

KARAKTERISTIK ARUS WAKTU SERABUT KABEL SEBAGAI PENGAMAN LEBUR

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Imam Maftukhin

12524113

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

KARAKTERISTIK ARUS WAKTU SERABUT KABEL SEBAGAI

PENGAMAN LEBUR



**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh:

**Imam Maftukhin
12524113**

**الجامعة الإسلامية
الابدية**

Yogyakarta, 13 Februari 2018

Menyetujui,

Pembimbing 1

**Firmansyah Nur Budiman, S.T.,M.Sc.
NIK 145240501**

Pembimbing 2

**Dr. Warindi, S.T.,M.Eng.
NIK 085240403**

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 19 Februari 2018



Imam Maftukhin

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

KARAKTERISTIK ARUS WAKTU SERABUT KABEL SEBAGAI

PENGAMAN LEBUR
TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Imam Maftukhin

No. Mahasiswa : 12524113

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknologi
Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Maret 2018

Firmansyah Nur Budiman, S.T.,M.Sc.

Ketua



Dr. R.M Sisdarmanto Adinandra, S.T.,M.Sc.,Ph.D.

Dosen penguji I

Wahyudi Budi Pramono, S.T.,M.Eng.

Dosen penguji II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T.,M.T.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Yang Utama Dari Segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan kasih dan sayang. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya Skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk orang yang sangat kukasihi dan kusayangi

“Ayah dan Ibu tercinta”

Terimakasih sudah merawat dari kecil, memberikan nasehat dan contoh dalam menjalani kehidupan, motivator terbesar dalam hidupku yang tak pernah jemu mendo’akan dan menyayangiku

“Kakak dan Adik”

Terimakasih atas dukungan, saran dan motivasinya selama ini

“Fachrunnisa Moulidhya”

Terimakasih atas support, dukungan juga motivasi yang diberikan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini

Sekali lagi penulis ucapkan terimakasih untuk semuanya dan juga semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, karena semua kesuksesan ini tidak lepas dari do’a restu dan support dari kalian

Thank’s For All

HALAMAN MOTTO

وَيَنْصُرَكَ اللَّهُ نَصْرًا عَزِيمًا

“Dan Allah pasti menolongmu dengan pertolongan yang kuat”

(AL-Fath ayat 3)

"Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua"

(Aristoteles)

"Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang telah dilaksanakan/diperbuatnya"

(Ali Bin Abi Thalib)

“Banyak kegagalan hidup terjadi karena orang-orang tidak menyadari
Betapa dekatnya kesuksesan ketika mereka menyerah”

(Thomas Alfa Edison)

KATA PENGANTAR



Asalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayat dan karunia-Nya sehingga Skripsi yang berjudul "Karakteristik arus waktu serabut kabel sebagai pengaman lebur" ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa pula shalawat dan salam selalu saya ucapkan kepada nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Semoga kita menjadi umat-umatnya yang dapat meneladani budi pekerti beliau.

Selama mengerjakan Skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dukungan, fasilitas dan kemudahan dari berbagai pihak. Disini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua, kakak, adik, keluarga tercinta yang selalu memberikan dorongan semangat, do'a, motivasi, sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Firmansyah Nur Budiman, S.T.,M.Sc. selaku Dosen Pembimbing1, yang telah meluangkan waktu dan memberi pengetahuan sekaligus membimbing dari awal hingga Skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Bapak selalu dalam lindungan-Nya.
4. Bapak Dr. Warindi, S.T.,M.Eng. selaku pembimbing 2, yang telah memberikan arahan dan pengetahuan, semoga Bapak selalu dalam rahmat dan lindungan-Nya.
5. Bapak Yusuf Aziz Amirullah, S.T.,M.Eng.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama menempuh kuliah dari semester pertama hingga akhir di kampus tercinta Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Fachrunnisa Moulidhya, S.H beserta keluarga yang telah senantiasa memberikan dukungan semangat dan motivasi.
8. Anak kost keluarga cemara Toni, Jojo, Fadli dan Satria, Harpenda, Tsani, Adi, terimakasih atas kenangannya dan semangatnya. Semoga kita semua bisa menjadi orang yang sukses dunia dan akhirat, serta dapat mewujudkan cita-cita masing-masing, Amin.

9. * Orang-orang yang telah membuat saya termotivasi untuk mengerjakan Skripsi ini. Semoga semua pertemuan ini kita semua mendapatkan hikmah dan pelajaran oleh-Nya.
10. Saudara seperjuangan di Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2012 dan seluruh keluarga Teknik Elektro terimakasih banyak atas kenangan, bantuan, dan kebersamaannya.
11. Dan banyak pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian yang telah dilakukan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan dan saran yang dapat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 19 Februari 2018



Imam Maftukhin

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

1. FCO : *Fuse Cut Out*
2. OCR : Over Current Relay
3. JTM : Jaringan Tegangan Menengah
4. PLN : Perusahaan Listrik Negara
5. NO : *Normally Open*
6. NC : *Normally Close*
7. GI : Gardu Induk
8. A : *Ampere*
9. V : *Volt*

ABSTRAK

Pengaman lebur adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai pengaman didalam sistem peralatan listrik. Komponen tersebut terdiri dari kawat halus dan pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri arus listrik yang berlebihan. Pada penelitian ini, dilakukan suatu pengujian pada serabut kabel dengan panjang serabut 15 cm² dan diameter masing-masing serabut kabel adalah 0,006 mm², 0,013 mm² dan 0,020 mm². Metode yang digunakan didalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan pengujian terhadap beberapa jumlah serabut kabel yang diuji dan pengujian menggunakan alat portable relay tester. Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai karakteristik arus waktu dari serabut kabel tersebut dan nilai rapat arusnya. Karena belum diketahuinya karakteristik arus waktu dari serabut kabel sebagai pengaman lebur, maka perlu adanya suatu penelitian agar dapat mengetahui apakah serabut kabel dapat digunakan sebagai pengaman lebur seperti yang dijual secara komersial di pasaran.. Dari hasil pengujian yang didapatkan, pengujian menggunakan 1 serabut, 2 serabut dan 3 serabut, waktu leburnya sedikit lebih cepat dari pengujian fuse link pabrikan. Hal tersebut wajar, karena jumlah serabut yang diuji lebih kecil dari ukuran fuse link pabrikan dan jenis bahan yang berbeda. Selain jenis bahan pengujian dan ukuran yang berbeda, nilai arus leleh minimumnya juga cukup berbeda signifikan. Pengujian menggunakan 1 serabut kabel waktu lebur yang didapatkan mayoritas sangat cepat, yaitu dengan rata-rata waktu lebur dibawah 1 detik, sehingga waktu arus leleh minimumnya sulit diketahui. Dari hasil tersebut, pengujian menggunakan 1 serabut kabel tingkat kelayakannya belum mencukupi standar. Pengujian menggunakan 2 serabut kabel waktu lebur yang didapatkan sudah cukup baik secara data statistik, waktu arus leleh minimumnya dapat diketahui yaitu 0,3 detik sampai 0,7 detik (Standar arus leleh minimum adalah 0,1 detik). Pengujian menggunakan 2 serabut kabel sudah lumayan baik hasil yang didapat, meskipun belum sepenuhnya mendekati standar. Pengujian menggunakan 3 serabut kabel waktu lebur yang didapatkan sudah baik secara data statistik, dan arus leleh minimumnya adalah yang paling kecil jika dibandingkan dengan pengujian menggunakan 1 serabut dan 2 serabut. Arus leleh minimum yang didapatkan adalah 0,2 detik sampai 0,5 detik (Standar arus leleh minimum adalah 0,1 detik). Pengujian menggunakan 3 serabut kabel yang paling baik dan mendekati standar, meskipun dari segi kelayakannya belum bisa dibilang mencukupi. Waktu lebur yang didapat dari pengujian fuse link pabrikan stabil dan normal, arus leleh minimum yang didapat 0,1 detik sampai 0,2 detik.

