalami arus lebih dan rusak. Pengambilan data normal dan *switching* dilakukan dengan cara mengambil persebaran dan perubahan data dengan beban yang bervariasi mulai dari 1 buah lampu hingga 10 buah lampu dan panjang impedansi saluran sebesar 0.24Ω dan 0.07Ω. Hasil penambahan beban dan perbedaan impedansi saluran dilakukan untuk melakukan analisa dan

menarik kesimpulan terhadap pengaruh variasi beban dan pengaruh panjang saluran terhadap kinerja modul pendeteksi.

Pengujian kondisi arcing dilakukan dengan menghubungkan-singkatkan 2 buah kabel yaitu kabel fasa dan netral. Kabel netral akan bertindak sebagai kabel statis atau tidak bergerak, sementara kabel fasa akan di gerakkan oleh motor DC dan bersentuhan dengan kabel netral. Saat kedua kabel bersentuhan maka akan timbul bunga api dan menimbulkan percikan (*spark*). Saat kondisi ini terjadi maka modul pendeteksi dan modul smart-phone akan mendeteksi dan menampilkan isyarat. Saat fenomena busur api terjadi terdapat beberapa peristiwa seperti kilatan cahaya (*flash*) dengan intensitas tinggi dan lelehan logam yang timbul dari serabut konduktor yang terbakar. Karena hal ini maka proses hubung singkat dilakukan didalam *chamber* akrilik agar barang barang di luar *chamber* akan aman dari efek lain fenomena busur api.

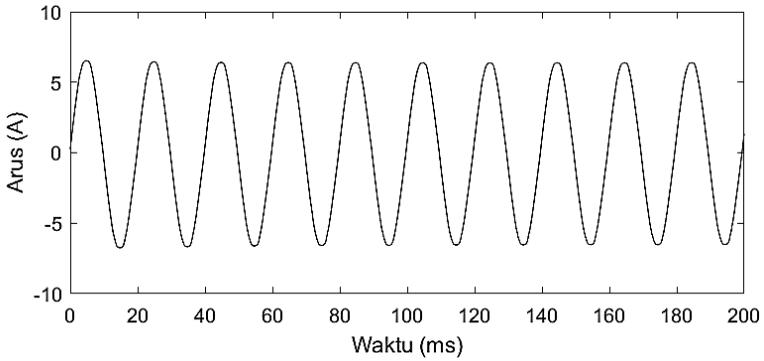
Setelah melakukan ketiga kondisi percobaan tersebut maka akan dilakukan analisa yang dipergunakan untuk melihat pengaruh impedansi saluran terhadap kinerja modul deteksi *arcing*.

4.2 Grafik Sinyal Arus Asli saat Kondisi Normal, Switching, Arcing

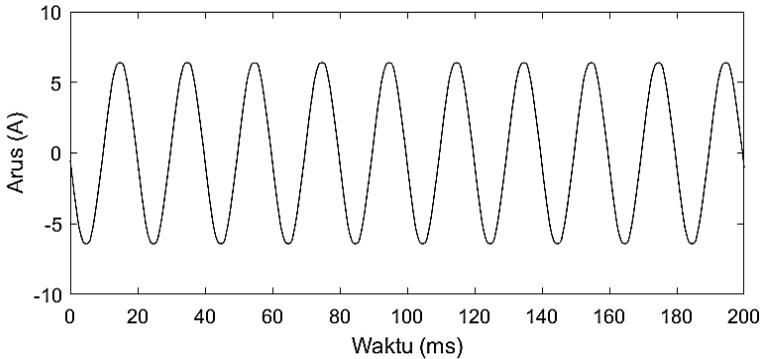
Pada subbab ini ditunjukkan grafik sinyal arus asli pada ketiga kondisi yaitu normal, *switching*, dan *arcing* dengan perbandingan impedansi saluran.

4.2.1 Grafik Sinyal Kondisi Normal

Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan grafik sinyal asli kondisi normal dengan beban lampu 1000 Watt dengan impedansi saluran 0.07Ω dan 0.24Ω .



Gambar 4. 1 Grafik sinyal asli kondisi normal impedansi saluran 0.07Ω .



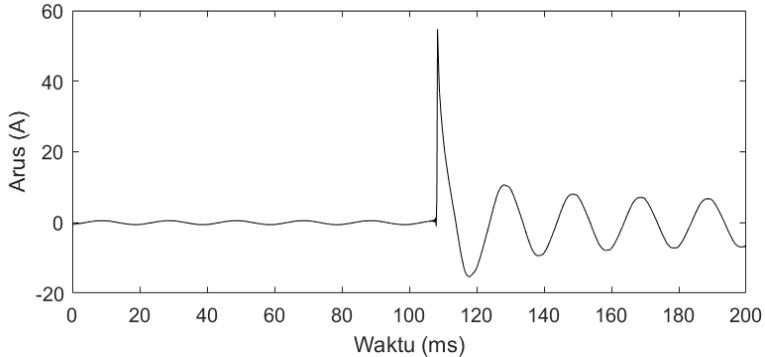
Gambar 4. 2 Grafik sinyal asli kondisi normal impedansi saluran 0.24Ω .

4.2.2 Grafik Sinyal Asli Kondisi *Switching*

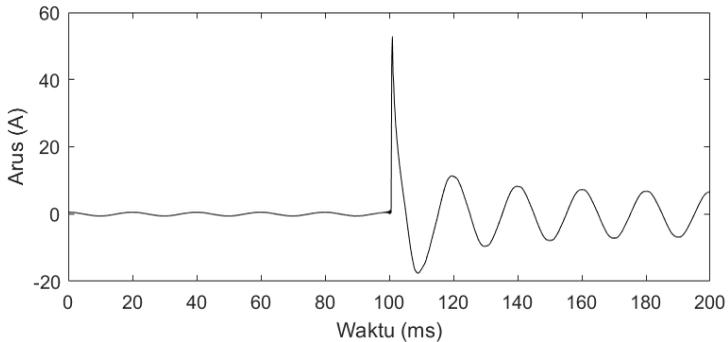
Pada gambar 4.3 dan 4.4 ditunjukkan grafik sinyal asli pada saat *switching* dari beban 1 lampu menjadi 10 lampu dengan impedansi saluran 0.07Ω dan 0.24Ω .

