

Desain dan Implementasi Peralatan Deteksi Arcing Tegangan Rendah Berbasis LabView

Azmi Wicaksono, Dimas Anton Asfani, dan I Made Yulistya Negara

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: azmiwicaksono46@gmail.com; anton@ee.its.ac.id; yulistya@ee.its.ac.id

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

Kata Kunci—Busur Api Listrik Tegangan Rendah, Transformasi Wavelet, Threshold arus HF, Threshold titik gangguan

I. PENDAHULUAN

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

Salah satu masalah yang ditimbulkan akibat instalasi listrik yang kurang baik adalah korsleting listrik dan memicu kebakaran. Menurut Badan Nasional

Penanggulangan Bencana dari akhir tahun 2011 hingga pertengahan tahun 2015 ada 979 kasus kebakaran yang ada di Indonesia dengan 431 yang disebabkan oleh korsleting listrik.

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

II. URAIAN PENELITIAN

A. Arcing Fault di Tegangan Rendah

Arcing fault yaitu percikan api atau busur api pada sistem tenaga listrik yang terjadi ketika dua permukaan konduktor mendekat secara bersamaan dan bersentuhan. Fenomena ini dinamakan hubung-singkat, dan terjadi lompatan arus melewati sela antara kedua kabel konduktor karena nilai tegangan yang cukup. Percikan inilah yang kemudian mengionisasi udara di sekitar, sehingga udara di sekitar menjadi konduktif dan membentuk *arc* atau busur api [1]. Menurut NFPA [2], *Arcflash* merupakan fenomena pelepasan energi yang berbentuk panas dan cahaya dari proses ionisasi (perbanyak elektron) yang terjadi di udara dari sebuah bahan atau material

Busur api disebabkan oleh 2 konduktor yang memiliki beda potensial dan saling bersentuhan yang kemudian menyebabkan kegagalan isolasi. Apabila isolasi yang melindungi suatu bagian konduktor bertegangan rusak sehingga bagian tersebut menyentuh bagian konduktor lain dengan potensial yang berbeda dapat menyebabkan terjadinya *arc flash* [3]. Fenomena *arcflash* memegang peran penting saat terjadi kebakaran. Peralatan-peralatan pengaman konvensional seperti MCB (Miniatur Circuit Breaker) dan fuse tidak dapat mendeteksi arus yang sangat tinggi dan melakukan trip sesuai ekspektasi. Hal ini disebabkan karena durasi terjadinya hubung singkat sangat cepat sehingga tidak dapat dideteksi oleh peralatan pengaman konvensional seperti MCB tau fuse [4-6]. Kegagalan isolasi juga terjadi karena gangguan, yaitu berupa gangguan internal maupun gangguan eksternal. Gangguan internal yaitu gangguan yang berasal dari dalam bahan isolasi itu sendiri. Penuaan (*aging*) yang berkaitan dengan umur kabel serta bahan isolasi yang mudah rapuh

dan mudah rusak menjadi salah satu gangguan internal. Sedangkan, gangguan eksternal seperti gigitan hewan pengerat (tikus). Kedua faktor gangguan ini menyebabkan kegagalan isolasi sehingga arus (fasa) dapat keluar dari isolatornya dan terjadi hubung singkat dengan kabel didalamnya atau dengan konduktor lain (netral). Pada level tegangan rendah, secara umum terdapat 2 jenis kabel yang digunakan dalam instalasi yaitu kabel konduktor tunggal dan kabel konduktor serabut. Kabel konduktor serabut tegangan rendah yang digunakan memiliki ukuran diameter yang bermacam-macam yaitu 0,75 mm², 1,5 mm², 2,5 mm² dan lain sebagainya. Setiap ukuran diameter kabel memiliki ketahanan arus yang berbeda beda, ini disebabkan karena nilai impedansi saluran dipengaruhi oleh jenis inti dan diameter inti kabel yang digunakan [8]