Kata Kunci : *Pengaman Lebur, Karakteristik Arus Waktu, Standar Arus Leleh Minimum*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Sistem Proteksi.....	5
2.2.2 Persyaratan Sistem Proteksi	5
2.2.3 Pengaman Lebur	6
2.2.4 Prinsip Kerja Pengaman Lebur	6
2.2.5 Jenis-Jenis Pengaman Lebur	7

2.2.6 Karakteristik dari Pengaman Lebur	8
2.2.7 Standar <i>Fuse Link</i> Sebagai Pembanding Dalam Penelitian	8
2.2.8 Karakteristik <i>Fuse Link</i> Merk Kearney.....	8
2.2.9 Nilai Rapat Arus.....	9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 Metodologi Penelitian	10
3.2 Diagram Blok Penelitian	10
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Data Hasil Pengujian Serabut Kabel	13
4.1.1 Data Hasil Pengujian 1 Serabut Kabel.....	13
4.1.2 Data Hasil Pengujian 2 Serabut Kabel	13
4.1.3 Data Hasil Pengujian 3 Serabut Kabel.....	14
4.1.4 Data Hasil Pengujian <i>Fuse Link</i> Merk Kearney.....	14
4.2 Kurva Karakteristik Arus Waktu Serabut Kabel	15
4.2.1 Kurva Karakteristik Arus Waktu Serabut Kabel	15
4.2.2 Kurva Karakteristik Arus Waktu Serabut Kabel	16
4.2.3 Kurva Karakteristik Arus Waktu Serabut Kabel	17
4.2.4 Kurva Perbandingan Hasil Pengujian	18
4.3 Nilai Rapat Arus.....	19
4.3.1 Nilai Rapat Arus Hasil Pengujian Serabut Kabel	19
4.3.2 Nilai Rapat Arus <i>Fuse Link</i> Merk Kearney	20
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Kesimpulan	22
5.2 Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Blok Penelitian.....	10
Gambar 3.2 Trafo AC 100 V	11
Gambar 3.3 Portable Relay Tester Tipe IP-R.....	11
Gambar 3.4 <i>Microswitch</i>	12
Gambar 4.1 Kurva Karakteristik Arus Waktu 1 Serabut Kabel	15
Gambar 4.2 Kurva Karakteristik Arus Waktu 2 Serabut Kabel	16
Gambar 4.3 Kurva Karakteristik Arus Waktu 3 Serabut Kabel	17
Gambar 4.4 Kurva Perbandingan Hasil Pengujian.....	19

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian 1 Serabut kabel	13
Tabel 4.2 Data Hasil Penelitian 2 Serabut Kabel	13
Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian 3 Serabut Kabel	14
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian <i>Fuse Link</i> Merk Kearney	15
Tabel 4.5 Nilai Rapat Arus 1 Serabut Kabel	20
Tabel 4.6 Nilai Rapat Arus 2 Serabut Kabel	20
Tabel 4.7 Nilai Rapat Arus 3 Serabut Kabel	21
Tabel 4.8 Nilai Rapat Arus <i>Fuse Link</i> Merk Kearney	21

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya kebutuhan energi listrik, menuntut ketersediaan listrik yang semakin baik, dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Kualitas menyangkut mutu dan keandalan, sedangkan kuantitas menyangkut kontinuitas sistem penyalurannya. Untuk lebih meningkatkan keandalan mutu penyaluran dan pelayanan energi listrik kepada konsumen, maka dibutuhkan sistem proteksi yang handal, sehingga keberlangsungan sistem penyaluran energi listrik ke konsumen dapat dijaga semaksimal mungkin, sesuai dengan kebutuhan konsumen. Salah satu cara untuk menjaga keberlangsungan sistem penyaluran energi listrik ke konsumen ini adalah dengan meminimalisir terjadinya gangguan, dengan cara melengkapi sistem jaringan penyaluran energi listrik dengan alat proteksi. Peralatan proteksi yang dimaksud adalah pengaman lebur atau *fuse cut out*.

Jaringan distribusi didalam suatu sistem penyaluran tenaga listrik merupakan satu bagian yang sangat vital, karena dalam bagian penyaluran listrik dari pusat gardu induk (GI) ke pusat-pusat beban dan konsumen adalah tugas dari jaringan distribusi. Mengingat fungsi tersebut maka pastilah bahwa sistem pengaman yang baik merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan kelangsungan pelayanan yang terandalkan.

Sistem pengaman yang baik didapat dengan didukung oleh keadaan peralatan pengaman dan penempatan yang sesuai dengan tipe dari setiap peralatan pengaman tersebut. Salah satu peralatan pengaman yang penting adalah pengaman lebur atau *fuse cut out*. Pengaman lebur ini berguna dalam pengaman arus lebih yang terjadi akibat adanya arus hubung singkat. Seperti yang kita ketahui bahwa gangguan arus hubung singkat merupakan gangguan yang paling berbahaya karena dapat merusak peralatan. Untuk mencegah gangguan tersebut, perlu adanya pemasangan alat proteksi. Alat proteksi yang dimaksud adalah pengaman lebur atau *fuse cut out*. Setelah pengaman lebur terpasang, ketika ada gangguan pada peralatan listrik, maka pengaman lebur akan bekerja yaitu dengan meleburkan kawat halus pada tabung *fuse link*. Sehingga, peralatan listrik akan aman dan terhindar dari kerusakan akibat adanya gangguan.

Penggunaan pengaman lebur juga harus memperhatikan tempat dan rating yang dipasang. Penggunaan pengaman lebur sudah wajib digunakan untuk sistem keamanan pada jaringan distribusi agar peralatan listrik yang digunakan dapat terjaga dan gangguan yang terjadi tidak membahayakan manusia.

Permasalahan yang sering terjadi pada umumnya adalah kurangnya pengetahuan dan informasi dari masyarakat tentang peralatan-peralatan proteksi dan fungsi-fungsinya terutama pengaman lebur. Selain itu, masyarakat umum juga belum mengetahui dan mendapatkan informasi mengenai karakteristik arus waktu dari serabut kabel sebagai pengaman lebur, sebagian besar dari mereka hanya tahu peralatan proteksi dan pengaman lebur atau *fuse cut out* yang secara komersial dijual di pasar. Pengaman lebur sudah banyak dijual di pasaran dengan harga yang sangat bervariasi tergantung dari merk serta *rating* arusnya.

Untuk meminimalisir atau mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk membeli pengaman pelebur apabila suatu saat sistem proteksi ini putus, maka perlu adanya suatu penelitian terhadap pengaman lebur agar tidak selalu harus membeli di toko apabila suatu saat sering putus. Penelitian dilakukan terhadap serabut kabel sebagai bahan pengaman lebur tersebut, tetapi kita belum mengetahui karakteristik arus waktunya. Untuk mengetahuinya, maka perlu dilakukan sebuah penelitian dan pengujian terlebih dahulu. Penelitian ini yang akan saya beri judul “Karakteristik arus waktu serabut kabel sebagai pengaman lebur”

1.2 Rumusan Masalah

Belum diketahuinya karakteristik arus waktu dari serabut kabel sebagai pengaman lebur dan apakah layak serabut kabel tersebut bila digunakan sebagai pengaman lebur yang sesuai dengan standar ?