4.2.3 Grafik Sinyal Kondisi Arcing

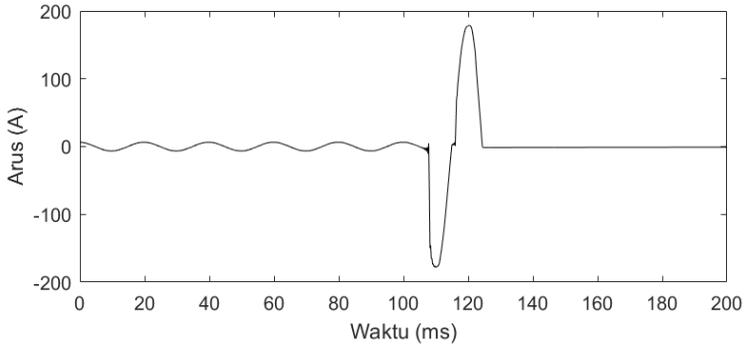
Pada gambar 4.5 dan 4.6 ditunjukkan grafik sinyal pada saat terjadi *arcing* dengan jumlah serabut konduktor adalah 24 serabut dengan impedansi saluran 0.07Ω dan 0.24Ω .



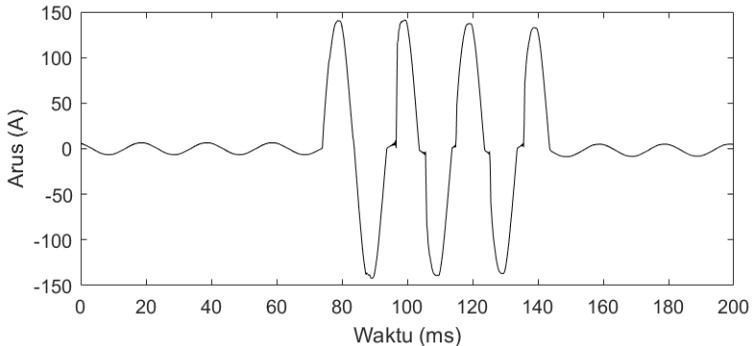
Gambar 4. 3 Grafik sinyal asli kondisi *switching* dengan impedansi saluran 0.07Ω .



Gambar 4. 4 Grafik sinyal asli kondisi *switching* dengan impedansi saluran 0.24Ω .



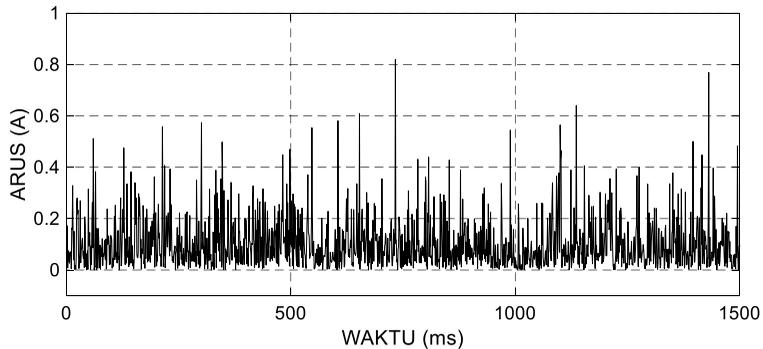
Gambar 4. 5 Grafik sinyal asli kondisi *switching* dengan impedansi saluran 0.07Ω .



Gambar 4. 6 Grafik sinyal asli kondisi *switching* dengan impedansi saluran 0.24Ω .

4.3 Analisis Data Karakteristik Kondisi Normal dan *Switching* Pada Tegangan Rendah

Eksperimen dengan kondisi Normal dan *Switching* dilakukan dengan menggunakan beban 1 lampu sampai dengan 10 lampu serta impedansi saluran 0.24Ω dan 0.07Ω . Beban Maksimal yang di dapat dari penggabungan semua lampu adalah 1100 Watt hal ini di pilih karena dapat mendekati keadaan sesungguhnya yang pada umumnya pelanggan listrik rumah tangga sebesar 900 VA maupun 1200 VA dengan arus maksimum sekitar 5 A dan tegangan yang di gunakan adalah tegangan jala jala 220 V.



Gambar 4. 7 Hasil proses sinyal kondisi normal menggunakan DWT

4.3.1 Pengolahan data dengan diskrit wavelete transform

Transformasi wavelete pada program digunakan untuk mentransformasikan sinyal analog menjadi sinyal diskrit tujuannya agar memperoleh parameter arus yang memudahkan analisa sinyal. Transformasi wavelete juga digunakan untuk mengubah sinyal arus menjadi sinyal arus *High Frequency* (HF). Pengolahan data diolah didalam program mikrokontroler menggunakan *library Discrete Wavelete Transform* (DWT) untuk pemrograman pengkondisian sinyal. Program mikrokontroller akan melakukan proses DWT sehingga bisa diambil sinyal dengan frekuensi tinggi. DWT digunakan agar sinyal data yang diambil dapat berubah menjadi sinyal diskrit, sehingga akan mempermudah analisa sinyal arus dalam membedakan kondisi normal dan *switching*.

Gambar 4.7 menunjukkan hasil proses sinyal kondisi normal yang telah diproses didalam program mikrokontroler menggunakan transformasi wavelete diskrit. Sinyal tersebut merupakan sinyal yang disebut sebagai Arus *High Frekuensi* (HF) yang menjadi dasar sebagai dasar pendeteksian kondisi rangkaian pengujian.

4.3.2 Perbandingan Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan Kondisi Normal dan *Switching*

Sinyal yang didapatkan dari pengolahan data di mikontroler maka diperoleh data yang dapat digunakan sebagai parameter untuk menganalisa data. Arus maksimum merupakan arus HF dengan nilai amplitudo paling tinggi saat eksperimen normal dan *switching* dilakukan. Penentuan arus maksimum pada kondisi ini diperoleh dengan pengolahan

data secara offline menggunakan fitur perhitungan maksimum pada program MATLAB.