B. Karakteristik Busur Api Listrik pada Beban Resistif

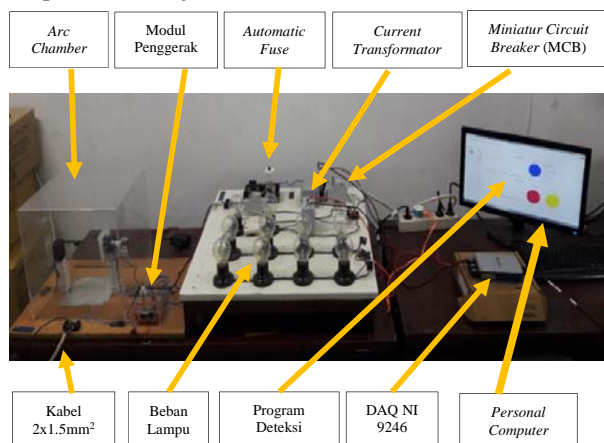
Beberapa karakteristik umum arus busur api listrik pada beban resistif yang telah diidentifikasi antara lain [10]:

1. Di setiap setengah cycle, arus *arcing* akan bernilai mendekati nol atau padam sebelum terjadi gangguan dan naik kembali setelah melewati titik nol.
2. Laju kenaikan dan puncak dari arus *arcing* biasanya selalu lebih besar dibanding arus beban normal.
3. Banyak metode pendeteksian *arcing* yang digunakan berbasis monitoring arus, dengan mengidentifikasi karakteristik yang berbeda dari *arc fault*.
4. Salah satu metodenya yaitu menggunakan komponen *High-frequency* (dari 10 kilohertz hingga 1 GHz), dengan menganalisis karakteristik yang signifikan seperti arus maksimum (*peaks*) dan laju kenaikan dari arus tersebut.

III. EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

A. Perancangan Alat Eksperimen

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



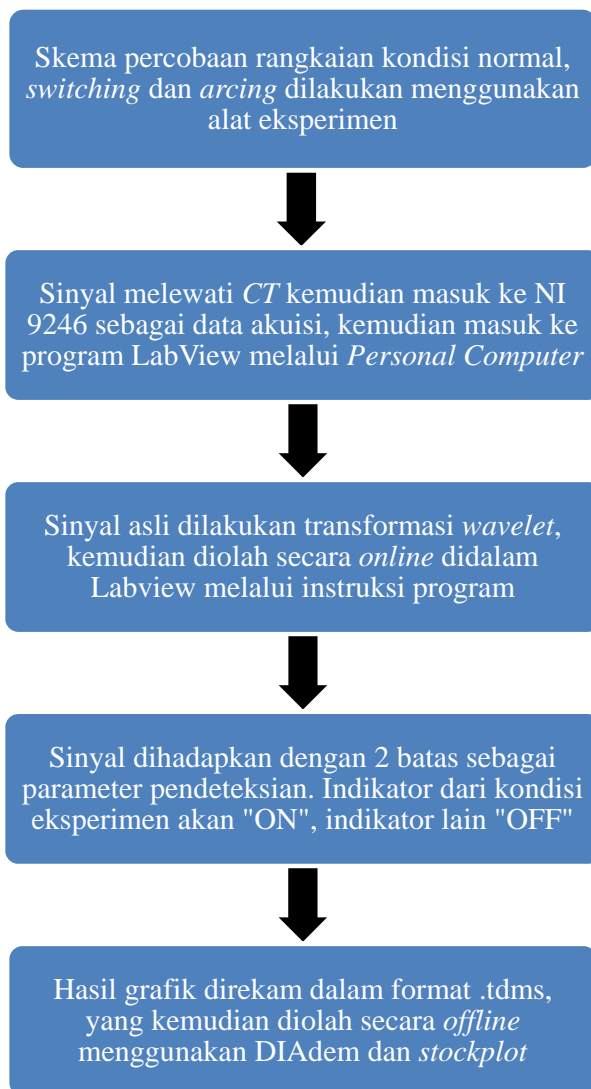
Gambar 1. Alat eksperimen busur api listrik pada tegangan rendah.