1.3 Batasan Masalah

Dengan adanya rumusan masalah yang harus diselesaikan pada penelitian ini, maka harus dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Pengujian karakteristik arus waktu dari kabel yang bersifat *fleksibel* atau berserabut
2. Serabut kabel yang diuji masing-masing menggunakan 1 serabut, 2 serabut dan 3 serabut dengan jenis, panjang, dan diameter yang sama setiap helai serabutnya
3. Mengambil contoh *fuse link* tipe K merk Kearney yang dijual dipasaran sebagai bahan perbandingan tingkat kelayakan dari hasil penelitian serabut kabel sebagai pengaman lebur

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari karakteristik arus waktu dari serabut kabel sebagai pengaman lebur dan membandingkan dengan pengaman lebur yang dijual di pasaran untuk mengetahui tingkat kelayakannya

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang karakteristik serabut kabel sebagai sistem pengaman lebur, dan sebagai pembelajaran serta ilmu pengetahuan tentang karakteristik arus waktu serabut kabel sebagai pengaman lebur

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Dari penelitian yang sudah ada, ada beberapa penelitian yang berhubungan dengan *fuse cut out* didalam penelitiannya. Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya yang sudah ada:

Penelitian pertama yang berjudul “Sistem pengamanan penyaluran energi listrik satu fasa tegangan rendah dengan menggunakan *fuse cut out*” [1]. Penelitian ini mempelajari kinerja dari sistem pengaman yang digunakan pada jaringan listrik tegangan rendah yang menyalurkan energi dengan menggunakan alat pengaman *fuse cut out*. Dengan menggunakan sistem pengaman yang handal diharapkan dapat digunakan sebagai tolak ukur keandalan sistem penyaluran energi listrik dan mengatasi masalah yang sering muncul di lapangan dan seringnya terjadi gangguan pada sistem penyaluran energi listrik sehingga mengakibatkan pemadaman. Metode yang dilakukan adalah survey lapangan dan simulasi di Laboratorium sistem proteksi energi listrik. Kasus yang terjadi adalah hubung singkat fasa-fasa pada jaringan tegangan rendah, arus *fuse link* yang terpasang adalah 10 A.

Penelitian kedua yang berjudul “Koordinasi Penempatan Peralatan Proteksi Jenis Arus Lebih (OCR) dan Pelebur (FCO) di Penyulang 20 kV dari GI 150/20 kV Mrica Banjarnegara” [2]. Penelitian ini adalah melakukan sebuah analisis dengan mengasumsikan terjadinya gangguan tiap-tiap bus yang mungkin akan terjadi hubung singkat. Selain itu, penelitian ini juga melakukan evaluasi dan analisis terhadap peralatan proteksi yang ada di saluran distribusi serta koordinasi antar peralatan proteksi. Peralatan proteksi yang digunakan adalah jenis pelebur atau *fuse cut out* dan jenis arus lebih atau *over current relay*.

Penelitian ketiga yang berjudul “Koordinasi *recloser* dengan FCO sebagai pengaman terhadap gangguan arus lebih” [3]. Penelitian ini membahas tentang koordinasi proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik. Penelitian ini juga menjelaskan bagaimana koordinasi *recloser* dengan *fuse cut out* yang memiliki peranan sangat penting guna keandalan dan kontinuitas serta keamanan penyaluran tenaga listrik, terutama pada bagian ujung beban dan percabangan satu fasa.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Sistem Proteksi

Sistem proteksi merupakan cara untuk melindungi peralatan pada sistem distribusi serta melindungi peralatan dari gangguan yang dapat merusak dan mengganggu sistem kerja peralatan listrik tersebut.

Sistem proteksi berfungsi untuk :

1. Mendeteksi gangguan pada peralatan
2. Melindungi manusia dari bahaya arus listrik
3. Melindungi seluruh peralatan dan mengatasi gangguan secepat mungkin
4. Mencegah meluasnya gangguan, memulihkan kembali sistem setelah gangguan berhenti
5. Menjaga kestabilan daya

2.2.2 Persyaratan Sistem Proteksi

Suatu sistem proteksi dapat bekerja dengan baik apabila memenuhi lima persyaratan utama, yaitu :

1. Keandalan

Keandalan merupakan kemampuan suatu rele atau sistem rele untuk bekerja dengan tepat dan benar pada saat gangguan dan tidak bekerja ketika tidak ada suatu gangguan pada sistem distribusi

2. Selektivitas

Selektivitas adalah proses pengaturan dan penerapan rele-rele proteksi yang menjangkau rele lain sedemikian, sehingga rele-rele ini bekerja secepat mungkin untuk gangguan pada zona utama dan bekerja dengan penundaan untuk gangguan pada zona pendukung (*back up*). Bekerjanya sistem proteksi pendukung adalah hal yang tidak benar dan tidak diharapkan kecuali sistem proteksi utama gagal mengatasi gangguan yang terjadi pada zonanya.

3. Kecepatan kerja

Suatu sistem proteksi diharapkan untuk dapat bekerja secepat mungkin ketika terjadi gangguan pada sistem tenaga. Pada beberapa sistem, hal ini dapat diterapkan. Namun ketika aspek selektivitas terlibat, operasi sistem proteksi yang sangat cepat dapat dilakukan dengan penerapan sistem yang lebih kompleks dan lebih mahal.

4. Sederhana

Suatu sistem proteksi harus diusahakan sesederhana mungkin dengan tetap harus bisa mencapai tujuan yang diharapkan. Setiap penambahan komponen yang dapat meningkatkan kinerja sistem proteksi namun tidak mutlak diperlukan dalam persyaratan sistem proteksi harus dipertimbangkan dengan sangat hati-hati. Karena permasalahan di sistem jauh lebih berbahaya daripada masalah di sistem tenaga.

5. Ekonomis

Merupakan biaya dan faktor yang paling penting dan mendasar, karena harus dengan biaya yang minimum. Untuk biaya yang sangat minimum, akan sangat sulit mendapatkan sistem proteksi yang baik, bahkan dapat menimbulkan kesulitan dalam pengaplikasian sistem proteksi tersebut, maka harus ada pertimbangan dan perbandingan antara kualitas sistem proteksi dan biaya yang dibutuhkan.

2.2.3 Pengaman Lebur

Pengaman lebur adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman didalam sistem peralatan listrik. Pengaman lebur terdiri dari kawat halus dan pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri arus listrik yang berlebihan. Terputusnya pengaman lebur tersebut, arus listrik yang berlebihan tidak dapat masuk kedalam sistem, sehingga tidak akan merusak komponen karena fungsi dari pengaman lebur dapat melindungi peralatan listrik dari arus lebih.

2.2.4 Prinsip Kerja Pengaman Lebur

Prinsip kerja dari pengaman lebur adalah dengan merasakan arus yang melewati dirinya. Jadi saat terjadi gangguan hubung singkat dan timbul arus lebih, elemen pelebur pada kawat *fuse link* putus, karena arus yang melewati *fuse link* sudah melewati rating arus pengenal *fuse link*, sehingga kawat tersebut putus dan terjadilah *arching* atau pembusuran.