Tabel 4.2 berisikan perbandingan antara kondisi normal dan kondisi switching. Perbandingan tersebut berfungsi sebagai dasar untuk membuat kesimpulan tentang bagaimana program pendeteksi dapat membedakan antara kondisi switching, kondisi normal dan arcing.

Tabel 4. 2 Perbandingan arus HF maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.07Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
1	1	0.69	0	2.89	2
	2	0.70	0	2.39	2
	3	0.66	0	1.92	2
	4	0.7	0	1.85	2
	5	0.86	0	1.95	2
	6	0.83	0	3.16	2
	7	0.67	0	2.59	2
	8	0.79	0	1.73	2
	9	0.82	0	2.98	2
	10	0.73	0	2.22	3
2	1	0.65	0	8.29	5
	2	0.72	0	6.35	4
	3	0.71	0	3.02	4
	4	0.69	0	3.39	2
	5	0.78	0	5.34	9
	6	0.71	0	3.41	4
	7	0.71	0	5.40	3
	8	0.71	0	3.41	4
	9	0.68	0	2.69	3
	10	0.69	0	3.75	5
3	1	0.84	0	6.41	4
	2	0.78	0	7.13	5
	3	0.66	0	4.89	6
	4	0.73	0	4.29	3
	5	0.83	0	7.25	5
	6	0.82	0	9.29	5
	7	0.86	0	9.91	6
	8	0.79	0	2.66	4

Tabel 4. 3 Perbandingan arus HF maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.07Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
3	9	0.89	0	6.27	4
	10	0.76	0	4.87	7
4	1	0.84	0	15.27	8
	2	0.82	0	11.88	6
	3	0.83	0	4.90	4
	4	0.72	0	6.19	7
	5	0.84	0	8.31	8
	6	0.75	0	9.25	7
	7	0.77	0	13.09	7
	8	0.81	0	2.66	2
	9	0.75	0	13.43	7
	10	0.74	0	9.77	7
5	1	0.76	0	13.02	11
	2	0.91	0	16.52	8
	3	0.69	0	3.72	3
	4	0.69	0	7.45	4
	5	0.87	0	7.12	4
	6	0.79	0	5.95	7
	7	0.69	0	6.08	2
	8	0.89	0	7.26	5
	9	0.71	0	8.96	8
	10	0.74	0	4.45	4
6	1	0.76	0	21.05	7
	2	0.81	0	13.76	8
	3	0.73	0	2.89	2
	4	0.71	0	10.46	6
	5	0.78	0	22.07	7
	6	0.73	0	5.82	8
	7	0.73	0	15.54	10
	8	0.72	0	11.35	9
	9	0.73	0	21.52	9
	10	0.81	0	14.99	9
7	1	0.75	0	18.58	8
	2	0.79	0	16.61	9

Tabel 4. 4 Perbandingan arus HF maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.07Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
7	3	0.69	0	5.25	4
	4	0.87	0	13.66	5
	5	1.02	0	11.36	9
	6	1.14	0	16.11	5
	7	0.81	0	20.17	10
	8	0.7	0	8.53	6
	9	0.93	0	24.82	8
8	10	0.78	0	16.36	7
	1	0.76	0	14.01	7
	2	0.97	0	13.39	7
	3	0.93	0	12.41	9
	4	0.79	0	6.92	8
	5	0.92	0	9.39	8
	6	0.84	0	12.39	11
	7	1.06	0	11.44	9
	8	1.07	0	18.95	11
	9	0.89	0	7.03	8
9	10	0.82	0	5.11	7
	1	0.89	0	10.00	10
	2	1.09	0	15.04	10
	3	0.90	0	2.90	2
	4	0.91	0	15.84	8
	5	1.02	0	21.39	6
	6	0.92	0	14.61	12
	7	0.91	0	9.39	5
	8	0.79	0	5.47	5
	9	0.90	0	5.57	4
10	10	0.93	0	19.36	9
	1	0.89	0	7.08	6
	2	1.02	0	18.81	8
	3	0.79	0	15.19	11
	4	1.04	0	34.97	9
	5	0.93	0	34.74	10
6	0.93	0	21.55	8	

Tabel 4. 5 Perbandingan arus HF maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.07Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
10	7	1.06	0	23.65	11
	8	0.95	0	22.43	10
	9	0.91	0	15.05	9
	10	0.84	0	9.54	7

Tabel 4. 6 Perbandingan arus hf maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.24Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
1	1	0.24	0	2.75	4
	2	0.92	0	2.67	2
	3	0.75	0	1.80	2
	4	0.67	0	1.65	2
	5	0.80	0	3.22	2
	6	0.68	0	3.22	2
	7	0.62	0	2.66	4
	8	0.68	0	3.84	4
	9	0.64	0	3.12	2
	10	1.04	0	3.31	2
2	1	0.82	0	2.77	2
	2	0.94	0	6.35	4
	3	0.87	0	3.99	4
	4	0.79	0	4.08	4
	5	0.74	0	8.12	5
	6	0.71	0	3.11	2
	7	0.72	0	4.69	7
	8	0.79	0	1.62	2
	9	0.80	0	6.35	4
	10	0.72	0	4.82	4
3	1	0.72	0	12.48	7
	2	0.90	0	3.14	4

Tabel 4. 7 Perbandingan arus hf maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.24Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching		
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	
	3	0.67	0	3.27	2	
	4	0.75	0	10.65	6	
	5	0.81	0	3.38	5	
	6	1.00	0	2.15	2	
	7	0.71	0	10.38	5	
	8	0.77	0	8.06	9	
	9	0.76	0	6.01	5	
	10	0.71	0	10.02	7	
	4	1	0.77	0	10.97	10
		2	0.79	0	10.61	8
3		0.70	0	11.22	7	
4		0.90	0	4.87	6	
5		0.85	0	13.24	5	
6		0.77	0	5.98	4	
7		0.69	0	6.18	6	
8		0.74	0	9.99	6	
9		0.80	0	8.49	6	
10		0.72	0	10.69	8	
5	1	0.78	0	7.73	5	
	2	0.77	0	13.63	11	
	3	0.86	0	4.69	7	
	4	0.68	0	22.99	8	
	5	0.78	0	8.63	5	
	6	0.73	0	14.98	6	
	7	0.81	0	15.19	6	
	8	0.87	0	2.84	3	
	9	0.80	0	2.01	2	
	10	0.75	0	15.08	9	
6	1	0.86	0	6.32	8	
	2	0.72	0	15.31	7	
	3	0.91	0	8.63	9	
	4	0.95	0	11.39	10	
	5	0.75	0	18.15	9	
	6	0.77	0	25.39	9	