Alat eksperimen untuk mensimulasikan dan memodelkan 3 kondisi tersebut terdiri dari *hardware* dan *software*. *Hardware* yang digunakan adalah lampu 100 Watt sebanyak 10 buah, *Current Transformator* (CT) sebanyak 2 buah

dengan rasio 200/5, sekering otomatis (*fuse*) 6A, *fusebox*, kabel konduktor serabut 1 fasa dengan ukuran penampang 1,5 mm² (kabel NYMHY 2x1,5mm²), *miniatur circuit breaker* (MCB), *chamber arkilik*, saklar *switching*, NI DAQ 9246 sebagai perangkat perekam arus. Sedangkan *software* yang digunakan untuk mendukung eksperimen ini adalah LabView

B. Pengambilan Data

Alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah NI 9246, yang merupakan komponen perekam arus. Pengambilan data eksperimen ini meliputi arus beban, arus *arcing* saat terjadi hubung-singkat pada kabel. Data arus beban yang dapat dijadikan kondisi normal atau *switching* serta arus *arcing* menggunakan frekuensi sampling 5k Samples/s. Pengambilan data pada beban lampu (resistif) kondisi normal dimulai dari 1 lampu hingga 10 lampu, dengan masing-masing jumlah lampu dilakukan 10x percobaan. Untuk pengambilan data arus *switching*, dilakukan penambahan beban lampu resistif dengan jumlah 1 lampu hingga 10 lampu, dengan masing-masing *switching* dilakukan 10x percobaan. Percobaan eksperimen busur api listrik dengan variasi jumlah serabut sebanyak 1 serabut, 3 serabut, 6 serabut, 12 serabut, dan 24 serabut dengan masing-masing percobaan sebanyak 5x.



Gambar 2. Alur Pengambilan dan Pengolahan Data

C. Pengolahan Data

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

IV. HASIL DAN ANALISIS DATA

A. Skema Percobaan Karakteristik Arus Kondisi Normal, Switching dan Hubungan Singkat Tegangan Rendah

Analisis dilakukan dengan pemotongan data karena data yang direkam cukup banyak sehingga diperlukan pemotongan data agar mudah dalam proses analisis. Dengan frekuensi *sampling* 5k/s, maka data tersebut akan dianalisis setiap 50 data, hal ini diperoleh :

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

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

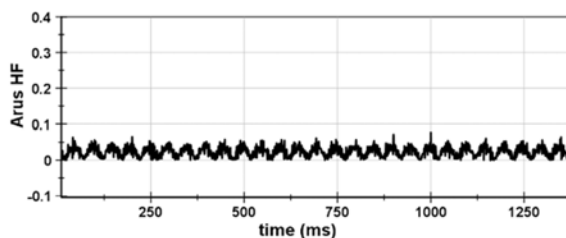
B. Analisis Data Karakteristik Kondisi Normal dan Switching pada Tegangan Rendah

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

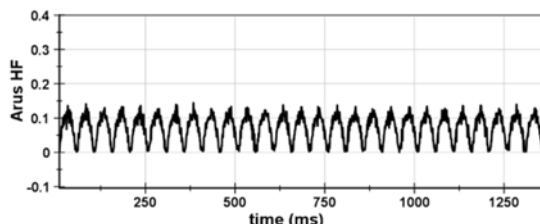
1) Perbandingan Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan Kondisi Normal dan Switching

Arus maksimum adalah arus dengan nilai amplitudo arus HF (*high frequency*) yang paling tinggi saat eksperimen normal dan *switching* dilakukan. Eksperimen kondisi beban

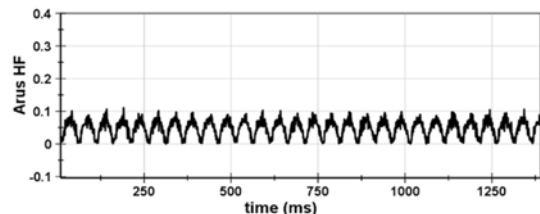
normal dan *switching* juga memperhatikan berapa banyak jumlah titik arus HF yang bernilai lebih besar dibandingkan *threshold* arus. Penentuan jumlah titik yang berada diatas *threshold* arus akan ditampilkan pada *user interface* program deteksi *arcing* tersebut secara *online* atau dapat kita amati dengan bantuan *toolbar report* pada *software* Diadem.