Pengaman lebur bekerja berdasarkan prinsip rugi-rugi daya pada suatu penghantar. Apabila suatu penghantar dialiri arus, tentunya akan mendapat rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya ini akan menyebabkan panas pada penghantar tersebut. Rugi-rugi daya dinyatakan sebagai berikut:

$$P = I^2 \times R \quad (2.1)$$

Rumus rugi-rugi daya ini berkaitan dengan rumus perhitungan tahanan penghantar

$$R = \frac{\rho \times \ell}{A} \quad (2.2)$$

dimana:

R = Tahanan penghantar (ohm)

ρ = Tahanan jenis penghantar (ohm.mm), ditentukan oleh jenis bahan penghantar

ℓ = Panjang penghantar (m²)

A = Luas penampang penghantar (mm²)

Pada prakteknya, kawat penghantar pada pengaman lebur sengaja dibuat tipis dibandingkan dengan kawat penghantar pada umumnya agar dapat melakukan pemutusan sirkuit atau rangkaian terlebih dahulu.

Penggunaan pengaman lebur adalah suatu bagian yang paling lemah didalam sistem distribusi. Karena pengaman lebur bisa dikatakan hanya menggunakan sehelai kawat halus. Kawat yang digunakan sebagai pengaman lebur berdasarkan faktor melelehnya kawat tersebut dan harus memiliki daya hantar (*conductivity*) yang tinggi. Faktor melelehnya kawat ditentukan oleh temperatur bahan kawat tersebut.

2.2.5 Jenis-Jenis Pengaman Lebur

Pengaman lebur menurut besar tegangan kerjanya dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Pengaman Lebur Tegangan Rendah

Cara kerjanya yaitu berdasarkan panas dari listrik yang mengalir pada elemen kawat sebagai pengaman lebur. Pada kondisi normal, arus yang mengalir kawat lebih kecil dari arus yang seharusnya dan suhu elemen kawat stabil. Sedangkan ketika arus melebihi yang seharusnya, maka suhunya akan naik sangat cepat dan ketika titik leburnya sudah dicapai, maka elemen kawat akan terputus.

2. Pengaman Lebur Tegangan Tinggi

Pengaman lebur tegangan tinggi dapat dibedakan menurut cara kerjanya, yaitu:

a. Pengaman lebur penggunaan arus nol

Pengaman lebur ini menggunakan elemen lebur yang pendek untuk mengidentifikasi adanya arus yang berlebihan dan ketika pembusur apian (*arching*) yang dibutuhkan saat terjadi pemutusan.

b. Pengaman lebur pergeseran nol arus

Pengaman lebur ini dapat mengubah faktor daya yang awalnya rendah menjadi lebih tinggi dalam waktu yang singkat.

2.2.6 Karakteristik Pengaman Lebur

Karakteristik pengaman lebur ialah lamanya waktu pemutusan yang tergantung dari besarnya arus yang mengalir pada peleburnya. Karakteristik dari pengaman lebur menggunakan kurva tipe K dan T dan perbedaan kedua tipe kurva tersebut didasarkan pada perbandingan antar arus leleh minimum dari kedua tipe tersebut. Untuk tipe K, arus leleh minimumnya 0,1 detik sampai 600 detik (*back up*) dan tipe T arus leleh minimumnya 300 atau 600 detik (serba guna).

2.2.7 Standar *Fuse Link* Sebagai Pembanding Dalam Penelitian

Fuse link yang digunakan pada JTM (Jaringan Tegangan Menengah) yang dipasang pada tabung CO (*cut out*) yang berfungsi jika ada arus yang melebihi kapasitas ukuran *fuse link*. Ukuran *fuse link* yang sering digunakan adalah 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 8A, 10A, 15A, 20A, 25A, 30A, 40A, 50A, 60A, 65A, 80A, 100A, 140A dan 200A.

Beberapa produk *fuse link* JTM yang dijual dipasaran salah satunya adalah dengan merk Kearney *fuse link*. Pada umumnya ukuran elemen pelebur atau kawat yang digunakan sebagai pengaman lebur tidaklah sama, tergantung dari rating *fuse link* itu sendiri, seperti yang terdapat pada buku pedoman yang digunakan oleh PLN yang berjudul “Petunjuk pemilihan dan penggunaan pelebur pada sistem distribusi tegangan menengah”. Dalam buku tersebut, dijelaskan bahwa panjang tabung pelebur dan elemen pelebur (kawat pendek dan halus) tidaklah sama ukurannya, tergantung dari rating arus pengenal elemen peleburnya, tetapi kebanyakan untuk sistem distribusi tegangan menengah, panjang tabung dari pengaman lebur adalah ± 20 cm², sedangkan panjang kawat pengaman leburnya itu sendiri lebih pendek dari tabungnya.

2.2.8 Karakteristik *Fuse Link* Tipe K Merk Kearney

Fuse link merk Kearney adalah salah satu contoh pengaman lebur atau *fuse cut out* buatan pabrik yang sesuai standar dengan tipe lebur cepat atau tipe K. Bahan yang digunakan memiliki daya lebur yang tinggi atau cepat, sehingga apabila ada gangguan atau hubung singkat, maka pengaman lebur dapat bekerja dengan cepat. *Fuse link* merk Kearney yang dijual dipasaran dengan rating kecil hingga rating besar, misalnya 2A, 3A, 4A, 5A sampai 100 A, 200 A.

Fuse link biasanya dipasang pada tiang-tiang listrik yang berada di pinggir jalan yang terhubung ke instalasi perumahan. Untuk ukuran daya yang besar, *fuse link* atau pengaman lebur yang dipasang juga dengan *rating* besar.

2.2.9 Nilai Rapat Arus

Rapat arus adalah besarnya arus listrik tiap-tiap mm² luas penampang kawat. Nilai rapat arus berbanding terbalik dengan penampang penghantar, semakin besar penampang penghantar, maka rapat arusnya semakin kecil. Rapat arus dinyatakan sebagai berikut:

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.3)$$

dimana:

J = Rapat arus (Amp/mm²)

I = Arus yang mengalir pada kawat/kabel (Amp)

A = Luas penampang penghantar (mm²)

Rapat arus berpengaruh terhadap luas penampang kawat atau kabel, sehingga arus akan mengalir secara merata ke setiap penampang kawat pelebur tersebut. Kerapatan arus juga berpengaruh terhadap kenaikan suhu/temperatur pada pengaman lebur.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