Tabel 4. 8 Perbandingan arus hf maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.24Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
	7	0.93	0	12.50	9
	8	0.89	0	2.83	3
	9	0.68	0	11.52	10
	10	0.83	0	18.47	8
7	1	0.87	0	15.62	11
	2	0.79	0	8.62	5
	3	0.84	0	10.78	8
	4	0.80	0	26.95	9
	5	0.71	0	11.00	6
	6	1.10	0	10.31	9
	7	0.83	0	7.87	6
	8	0.97	0	4.54	6
	9	0.86	0	11.94	5
	10	0.88	0	9.27	8
8	1	1.00	0	17.57	10
	2	0.70	0	2.15	2
	3	1.02	0	1.77	2
	4	0.73	0	9.85	9
	5	0.77	0	8.67	8
	6	0.87	0	17.70	7
	7	0.72	0	18.40	11
	8	0.98	0	10.48	11
	9	0.86	0	17.88	11
	10	0.72	0	17.01	7
9	1	0.79	0	7.11	5
	2	0.80	0	20.36	12
	3	1.02	0	27.42	10
	4	0.98	0	4.63	4
	5	0.93	0	6.99	6
	6	0.75	0	36.94	7
	7	0.91	0	26.68	10
	8	0.75	0	6.99	11
	9	0.86	0	25.74	11
	10	0.84	0	31.60	9

Tabel 4. 9 Perbandingan arus hf maksimum kondisi normal dan *switching* dengan impedansi saluran 0.24Ω

Jumlah Lampu	Percobaan ke	Normal		Switching	
		Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks (A)	Jumlah Titik > Threshold Arus
10	1	0.93	0	15.79	10
	2	1.08	0	22.67	10
	3	1.33	0	3.43	2
	4	0.87	0	1.94	3
	5	1.32	0	23.19	11
	6	0.94	0	9.46	7
	7	0.94	0	15.98	11
	8	1.11	0	19.91	8
	9	1.06	0	9.67	5
	10	1.41	0	39.74	10

Dari eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan kesimpulan threshold arus sebesar 1.5 A [11]. Data Arus HF maks yang telah diambil dari percobaan pada kondisi normal pembebanan 1 sampai 10 lampu dan perbandingan 2 saluran impedansi menunjukkan bahwa nilainya berbeda jauh dengan kondisi *switching* dengan pembebanan 1 sampai 10 lampu dan perbandingan 2 saluran impedansi. Dari data yang telah didapatkan pada kondisi normal dengan varian beban dan impedansi tidak ada nominal arus HF maks yang melebihi 1.5 A sedangkan pada kondisi *switching* seluruh arus HF maks memiliki nilai yang melebihi 1.5 A . Perbandingan kedua impedansi saluran tidak menunjukkan perbedaan yang dapat merubah threshold arus sebesar 1.5 A.

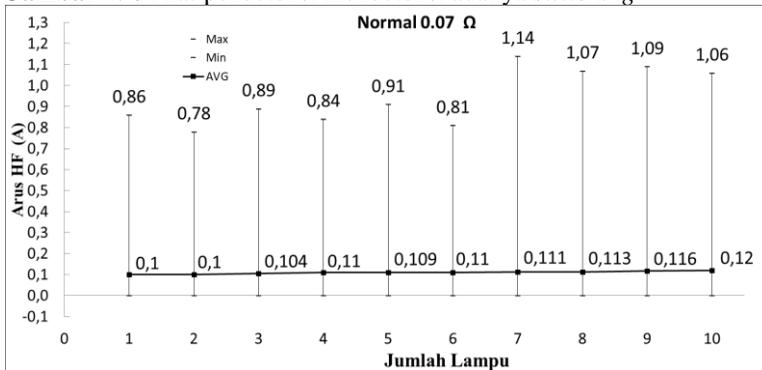
Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak diperlukan perubahan *threshold* pada logika yang diterapkan pada alat pendeteksi dengan perbedaan variasi impedansi saluran dengan batas 0.07Ω dan 0.24Ω . Jika ada arus HF yang melewati alat pendeteksi dengan nilai arus HF tidak melebihi 1.5 A dapat dikategorikan sebagai kondisi normal, tetapi jika ada arus HF yang terdeteksi melebihi 1.5 A maka akan di kategorikan sebagai *switching* oleh alat pendeteksi.

4.3.3 Analisa Deteksi Kondisi Penambahan Beban (*Switching*) dan Perbedaan Impedansi Saluran pada Program Deteksi Arcing

Pada impedansi jaringan 0.07Ω dan 0.24Ω dan beban dari 1 sampai 10 lampu pijar *threshold* arus HF sebesar 1.5 A dapat menjadi pembeda antara kondisi normal dan kondisi *switching*. Jika ada arus HF yang melewati alat pendeteksi maka output pada alat yang berupa LCD



Gambar 4. 8 Alat pendeteksi mendeteksi adanya *switching*



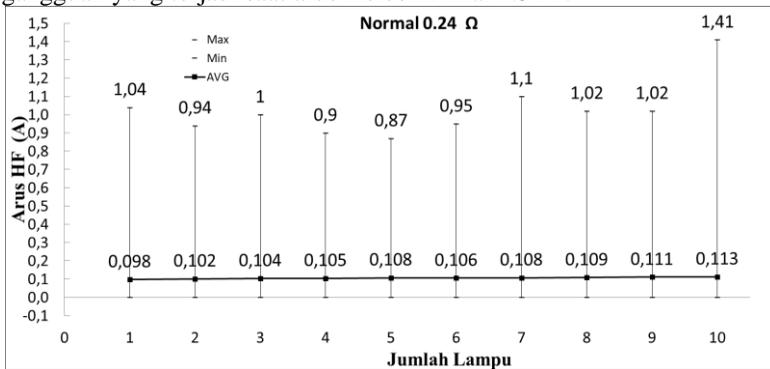
Gambar 4. 9 Persebaran data arus pada kondisi normal dengan impedansi 0.07Ω

akan menampilkan tulisan berupa “SWITCHING” dan waktu terjadinya akan terekam juga. Seperti terlihat pada gambar 4.8 .