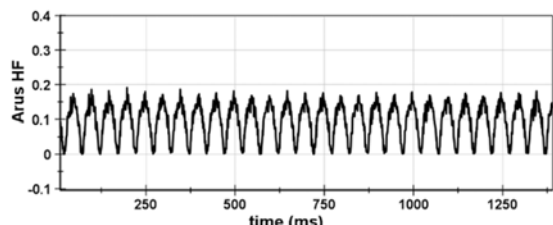
Gambar 3. Grafik kondisi normal 1 Lampu



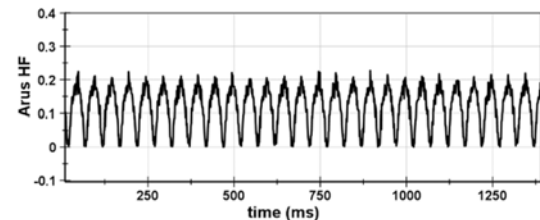
Gambar 4. Grafik kondisi normal 2 Lampu



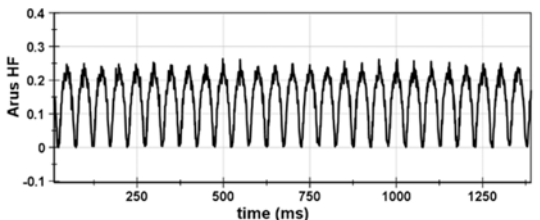
Gambar 5. Grafik kondisi normal 3 Lampu



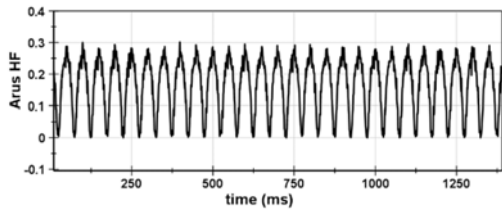
Gambar 6. Grafik kondisi normal 4 Lampu



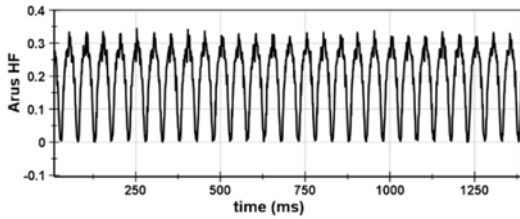
Gambar 7. Grafik kondisi normal 5 Lampu



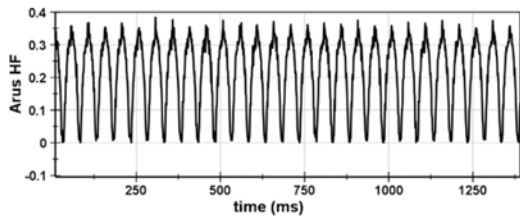
Gambar 8. Grafik kondisi normal 6 Lampu



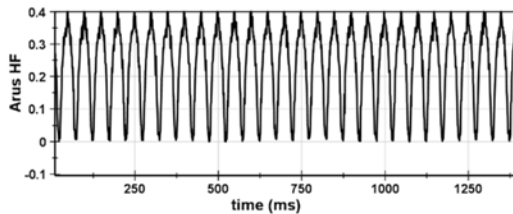
Gambar 9. Grafik kondisi normal 7 Lampu



Gambar 10. Grafik kondisi normal 8 Lampu

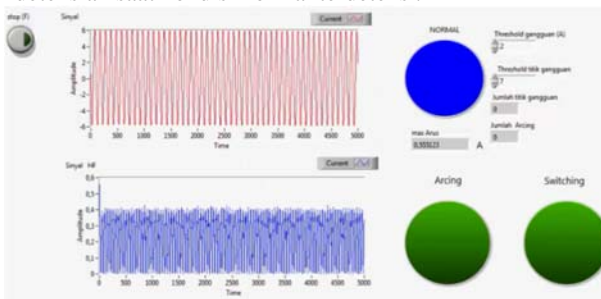


Gambar 11. Grafik kondisi normal 9 Lampu



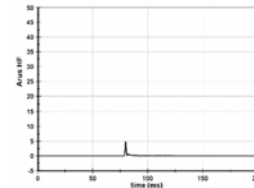
Gambar 12. Grafik kondisi normal 10 Lampu