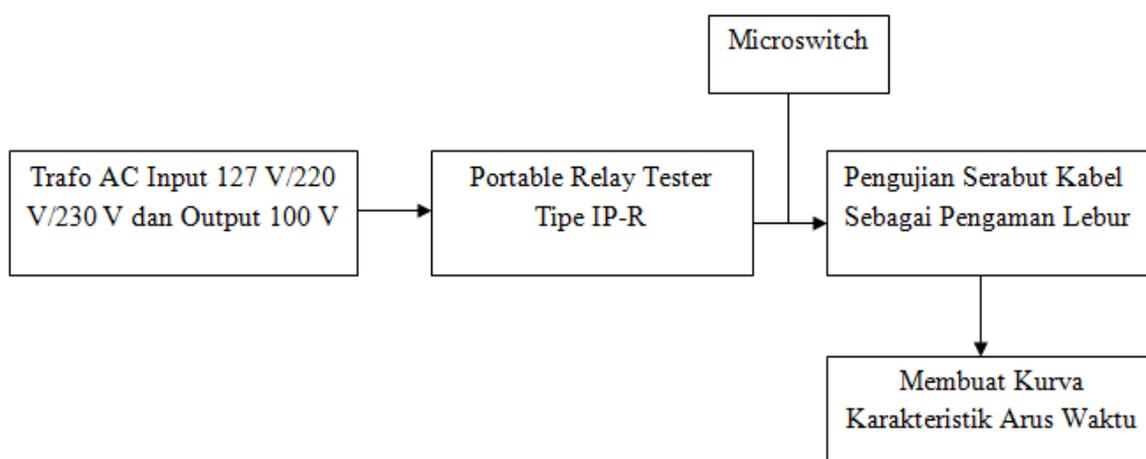
3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode pengujian di Laboratorium Ketenagaan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia. Hasil yang diperoleh dari pengujian berupa nilai karakteristik arus waktu dari serabut kabel dengan panjang serabut kabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15 cm² dan diameter masing-masing serabut kabel 0,09 mm², 0,13 mm² dan 0,16 mm² yang diukur menggunakan alat ukur *micrometer*.

Tahap kedua adalah proses pengujian serabut kabel menggunakan alat uji yang disebut *portable relay tester* tipe IP-R yang ada di Laboratorium Ketenagaan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia. *Portable relay tester* adalah sebuah alat ukur yang biasa digunakan oleh pihak PLN untuk menguji sebuah relay dan peralatan proteksi pada sistem distribusi. *Portable relay tester* dapat menguji kinerja dari relay dan dapat digunakan untuk pengujian pengaman lebur atau *fuse*. Sebelum melakukan pengujian, kita dapat menentukan settingan arusnya. Sedangkan untuk settingan nilai tegangannya secara otomatis akan ditampilkan pada alat tersebut sesuai dengan nilai arusnya.

3.2 Diagram Blok Penelitian

Diagram blok pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1 Diagram blok penelitian

A. Trafo AC 100 V

Pada penelitian ini menggunakan trafo AC tipe DT-2000 dengan *input* AC 127 V, 220 V, 230 V dan *output* AC 100 V. Gambar 3.2 adalah trafo AC 100 V beserta spesifikasinya



Gambar 3.2 Trafo AC 100 V

B. Portable Relay Tester Tipe IP-R

Pada penelitian ini *portable relay tester* digunakan untuk menguji serabut kabel sebagai pengaman lebur. Alat ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu *Meter Operating Unit* dan *Voltage Regulator*. Gambar 3.3 adalah *portable relay testertipe* IP-R yang digunakan sebagai alat pengujian didalam penelitian



Gambar 3.3 Portable relay tester tipe IP-R

C. Microswitch

Pada penelitian ini, *microswitch* digunakan sebagai alat bantu yang dirangkai dengan *portable relay tester*. *Microswitch* adalah sebuah saklar listrik apabila ditekan akan berpindah ke keadaan lainnya dan bila dilepas akan kembali ke keadaan semula. *Microswitch* mempunyai dua macam sistem kerja yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). *Normally Close* terjadi pada saat *switch* tidak tertekan (ON). Sebaliknya, pada saat

switch tertekan, kondisi *switch* tidak terhubung (OFF). Sedangkan *Normally Open* adalah kebalikan dari *Normally Close*. Gambar 3.4 adalah *microswitch* yang digunakan didalam penelitian



Gambar 3.4 *Microswitch*

D. Pengujian Serabut Kabel Sebagai Pengaman Lebur

Pada tahap ini adalah pengambilan data di Laboratorium Ketenagaan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap serabut kabel yang telah disiapkan sebelumnya.

Sebelum melakukan pengambilan data, terlebih dahulu merangkai alat *Portable relay tester* serta trafo AC 100V sesuai dengan *manual book*. Untuk menguji serabut kabel sebagai pengaman lebur dibutuhkan sebuah alat bantu yaitu *microswitch*.

Setelah *microswitch* dirangkai dengan *portable relay tester* serta trafo 100V, kemudian serabut kabel dihubungkan antara tombol saklar dan kabel *ground* pada *portable relay tester*. Dengan menekan tombol *switch* yang telah dipasang serabut kabel yang terhubung ke *ground*, maka serabut kabel tersebut akan melebur (putus) atau hanya berubah warna saja, tergantung dari jumlah serabut kabel yang digunakan ketika pengujian dan seberapa besar arus yang mengalirinya. Hasil dari pengujian tersebut akan muncul pada layar lcd yang terdapat pada *portable relay tester* berupa *timer* atau waktu yang menampilkan rincian lamanya serabut kabel melebur.

E. Membuat Kurva Karakteristik Arus Waktu

Pada tahap ini adalah membuat kurva karakteristik arus waktu dari data hasil pengujian serabut kabel menggunakan *software microsoft excel*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan pada segi karakteristik arus waktu dari serabut kabel sebagai pengaman lebur. Hasil dari penelitian ini yang nantinya akan dijadikan sebagai informasi dan ilmu pengetahuan tentang serabut kabel sebagai pengaman lebur. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali setiap masing-masing serabut kabel yang diujikan.

4.1 Hasil Pengujian Serabut Kabel

4.1.1 Data Hasil Pengujian 1 Serabut Kabel

Tabel 4.1 adalah data hasil pengujian serabut kabel dengan berbagai variasi arus untuk mendapatkan waktu lebur dari serabut kabel yang diuji. Serabut kabel yang diuji adalah 1 serabut dan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari serabut kabel tersebut.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian 1 serabut kabel

No	Jumlah serabut kabel	Settingan Arus (A)	Tegangan (V)	Waktu peleburan (detik)			
				Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
1.	1	2 A	20 V	38,38	25,27	29,36	31
		3 A	30 V	2,45	4,69	2,89	3,43
		4 A	40 V	0,48	0,83	0,99	0,76
		5 A	52 V	0,49	0,34	0,40	0,41
		6 A	62 V	0,30	0,32	0,31	0,31
		7 A	74 V	0,22	0,24	0,23	0,23
		8 A	84 V	0,18	0,16	0,18	0,17
		9 A	94 V	0,13	0,12	0,12	0,12

4.1.2 Data Hasil Pengujian 2 Serabut Kabel

Tabel 4.2 adalah data hasil pengujian serabut kabel dengan berbagai variasi arus untuk mendapatkan waktu lebur dari serabut kabel yang diuji. Serabut kabel yang diuji adalah 2 serabut dan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari serabut kabel tersebut.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian 2 serabut kabel

No	Jumlah serabut kabel	Settingan Arus (A)	Tegangan (V)	Waktu peleburan (detik)			
				Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
1.	2	2 A	20 V	-	-	-	-
		3 A	30 V	-	-	-	-
		4 A	40 V	50,53	60,81	78,95	64,09

No	Jumlah serabut kabel	Settangan Arus (A)	Tegangan (V)	Waktu peleburan (detik)			
				Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
1.	2	5 A	52 V	15,65	19,78	20,80	18,74
		6 A	62 V	1,61	2,85	2,17	2,21
		7 A	72 V	1,06	1,07	1,35	1,16
		8 A	82 V	0,59	0,76	0,79	0,71
		9 A	92 V	0,65	0,69	0,71	0,68