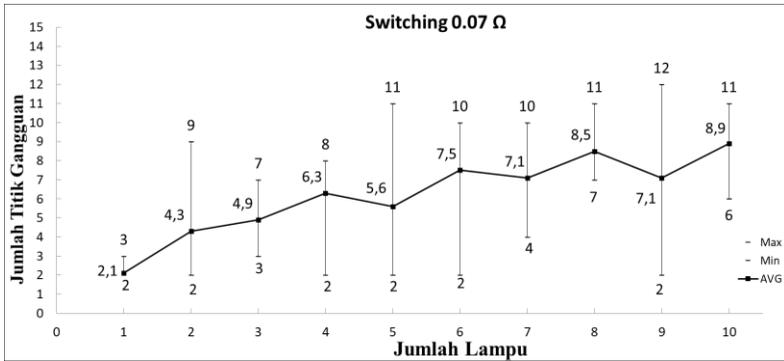
4.4.3 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data

Dalam subbab ini akan menampilkan keseluruhan eksperimen dengan kondisi normal yang telah dilakukan dan membandingkan hasil dengan menunjukkan grafik persebaran data dengan menggunakan *software* microsoft excel. Dalam grafik yang di tampilkan akan menunjukkan persebaran data maksimal, minimal, dan rata-rata yang didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan.

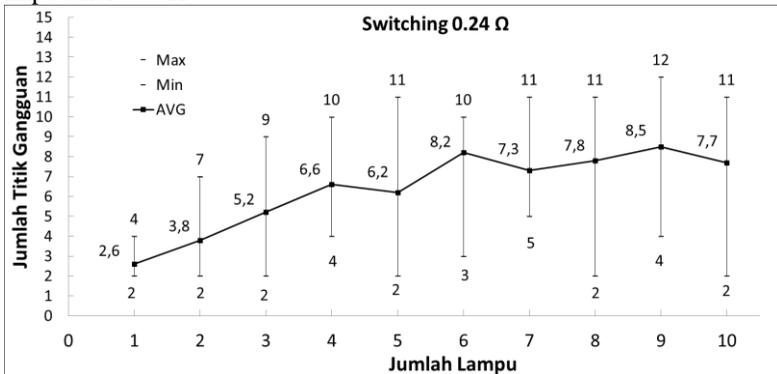
Dari persebaran data pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 terlihat bahwa tidak ada arus HF pada kondisi normal yang melebihi treshhold sebesar 1.5A baik saat impedansi saluran bernilai 0.07Ω dan 0.24Ω . Selain nilai arus HF ada pula yang harus diamati seperti jumlah titik gangguan yang terjadi saat arus melebihi nilai 1.5 A .



Gambar 4. 10 Persebaran data arus pada kondisi normal dengan impedansi 0.24Ω



Gambar 4.11 Persebaran data arus pada kondisi *switching* dengan impedansi 0.07Ω



Gambar 4.12 Persebaran data arus pada kondisi *switching* dengan impedansi 0.24Ω

Pada gambar 4.11 dan gambar 4.12 menunjukkan grafik persebaran data yang mengacu pada banyaknya arus HF yang melebihi nilai 1.5 A dan disebut sebagai titik gangguan pada saluran impedansi 0.07Ω dan 0.24Ω . Karena pada percobaan yang telah dilakukan saat *switching* tidak ada jumlah titik gangguan yang melebihi 13 titik gangguan maka threshold titik gangguan pada program mikrokontroler berlogika kurang dari 13 titik gangguan dikategorikan sebagai kondisi *switching*. Pada subbab ini juga didapatkan kesimpulan tidak perlu adanya perubahan threshold titik gangguan karena tidak ada perubahan yang dapat mengubah threshold titik gangguan yaitu 13 titik gangguan.

4.4 Analisis Data Karakteristik Busur Api Listrik (Arcing) Tegangan Rendah pada Hubung Singkat

Pemodelan yang dilakukan untuk menghasilkan busur api listrik pada tegangan rendah adalah dengan cara menghubungkan singkatan dua buah kabel yang isolasinya telah dilepas sehingga kedua konduktornya telanjang atau tidak ada isolasinya sehingga saat kedua kabel bersentuhan akan menghasilkan hubung singkat. Kabel yang digunakan merupakan kabel yang mempunyai 33 serabut yang biasa digunakan pada instalasi tegangan rendah. Variabel serabut yang di pakai untuk mensimulasikan hubung singkat adalah 1 serabut, 3 serabut, 6 serabut, 12 serabut, dan 24 serabut. Percobaan dilakukan dengan kondisi semua beban menyala yaitu 10 lampu dengan total daya 1000 Watt, dengan tujuan untuk memodelkan instalasi listrik tegangan rendah yang menggukon daya 900 VA atau 1300 VA dengan tegangan jala jala 220 V.

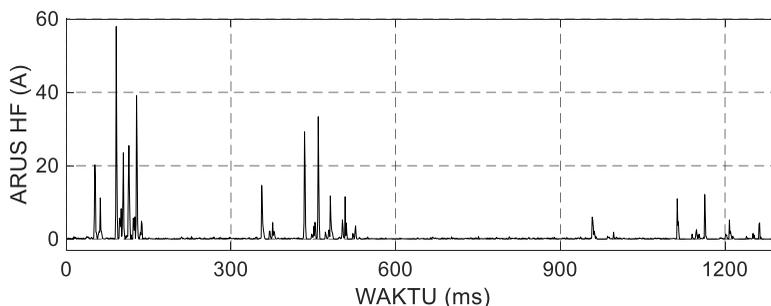
Dalam percobaan ini mengharapkan keluaran agar dapat menganalisa besaran arus HF maksimum dan jumlah titik gangguan yang berada diatas threshold yang telah ditentukan yaitu 1.5 A pada setiap variable serabut yang diujicobakan sehingga bisa menjadi parameter algoritma pendeteksian arcing yang diterapkan ke pemrograman mikrokontroler.