Dari 10 gambar diatas dapat terlihat bahwa nilai arus maksimum pada kondisi normal pada keseluruhan eksperimen tidak ada yang melewati batas *threshold* arus 2 A. Pada gambar diatas juga menerangkan bahwa pada eksperimen kondisi normal tidak terdeteksi titik gangguan atau jumlah titik > *threshold* arus bernilai 0 pada semua percobaan. Dalam program pendeteksian, kedua *threshold* memiliki peran penting dalam membedakan ketiga kondisi. Sehingga jika kedua kondisi ini tidak terpenuhi maka indikator normal “ON” dan disimpulkan bahwa kondisi yang terdeteksi adalah kondisi normal. Selain itu juga akan ditampilkan 1 *sample* dari *user interface* program pendeteksian saat kondisi normal terdeteksi.

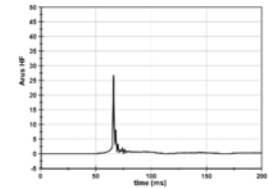


Gambar 13. Tampilan eksperimen kondisi normal 10 Lampu dalam program pendeteksian *arcing* tegangan rendah

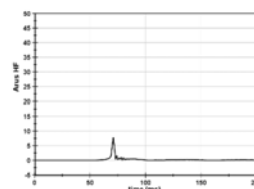
Gambar diatas menunjukkan bahwa *user interface* program pendeteksian *arcing* tegangan rendah hanya mendeteksi keadaan normal, saat tidak terjadi penambahan beban atau gangguan, sehingga indikator normal “ON”. Hal ini dikarenakan kedua *threshold* pada program pendeteksian belum ada yang terlampaui yaitu tidak melampaui *threshold* arus maupun *threshold* jumlah titik gangguan, sehingga pada *user interface* menunjukkan jumlah titik gangguan dan jumlah *arcing* yang bernilai “0”. Sedangkan untuk *switching*,