4.1.3 Data Hasil Pengujian 3 Serabut Kabel

Tabel 4.3 adalah data hasil pengujian serabut kabel dengan berbagai variasi arus untuk mendapatkan waktu lebur dari serabut kabel yang diuji. Serabut kabel yang diuji adalah 3 serabut dan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari serabut kabel tersebut.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian 3 serabut kabel

No	Jumlah serabut kabel	Settangan Arus (A)	Tegangan (V)	Waktu peleburan (detik)			
				Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
1	3	2 A	20 V	-	-	-	-
		3 A	30 V	-	-	-	-
		4 A	40 V	-	-	-	-
		5 A	50 V	-	-	-	-
		6 A	62 V	17,157	16,89	18,48	17,50
		7 A	72 V	3,24	3,69	5,23	4,08
		8 A	82 V	2,36	2,42	2,50	2,42
		9 A	92 V	2,16	1,94	1,82	1,97

4.1.4 Data Hasil Pengujian *Fuse Link* Merk Kearney

Tabel 4.4 adalah data hasil pengujian *fuse link* pabrikan merk Kearney dengan mengambil beberapa *sampel rating* arus sebagai bahan pengujian.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian *fuse link* merk Kearney

No.	Arus <i>fuse link</i>	Settangan Arus (A)	Waktu peleburan (detik)
1	2 A	2 A	53,6
2	3 A	3 A	39,4
3	4 A	4 A	32,1
4	5 A	5 A	27,2
5	6 A	6 A	21,7

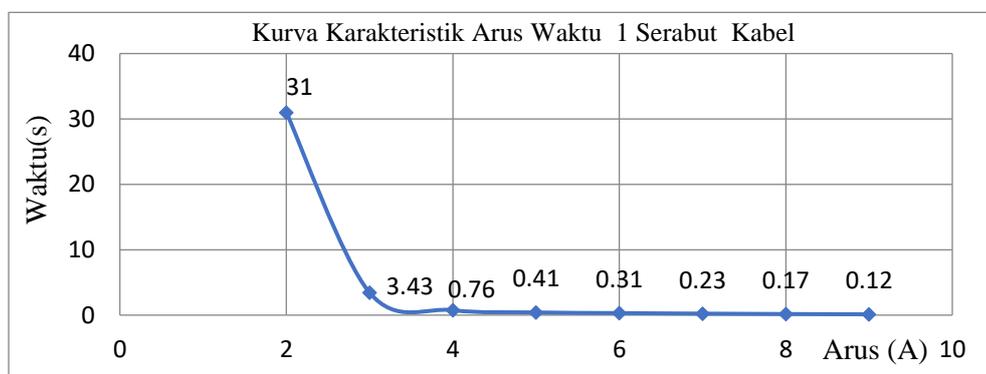
Pada pengujian terhadap *fuse link* pabrikan, waktu lebur yang didapatkan cukup tinggi jika dibandingkan dengan serabut kabel. Hasil yang diperoleh tidak bisa dijadikan patokan untuk menentukan kualitas maupun kerja dari pengaman lebur tersebut. Sebab, pengujian yang dilakukan di Laboratorium menggunakan alat *relay tester* dan trafo 100 V, dan settangan

arusnya sesuai dengan rating *fuse link*. Menurut standar SNI, *fuse link* yang dibuat dan diuji dengan arus yang berbeda dari *rating fuse link* untuk meleburkannya. Untuk meleburkan *fuse link* yang dibuat, nilai arus yang mengalirinya minimal 2 kali lebih besar dari *rating fuse link* tersebut. Hal tersebut dikarenakan, gangguan atau arus hubung singkat tidak tahu seberapa besar yang akan terjadi.

4.2 Kurva Karakteristik Arus Waktu Serabut Kabel

4.2.1 Kurva Karakteristik Arus Waktu 1 Serabut Kabel

Di bawah ini adalah hasil dari pengujian 2 serabut kabel, didapatkan hasil kurva karakteristik seperti Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Kurva karakteristik arus waktu 1 serabut kabel

Pada pengujian menggunakan 1 serabut kabel didapatkan hasil kurva karakteristik arus waktu seperti Gambar 4.1. Pada kurva tersebut dapat dilihat bahwa serabut kabel mulai lebur/putus pada settingan arus 2 A dengan waktu lebur rata-rata 31 detik. Kemudian ketika arus di *setting* 3 A, serabut kabel melebur/putus dengan waktu rata-rata 3,43 detik, begitu seterusnya. Dari hasil tersebut, semakin besar nilai arus yang mengalir serabut kabel maka akan semakin cepat pula serabut kabel tersebut akan lebur/putus.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan saat pengujian, serabut kabel tidak langsung melebur, tetapi terlebih dahulu berubah warna menjadi kemerahan atau disebut juga dengan arus leleh minimum. Namun, perubahan warna tersebut tergantung dari banyaknya jumlah serabut yang diujiserta settingan arusnya.

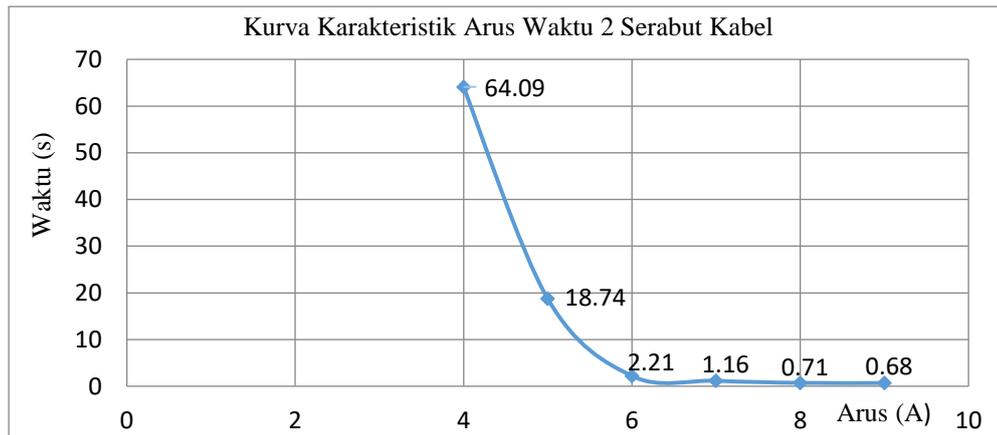
Pada Gambar 4.1, puncak pemutusan maksimum pada pengujian 1 serabut kabel terjadi saat arus yang di *setting* 3 A dengan waktu peleburan 3,43 detik. Hal tersebut dapat dilihat dari perubahan bentuk garis pada gambar kurva.

Pada pengujian 1 serabut kabel, ketika arus di *setting* 2 A dan 3 A dapat diketahui nilai arus leleh minimumnya, yaitu 0,3 detik sampai 0,6 detik. Sedangkan untuk 4 A

sampai dengan 9A hampir tidak terhitung waktu leleh/lebur minimumnya, dikarenakan waktu lebur minimumnya dibawah 0,1 detik (dibawah standar). Standar arus leleh minimum dari pengaman lebur atau *fuse cut out* tipe K adalah 0,1 detik (Standar Nasional Indonesia).