4.4.1 Pengolahan Data Arcing dengan DWT

Transformasi wavelete pada program digunakan untuk mentransformasikan sinyal analog menjadi sinyal diskrit tujuannya agar memperoleh parameter arus yang memudahkan analisa sinyal. Transformasi wavelete juga digunakan untuk mengubah sinyal arus menjadi sinyal arus High Frequency (HF). Pengolahan data diolah didalam program mikrokontroler menggunakan library DWT untuk pemrograman pengkondisian sinyal. Program mikrokontroller akan melakukan proses DWT sehingga bisa diambil sinyal dengan frekuensi tinggi. DWT digunakan agar sinyal data yang diambil dapat berubah menjadi sinyal diskrit, sehingga akan mempermudah analisa sinyal arus.

Saat arcing terjadi akan muncul lonjakan nilai arus yang akan di baca oleh modul pendeteksi. Lonjakan arus tersebut akan kembali terjadi saat serabut pada kable yang mengalami hubung singkat bersentuhan atau membuat kontak.

Gambar 4.13 menunjukkan lonjakan arus HF yang telah di proses DWT dan terjadi saat mikrokontroler mendeteksi arcing 24 serabut. Dari sinyal arus HF ini dapat dianalisa nilai yang melewati treshold sebagai dasar logika pendeteksian.



Gambar 4. 13 Hasil Proses Sinyal Arcing 24 Serabut dengan DWT

4.4.2 Arus Maksimum dan Banyaknya Jumlah Titik Gangguan

Pada subbab ini akan menunjukkan arus maksimum yang terdeteksi oleh modul pendeteksi dengan varian jumlah serabut dan panjang saluran impedansi.

Tabel 4. 10 Data arus HF maksimum dan jumlah titik gangguan pada percobaan arcing dengan variasi impedansi saluran sebesar 0.07Ω dan 0.24Ω

Jumlah Serabut	Percobaan ke	Arcing 0.24Ω		Arcing 0.07Ω	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks	Jumlah Titik > Threshold Arus
1	1	38.48	21	29.13	20
	2	53.70	14	43.35	27
	3	46.88	21	41.29	19
	4	46.38	23	41.14	14
	5	48.48	14	41.80	15
	6	23.06	19	34.42	22
	7	31.18	17	58.09	16
	8	22.17	17	70.52	19
	9	52.90	16	50.39	15
	10	52.99	25	57.20	23
3	1	10.96	15	52.22	41
	2	57.40	19	65.17	22
	3	25.15	21	61.39	19
	4	60.13	30	9.57	19
	5	51.11	43	64.04	39
	6	48.97	15	68.02	16
	7	50.52	17	14.95	20

Jumlah Serabut	Percobaan ke	Arcing 0.24Ω		Arcing 0.07Ω	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > Threshold Arus	Arus HF Maks	Jumlah Titik > Threshold Arus
	8	58.93	30	25.47	31
	9	38.49	32	37.48	25
	10	83.54	18	36.90	19
6	1	44.02	50	41.19	19
	2	20.71	26	70.88	19
	3	38.36	19	52.81	18
	4	37.16	49	69.12	51
	5	39.28	52	12.84	17
	6	42.45	56	28.97	21
	7	38.17	23	19.21	22
	8	60.72	54	51.33	38
	9	43.91	33	34.06	19
	10	48.97	15	51.82	21
12	1	28.53	67	41.59	21
	2	32.50	22	16.69	18
	3	70.17	71	41.65	20
	4	48.23	93	60.27	46
	5	43.45	50	34.47	31
	6	32.29	190	9.49	20
	7	54.31	19	48.61	32
	8	69.75	35	41.12	22
	9	50.17	45	66.26	44
	10	53.69	86	51.89	62
24	1	67.85	74	68.16	81
	2	64.81	151	70.58	87
	3	57.93	93	34.06	19
	4	28.43	37	68.50	80
	5	71.35	75	68.98	53
	6	55.22	175	56.92	88
	7	52.95	78	53.09	41
	8	52.56	71	70.71	34
	9	49.65	30	52.21	59
	10	67.75	90	34.06	19

Pada table 4.4 terlihat jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus sebesar 1.5 A semakin banyak dan berbanding lurus

dengan kenaikan jumlah serabut yang dihubungsingkatkan atau melakukan kontak saat nilai impedansi saluran 0.07Ω maupun saat nilai impedansi saluran 0.24Ω . Dapat disimpulkan menggunakan jumlah titik gangguan yang melebihi treshold arus sebesar 1.5 A dapat digunakan untuk membedakan tingkat keparahan *arcing* yang terjadi. Logika pada program mikrokontroler diprogram jika titik gangguan yang melebihi 13 titik gangguan maka alat pendeteksi akan mengkategorikan sebagai kondisi *arcing*.

4.3.2 Analisa Deteksi Kondisi Hubung Singkat Pada Program Deteksi

Data yang didapatkan dari percobaan dan di tampilkan pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa jumlah titik gangguan yang melebihi treshold arus HF sebesar 1.5 A dapat membedakan jumlah serabut yang terjadi pada saat hubung singkat. Untuk mempermudah pengkategorian dan identifikasi tingkat keparahan arcing akan di dasarkan pada jumlah titik gangguan yang melebihi batas arus HF sebesar 1.5A.[11]

Tabel 4. 11 Kategori keparahan arcing berdasarkan jumlah titik gangguan

Threshold Arus HF	Jumlah Titik Gangguan	Kategori Keparahahan
1.5 A	$N < 35$	Low
	$35 < N < 80$	Medium
	$N > 81$	High

Penentuan jumlah titik gangguan sebagai logika pada program akan membuat program dapat membedakan kondisi *arcing* dengan *switching*, Sehingga untuk menentukan kapan terjadinya arcing membutuhkan 2 logika tersebut yaitu threshold arus sebesar 1.5 A dan jumlah titik gangguan yang melebihi threshold arus sebanyak > 13 titik gangguan.