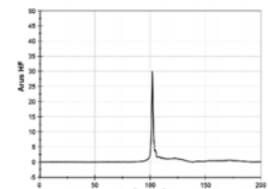
Gambar 14. *Switching* 1 Lampu



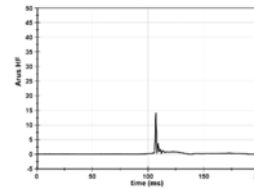
Gambar 19. *Switching* 6 Lampu



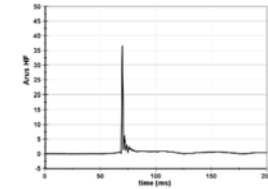
Gambar 15. *Switching* 2 Lampu



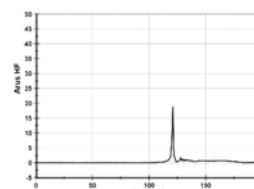
Gambar 20. *Switching* 7 Lampu



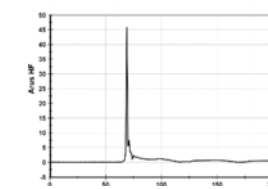
Gambar 16. *Switching* 3 Lampu



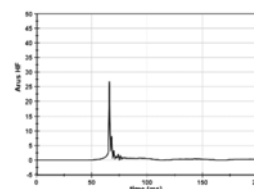
Gambar 21. *Switching* 8 Lampu



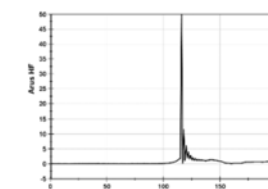
Gambar 17. *Switching* 4 Lampu



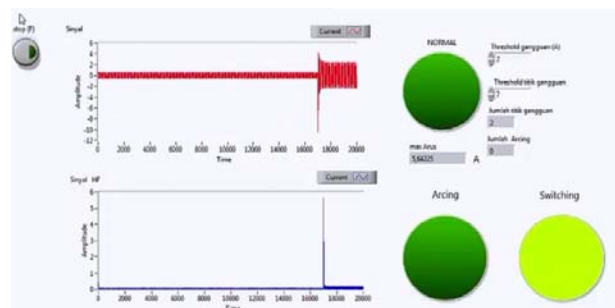
Gambar 22. *Switching* 9 Lampu



Gambar 18. *Switching* 5



Gambar 23. *Switching* 10

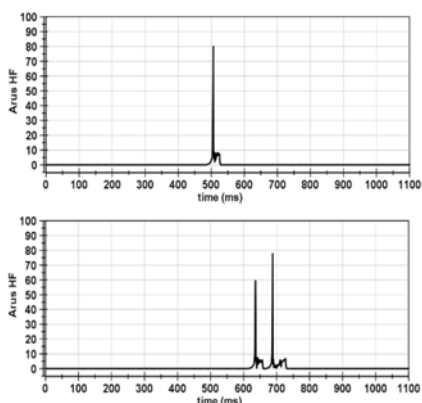


Gambar 24. Tampilan eksperimen kondisi *switching* 2

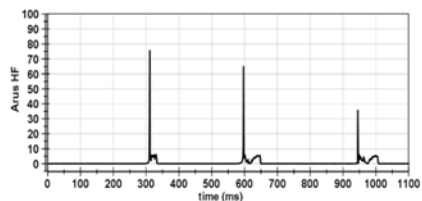
Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa saat terjadi *switching* nilai arus mengalami lonjakan yang sangat tinggi sehingga melewati *threshold* pertama namun jumlah titik tidak melebihi 7 sehingga hanya terdeteksi sebagai sebuah *switching*.

Sedangkan untuk capture gambar diatas menunjukkan bahwa terdapat lonjakan arus namun jumlah titik tidak melebihi 7 sehingga dari keseluruhan eksperimen akan terjadi perubahan dari normal menjadi *switching* (indikator *switching* "ON").

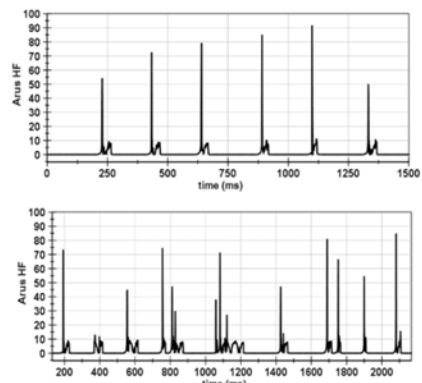
C. Analisis Data Karakteristik Busur Api Listrik (Arcing) Tegangan Rendah pada Hubung Singkat Langsung



Gambar 25. Arcing 1 Serabut



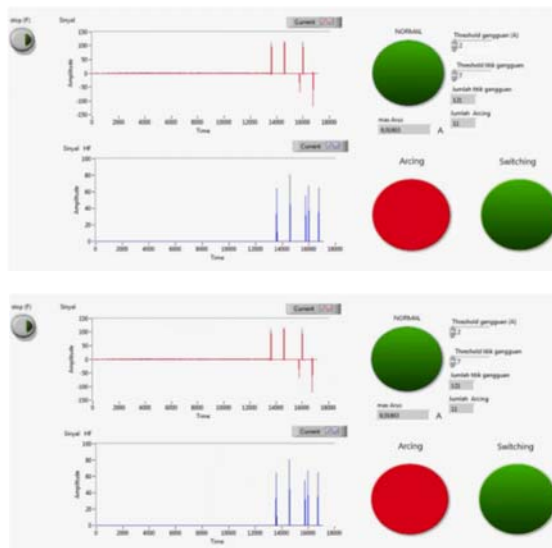
Gambar 26. Arcing 3 Serabut



Gambar 27. Arcing 6 Serabut

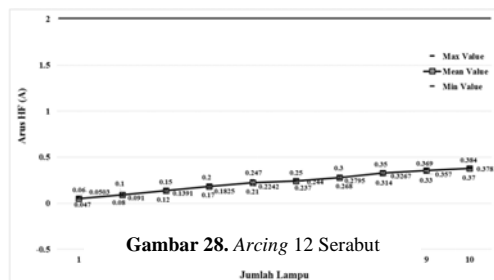
Pada eksperimen busur api listrik (*arcing*) tegangan rendah dilakukan hubung singkat secara langsung antara 2 kabel yang umum digunakan pada instalasi tegangan rendah (pemukiman dan pasar). Parameter yang digunakan adalah 1 serabut, 3 serabut, 6 serabut, 12 serabut dan 24 serabut. Eksperimen ini menggunakan 10 lampu 100 watt dengan daya total yang 1000 watt, dengan tujuan pemodelan seperti instalasi listrik tegangan rendah yang umumnya menggunakan daya 900 VA atau 1300 VA dengan tegangan 220 V. Grafik

eksperimen 1,3,6,12 dan 24 serabut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