4.2.2 Kurva Karakteristik Arus Waktu 2 Serabut Kabel

Di bawah ini adalah hasil dari pengujian 2 serabut kabel, didapatkan hasil kurva karakteristik seperti Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Kurva karakteristik arus waktu 2 serabut kabel

Pada pengujian menggunakan 2 serabut kabel didapatkan hasil kurva karakteristik arus waktu seperti Gambar 4.2. Pada kurva tersebut dapat dilihat bahwa serabut kabel mulai lebur/putus pada settingan arus 4A dengan waktu lebur rata-rata 64,09 detik. Kemudian ketika arus di *setting* 5A, serabut kabel melebur/putus dengan waktu rata-rata 18,74 detik, begitu seterusnya. Dari hasil tersebut, semakin besar nilai arus yang mengalir serabut kabel maka akan semakin cepat pula serabut kabel tersebut akan lebur/putus.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan saat pengujian, serabut kabel tidak langsung melebur, tetapi terlebih dahulu berubah warna menjadi kemerahan atau disebut juga dengan arusleleh minimum. Namun, perubahan warna tersebut tergantung dari banyaknya jumlah serabut yang diuji serta settingan arusnya. Ketika serabut kabel melebur/putus terdapat percikan api atau *arching*.

Pada Gambar 4.2, puncak pemutusan maksimum pada pengujian 2 serabut kabel terjadi saat arus yang di *setting* 5A dengan waktu peleburan 18,74 detik. Hal tersebut dapat dilihat dari perubahan bentuk garis pada gambar kurva.

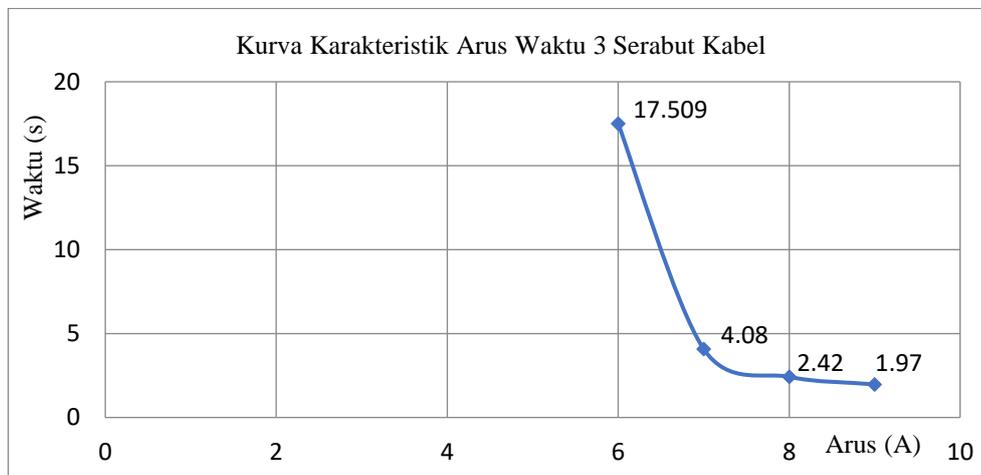
Pada pengujian 2 serabut kabel, ketika arus di *setting* 2A dan 3A tidak terjadi peleburan pada serabut yang diuji. Hal itu dikarenakan, serabut kabel hanya dialiri oleh

arus yang kecil sehingga tidak cukup kuat untuk meleburkannya. Serabut kabel mulai melebur ketika arus di *setting* 4A sampai 9A.

Pada pengujian menggunakan 2 serabut kabel, arus leleh minimum yang dapat diketahui ketika settingan arus 4A sampai 7A, yaitu sebesar 0,3 detik sampai 0,7 detik. Sedangkan saat settingan arus 8A dan 9A hampir tidak terhitung, karena nilainya dibawah standar. Standar arus leleh minimum dari pengaman lebur atau *fuse cut out* tipe K adalah 0,1 detik (Standar Nasional Indonesia).

4.2.3 Kurva Karakteristik Arus Waktu 3 Serabut Kabel

Di bawah ini adalah hasil dari pengujian 3 serabut kabel, didapatkan gambar kurva karakteristik seperti Gambar 4.3:



Gambar 4.3 Kurva karakteristik arus waktu 3 serabut kabel

Pada pengujian menggunakan 3 serabut kabel didapatkan hasil kurva karakteristik arus waktu seperti Gambar 4.3. Pada kurva tersebut dapat dilihat bahwa serabut kabel tidak melebur saat arus di *setting* 2A, 3A, 4A dan 5A. Hal itu dikarenakan jumlah serabut kabel yang diuji bertambah banyak sedangkan arus yang mengalir masih kecil, sehingga serabut kabel tidak melebur. Serabut kabel mulai lebur/putus pada settingan arus 6A dengan waktu lebur rata-rata 17,509 detik. Kemudian pada settingan arus 7A, serabut kabel melebur/putus dengan rata-rata waktu peleburan 4,08 detik, begitu juga seterusnya. Jadi, semakin banyak jumlah serabut yang digunakan pada pengujian, maka arus yang mengalir serabut tersebut juga harus cukup besar agar serabut kabel dapat melebur.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan saat pengujian, serabut kabel tidak langsung melebur, tetapi terlebih dahulu berubah warna menjadi kemerahan atau disebut juga dengan arusleleh minimum. Namun, perubahan warna tersebut tergantung dari banyaknya jumlah

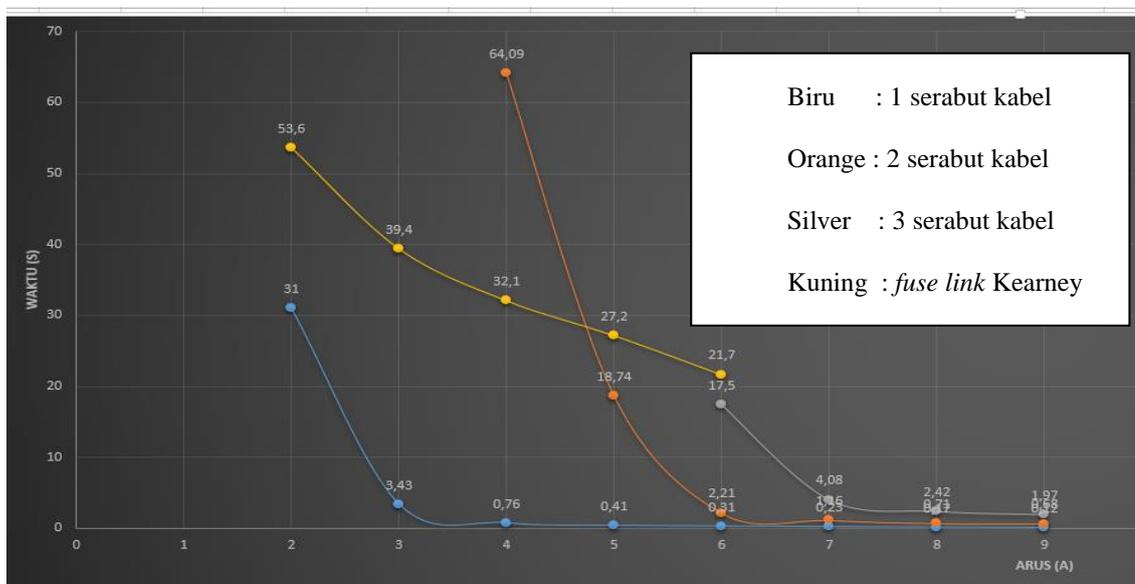
serabut yang diujiserta settingan arusnya. Ketika serabut kabel melebur/putus terdapat percikan api atau *arching*.