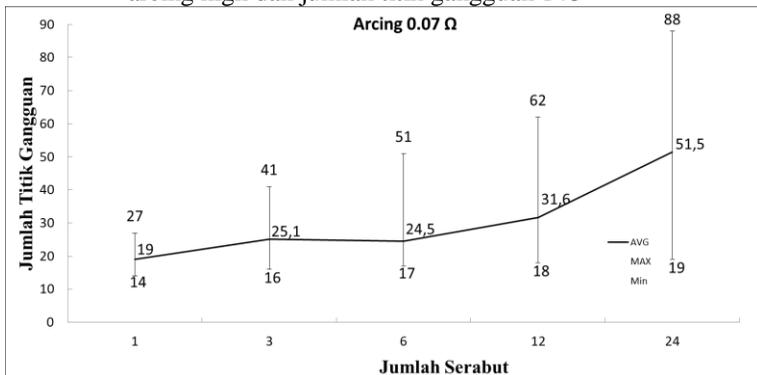
Pengkategorian kondisi arcing akan menampilkan teks pada LCD atau output mikrokontroler yang akan memberitahukan kategori arcing dan jumlah titik gangguan . Di tunjukkan pada gambar 4.14 dan 4.15 .



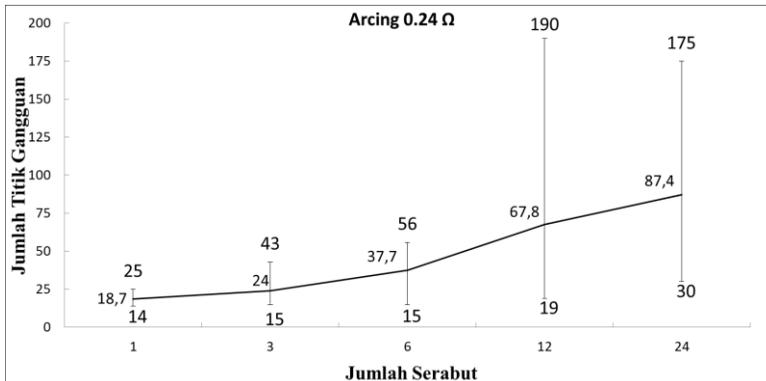
Gambar 4. 14 Alat pendeteksi arcing mendeteksi adanya arcing medium dan jumlah titik gangguan 79



Gambar 4. 15 Alat pendeteksi arcing mendeteksi adanya arcing high dan jumlah titik gangguan 148



Gambar 4. 16 Grafik persebaran data kondisi arcing dengan impedansi saluran 0.07Ω



Gambar 4. 17 Grafik persebaran data kondisi arcing dengan impedansi saluran 0.24Ω

4.4.2 Analisa Probabilitas dan Persebaran Data pada Kondisi arcing dengan impedansi saluran 0.07Ω dan 0.24Ω

Dari semua percobaan pada kondisi arcing yang telah dilakukan akan dianalisa hasilnya pada subsubbab ini melalui grafik persebaran data yang di tunjukkan pada gambar 4.16 dan 4.17 .

Dari Gambar 4.16 dan 4.17 dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya jumlah serabut maka jumlah titik gangguan yang terjadi semakin banyak pula dan terjadi pada 2 kondisi saluran impedansi yang berbeda. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah serabut yang melakukan kontak akan meningkatkan nilai arus dan jumlah titik gangguan karena durasi terjadinya yang sedikit lebih lama jika di bandingkan dengan jumlah serabut yang lebih sedikit. Perbedaan impedansi saluran berpengaruh pada besar arus maksimal saat hubung singkat terjadi, akan tetapi hasil penelitian tersebut menunjukkan tidak perlu mengganti logika yang telah ada yang di tunjukkan pada tabel 4.5.

4.5 Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Akurasi Pengukuran Modul Pendeteksi

4.5.1 Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Akurasi Pengukuran Modul Pendeteksi pada Keseluruhan Eksperimen

Pada subsubbab ini akan menunjukkan hasil keseluruhan percobaan yang telah dilakukan sebanyak 500 percobaan dari ketiga kondisi eksperimen yang telah di tentukan.

Tabel 4. 12 Jumlah Eksperimen Tingkat akurasi alat, dan pengiriman data.

Jenis Kondisi	Variabel Percobaan	Jumlah Eksperimen Tiap Variabel	Jumlah Eksperimen	Tingkat Keberhasilan Deteksi Alat dan Pengiriman Data (%)
Normal	1 sampai 10 lampu , Impedansi Jaringan 0.07Ω dan 0.24Ω	10 Percobaan	200	100
Switching	1 sampai 10 lampu , Impedansi Jaringan 0.07Ω dan 0.24Ω	10 Percobaan	200	96
Arcing	1,3,6,12, dan 24 Serabut, Impedansi Jaringan 0.07Ω dan 0.24Ω	10 Percobaan	100	95
Total			500	97

Dari Tabel 4.6 dapat terlihat modul pendeteksi memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dan tidak terpengaruh oleh perubahan impedansi jaringan dalam hal keakurasian pengukuran. Dan aplikasi *smart-phone* mampu mendeteksi semua gangguan arcing yang di deteksi oleh alat.

4.5.2 Analisa Pengaruh Impedansi Jaringan Terhadap Pendeteksian Tingkat Keperahan Arcing dan Data yang Dikirim pada Aplikasi *Smart-phone*

Pada subsubbab ini hasil dari 20 percobaan tingkat keparahan arcing dan data yang dikirim pada aplikasi *smart-phone* akan di analisa dan di tunjukkan pada tabel 4.7

Tabel 4. 13 Percobaan pendeteksian tingkat keparahan arcing dan data yang dikirim pada aplikasi *smart-phone*.