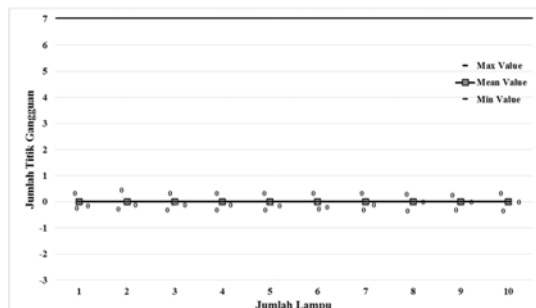
Gambar 30. Tampilan eksperimen kondisi arcing 12 serabut

D. Analisis Probabilitas dan Persebaran Data

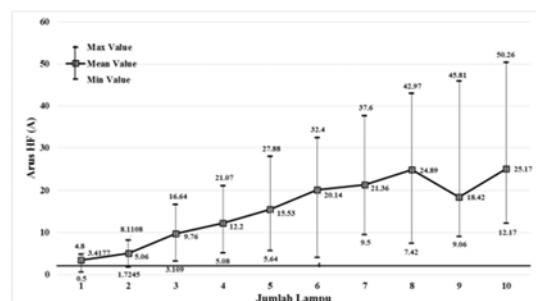


Gambar 31. Persebaran arus maksimum kondisi normal

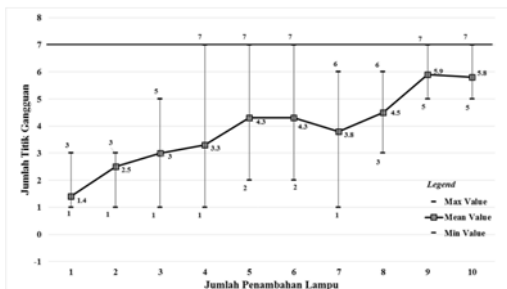
Gambar grafik persebaran data dari keseluruhan eksperimen kondisi normal, penambahan beban dan arcing dapat dilihat pada beberapa gambar dibawah ini.



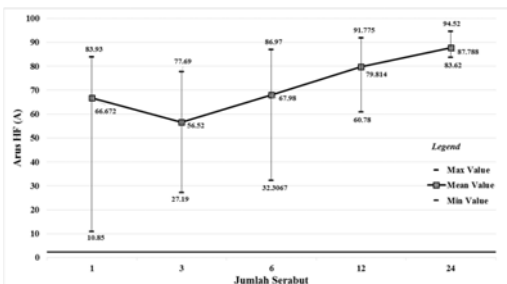
Gambar 32. Persebaran titik gangguan kondisi normal



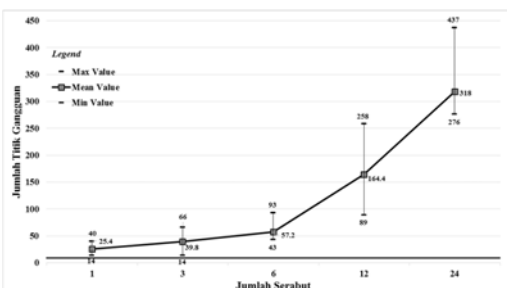
Gambar 33. Persebaran Arus Maksimum kondisi switching



Gambar 34. Persebaran jumlah titik gangguan kondisi switching



Gambar 35. Persebaran Arus Maksimum kondisi arcing



Gambar 36. Persebaran jumlah titik gangguan kondisi arcing

Dapat dilihat dari keseluruhan grafik *stockplot*, persebaran data memiliki *trend* yang semakin meningkat pada setiap eksperimennya. Pada grafik eksperimen kondisi normal dapat dilihat bahwa grafik persebaran data nilai arus maksimum serta grafik persebaran titik gangguan tidak ada yang melebihi *threshold* nya masing masing. Untuk eksperimen penambahan beban (*switching*) dapat dilihat pada grafik persebaran data nilai arus maksimum sudah melewati *threshold*nya, namun untuk grafik persebaran titik gangguan terlihat bahwa tidak ada yang melewati *threshold* titik gangguan yaitu 7 titik. Sedangkan untuk eksperimen *arcing* grafik persebaran arus maksimum dan titik gangguan menunjukkan *trend* yang meningkat secara signifikan dan dapat dilihat dari grafik ini bahwa kedua *threshold* telah terlampaui.

V. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari eksperimen deteksi dan implementasi peralatan deteksi arcing tegangan rendah berbasis LabView adalah sebagai berikut:

1. *Discrete Wavelete Transform* merupakan transformasi yang mentransformasi sinyal menjadi 2 dekomposisi yaitu *low frequency (LF)* dan *High Frequency (HF)*, yang kemudian digunakan sinyal HF karena dekomposisi ini adalah detail.
2. Pada program pendeteksian dilakukan dengan 2 *threshold* yaitu *threshold* arus 2 A dan *threshold* jumlah titik gangguan sebanyak 7 titik.

3. Pada fenomena kondisi normal, sinyal tidak melampaui kedua batas, untuk kondisi penambahan beban hanya melewati *threshold* pertama serta kondisi *arcing* melampaui kedua *threshold*.
4. Variasi jumlah serabut pada eksperimen busur api listrik (*arcing*), berpengaruh terhadap fenomena pengulangan *ignition*, durasi terjadinya gangguan, jumlah *arcing* dan jumlah titik gangguan.

VI. SARAN

Dalam Studi ini telah mampu menunjukkan jumlah *arcing*, jumlah titik gangguan, sinyal asli, sinyal *wavelet*, serta tiga indikator program pendeteksian yaitu indikator normal, *switching* dan *arcing*. Studi ini sudah menghasilkan indikator *arcing* yang dapat mendeteksi terjadinya gangguan hubung singkat secara *real time*, namun penelitian ini belum dapat melakukan sinkronisasi dengan *miniatur circuit breaker* untuk melakukan *tripping* sehingga diperlukan peralatan *mikrokontroller* yang secara otomatis dapat melakukan *tripping* kepada MCB saat indikator *arcing* pada Labview “ON”.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.Mishra, A.Routray, and A. K. Pradhan, “*Detection of Arcing in Low Voltage Distribution Systems*”, IEEE Region 10 Colloquium and the Third International Conference on Industrial and Information Systems 2008, pp. 1-3.
- [2] National Fire Protection Association, “*NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*”, NFPA 2004.
- [3] Riza Fakhroun Nisa’, Dimas Anton Asfani, dan I Made Yulistya Negara, “*Analisis Karakteristik Busur Api Listrik Pada Tegangan Rendah Karena Pengaruh Impedansi Saluran Menggunakan Transformasi Haar Wavelet*” Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2015)
- [4] Tim penyusun, “*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*”, Indonesia, 2000
- [5] Asit K Mishra, Aurobinda Routray, Ashok K. Pradhan, “*Detection of Arcing in Low Voltage Distribution Systems*”, IEEE Region 10 Colloquium and the Third International Conference on Industrial and Information Systems, Paper ID 502, Kharagpur, India, Desember, 2008.
- [6] Tammy Gammon, John Matthews, “*The Historical Evolution of Arcing-Fault Models for Low-Voltage Systems*”, IEEE
- [7] Dogan Gokhan, Ece Francis M., Wells Hakan G. Senel, “*Analysis And Detection of Arcing Faults In Low-voltage Electrical Power Systems*” Department of Electrical Engineering Vanderbilt University Nashville, Tennessee USA, IEEE Conference Publications, 1994
- [8] Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) periode Agustus 2011-2015
- [9] Yuan Wu, Zhengxiang Song and Xue Li, “*A Method for Arc Fault Detection Based on the Analysis of Signal’s Characteristic Frequency Band with Wavelet Transform*”, IEEE 2nd International Conference on Electric Power Equipment, Matsue, Japan, 2013
- [10] G. Artale, A. Cataliotti, V. Cosentino, and G. Privitera, “*Experimental Characterization Of Series Arc Faults In AC And DC Electrical Circuits*,” 2014, pp. 1015–1020.