	Jumlah Serabut	Jumlah titik > threshold	Target Kategori	Target Kategori Hasil	Terkirim Ke Aplikasi <i>Smart-phone</i>
1	1	21	Low	Low	Terkirim
2	1	14	Low	Low	Terkirim
3	1	20	Low	Low	Terkirim
4	1	27	Low	Low	Terkirim
5	3	15	Low	Low	Terkirim
6	3	19	Low	Low	Terkirim
7	3	41	Low	Low	Terkirim
8	3	22	Low	Low	Terkirim
9	6	50	Low	Medium	Terkirim
10	6	26	Low	Low	Terkirim
11	6	19	Low	Low	Terkirim
12	6	19	Low	Low	Terkirim
13	12	67	Medium	Medium	Terkirim
14	12	71	Medium	Medium	Terkirim
15	12	46	Medium	Medium	Terkirim
16	12	86	Medium	High	Terkirim
17	24	93	High	High	Terkirim
18	24	151	High	High	Terkirim
19	24	175	High	High	Terkirim
20	24	30	High	Low	Terkirim

Dari data tabel 4.7 diperlihatkan hasil pengujian modul pendeteksi arcing dan di sertai dengan tingkat keparahan pendeteksian. Dari 20 kali percobaan di dapatkan presentasi keberhasilan 85%. Faktor yang menyebabkan kegagalan adalah kondisi serabut yang tidak sepenuhnya

terbakar saat terjadi arcing sehingga mengurangi tingkat akurasi modul pendeteksi. Akan tetapi semua yang sudah terdeteksi oleh mikrokontroler dapat terkirim datanya ke aplikasi *smart-phone*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari eksperimen desain peralatan deteksi arcing paralel tegangan rendah berbasis smartphone dan analisa pengaruh impedansi jaringan terhadap kinerja deteksi dengan 3 kondisi pengujian utama yaitu kondisi normal, kondisi switching dan kondisi arcing adalah sebagai berikut:

1. Kondisi switching akan terjadi apabila modul pendeteksi mendeteksi adanya arus HF yang melebihi nilai 1.5 A dan jumlah titik gangguan yang melewati threshold <13 titik.
2. Kondisi Arcing Akan terjadi apabila modul pendeteksi mendeteksi adanya arus HF yang melebihi nilai 1.5 A dan jumlah titik gangguan yang melewati Threshold >13 titik.
3. Kondisi tingkat keparahan arcing akan dibedakan oleh program pendeteksi menjadi 3 bagian yaitu “Arcing Low” yang akan mendeteksi jika $13 \leq n < 35$ dimana (n) adalah jumlah titik gangguan, “Arcing Medium” yang akan mendeteksi saat $36 \leq n < 80$, dan “Arcing High” yang akan mendeteksi saat $n > 80$.
4. Modul deteksi akan mengirim sinyal ke MQTT Broker yang selanjutnya akan diteruskan kepada modul *smart-phone* sehingga muncul notifikasi.
5. Modul deteksi akan mengirimkan sinyal notifikasi ke MQTT Broker hanya saat terjadi kondisi arcing.
6. Variasi Impedansi jaringan tidak berdampak pada kinerja deteksi alat pendeteksi arcing

5.2 Saran

Pada tugas akhir ini penelitian tentang deteksi arcing berbasis smartphone telah berhasil dibuat. Akan tetapi pada tugas akhir ini hanya menggunakan beban resistif murni dan dapat di kembangkan dengan melakukan penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perusahaan Listrik Negara (PLN). "RUPTL PLN Tahun 2016-2025." PLN.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), "Data Bencana Kebakaran Pemukiman" <URL <http://geospasial.bnpb.go.id/pantauanbencana/data/datakbmukimall.php>>, 2017.
- [3] Riza Fakhroun Nisa', Dimas Anton Asfani, dan I Made Yulistya Negara, "*Analisis Karakteristik Busur Api Listrik Pada Tegangan Rendah Karena Pengaruh Impedansi Saluran Menggunakan Transformasi Haar Wavelet*" Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2015).
- [4] National Fire Protection Association, "*NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*", NFPA 2004.
- [5] S.-C. Wang, C.-J. Wu, and Y.-J. Wang, "*Detection of arc fault on low voltage power circuits in time and frequency domain approach*", vol. 6. 2012.
- [6] D. C. Robertson, O. I. Camps, J. S. Mayer, and W. B. Gish Sr, "Wavelets and electromagnetic power system transients," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol.11, pp. 1050-1056, 1996.
- [7] K. Chul-Hwan and R. Aggarwal, "Wavelet transforms in power systems. II. Examples of application to actual power system transients," *Power Engineering Journal*, vol. 15, pp. 193-202, 2001.
- [8] W. A. Wilkinson and M. D. Cox, "Discrete wavelet analysis of power system transients," *Power Systems, IEEE Transactions on*, vol. 11, pp. 2038-2044, 1996.
- [9] Wiryatama, R., *Analisis Karakteristik Busur Api Listrik Tegangan Rendah pada Hubung Singkat Langsung melalui Sinkronisasi Penginderaan Termal Bunga Api dan Arus Hubung Singkat*. Undergraduate Thesis, Surabaya:ITS, 2017.
- [10] Abdillah Fashiha Iلمان, , Dimas Anton Asfani, dan I Made Yulistya Negara, "Perancangan Peralatan Identifikasi Arcing tegangan Rendah Berbasis Transformasi Wavelet", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017
- [11] Widyantama, D., *Desain dan Implementasi Modul Deteksi Arcing Tegangan Rendah Berbasis Wavelet Transform Menggunakan Mikrokontroler*. Undergraduate Thesis, Surabaya:ITS, 2017.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RIWAYAT HIDUP



Ikhlas Fibtri Ramadhan dilahirkan pada 3 Februari 1995. Anak ketiga dari empat bersaudara. Pernah menempuh pendidikan di 3 SD yang berbeda yaitu SDN 03 Sumenep, Madura. SDN 001 Selat Panjang, Kep. Riau . SD Kartika II-3 Palembang. Serta menempuh pendidikan di 2 SMP yang berbeda yaitu SMPN 1 Palembang dan SMPN 35 Surabaya. Menempuh pendidikan SMA di SMAN 16 Surabaya. Penulis dalam masa perkuliahannya pada tahun kedua aktif dalam bidang manajerial di BEM FTI ITS sebagai staff sosial masyarakat. Saat tahun ketiga penulis aktif di BEM FTI ITS sebagai Sekertaris Jendral I . Saat ini penulis aktif sebagai salah satu asisten Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro ITS, sebagai Staff Pekerja Umum pada tahun 2017, Koordinator Pekerja Umum pada tahun 2017, Staff Pekerja Umum pada tahun 2018.