Pada Gambar 4.3, puncak pemutusan maksimum pada pengujian 3 serabut kabel terjadi saat arus yang di *setting* 7A dengan waktu peleburan 4,08 detik. Hal tersebut dapat dilihat dari perubahan bentuk garis pada gambar kurva.

Pada pengujian menggunakan 3 serabut kabel, arus leleh minimum yang dapat diketahui ketika settingan arus 6A sampai 8A, yaitu sebesar 0,3 detik sampai 0,5 detik. Sedangkan saat settingan arus 9A hampir tidak terhitung, karena nilainya dibawah standar. Standar arus leleh minimum dari pengaman lebur atau *fuse cut out* tipe K adalah 0,1 detik (Standar Nasional Indonesia).

Pengaman lebur bekerja melalui 3 proses yaitu arus leleh minimum, arus leleh maksimum dan pemadaman total. Arus leleh minimum terjadi beberapa saat sebelum pengaman lebur mengalami peleburan, dan ketika sudah terjadi peleburan disebut dengan arus leleh/lebur maksimum. Sedangkan pemadaman totalnya terjadi beberapa detik bahkan menit setelah arus leleh/lebur maksimum terjadi, tergantung tipe lebur cepat atau lambat. Pemadaman total berfungsi untuk memulihkan peralatan setelah ada gangguan atau hubung singkat, yang ditandai dengan meleburnya pengaman lebur. Sehingga tidak terjadi kerusakan pada peralatan listrik.

4.2.4 Kurva Perbandingan Hasil Pengujian



Gambar 4.4 Kurva perbandingan hasil pengujian serabut kabel dan pengujian *fuse link* merk Kearney

4.3 Nilai Rapat Arus

4.3.1 Nilai Rapat Arus Hasil Pengujian Serabut Kabel

Dari pengujian menggunakan 1 serabut kabel, diketahui diameter serabut kabel 0,09 mm² dan diperoleh luas penampang 0,006 mm². Hasil tersebut diperoleh dari:

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,045)^2 \\ &= 0,006 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka, didapatkan nilai rapat arus seperti Tabel 4.5:

Tabel 4.5 Nilai rapat arus 1 serabut kabel

Setingan arus (A)	Nilai rapat arus (Amp/mm ²)
2 A	333,3
3 A	500
4 A	666,6
5 A	833,3
6 A	1000
7 A	1166,6
8 A	1333,3
9 A	1500

Dari pengujian menggunakan 2 serabut kabel diketahui diameter serabut kabel 0,13 mm² dan luas penampang serabut kabel 0,013 mm², hasil tersebut diperoleh dari :

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,065)^2 \\ &= 0,013 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka, didapatkan nilai rapat arus seperti Tabel 4.6:

Tabel 4.6 Nilai rapat arus 2 serabut kabel

Setingan arus (A)	Nilai rapat arus (Amp/mm ²)
2 A	153,8
3 A	230,7
4 A	307,6
5 A	384,6
6 A	461,5
7 A	538,4
8 A	615,3
9 A	692,3

Dari pengujian menggunakan 3 serabut kabel diketahui diameter serabut kabel 0,16 mm² dan luas penampang serabut kabel 0,020 mm², hasil tersebut diperoleh dari :

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,08)^2 \\ &= 0,020 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka, didapatkan nilai rapat arus seperti Tabel 4.7:

Tabel 4.7 Nilai rapat arus 3 serabut kabel

Settingan arus (A)	Nilai rapat arus (Amp/mm ²)
2 A	100
3 A	150
4 A	200
5 A	250
6 A	300
7 A	350
8 A	400
9 A	450

4.3.2 Nilai Rapat Arus Fuse Link Merk Kearney

Dibawah ini adalah hasil nilai arus rapat dari *fuse link* yang ada di pasaran, salah satunya adalah merk Kearney dengan panjang *fuse link* sekitar 20 cm dan diameter ±0,25 mm² dan luas penampangnya 0,049 mm², hasil tersebut diperoleh dari:

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,125)^2 \\ &= 0,049 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka, didapatkan nilai rapat arus seperti Tabel 4.8:

Tabel 4.8 Nilai rapat arus *fuse link* merk Kearney

Arus <i>fuse link</i>	Nilai rapat arus (Amp/mm ²)
2 A	40,8
3 A	61,2
4 A	81,6
5 A	102
6 A	122,4

Tabel 4.8 merupakan beberapa *sample* nilai rapat arus dari *fuse link* merk Kearney yang dicari dan dihitung secara manual. Perbandingan nilai rapat arus antara pengujian serabut kabel dan pengujian *fuse link* pabrikan nilainya tidak begitu jauh, dikarenakan nilai rapat arus tergantung dari diameter dan luas penampang kawat/kabel.

Dari hasil pengujian menggunakan 1 serabut, 2 serabut, 3 serabut dan pengujian beberapa sample *fuse link* dengan berbagai *rating* yang dijual dipasaran, hasil yang diperoleh kemudian di analisa dan dibandingkan. Setelah dilihat hasilnya, hasil yang didapat berbeda cukup jauh antara pengujian serabut kabel dan *fuse link* pabrikan. Perbedaan yang signifikan pada karakteristik waktu peleburannya, tetapi nilai arus leleh minimumnya berbeda sedikit antara arus leleh minimum dari pengujian serabut kabel dan pengujian *fuse link* pabrikan.

Dari hasil uji ke 3 serabut kabel seperti yang sudah dijelaskan diatas, arus leleh minimum yang terjadi 0,3 detik sampai 0,7 detik. Sedangkan nilai arus leleh minimum hasil uji *fuse link* pabrikan 0,1 detik sampai 0,2 detik, hal ini dikarenakan perbedaan antara bahan yang digunakan pada penelitian. Bahan serabut kabel yang digunakan adalah bahan yang memiliki tingkat peleburan yang rendah (lebih keras), sedangkan bahan yang digunakan pada *fuse link* pabrikan adalah memiliki tingkat peleburan yang tinggi (mudah melebur).

Selain perbedaan jenis bahan yang digunakan, ukuran serabut kabel dan juga bahan *fuse link* buatan pabrikan juga cukup jauh berbeda, baik luas penampang maupun diameternya. Hal itu yang menyebabkan waktu leburnya berbeda cukup signifikan. Meskipun waktu lebur dari *fuse link* pabrikan lebih lama dari bahan serabut yang digunakan, tetapi pada dasarnya waktu lebur dari *fuse link* pabrikan lebih cepat melebur. Sebagai contoh, *fuse link* 6A standar pabrikan dan SNI, agar mendapatkan nilai arus leleh minimum yang sesuai standar 0,1 detik atau 300 detik, maka akan diuji dengan dialiri arus minimal 14A untuk meleburkannya. Hal itu dikarenakan, agar *fuse link* dapat bekerja lebih optimal dan menyesuaikan gangguan serta arus hubung singkat yang tidak tahu seberapa besarnya.

Setelah ketiga hasil pengujian serabut kabel yang didapatkan dianalisa dan dibandingkan dengan data hasil pengujian *fuse link* pabrikan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa serabut kabel dengan jenis bahan tembaga yang diuji sebagai pengaman lebur kurang memadai dan kurang baik segi kelayakannya. Berbeda dengan bahan *fuse link* buatan pabrikan, karena bahan yang digunakan adalah bahan yang lebih mudah meleleh. Hal tersebut bertujuan agar ketika terjadi gangguan atau arus hubung singkat pengaman lebur dapat secepat mungkin bekerja sesuai dengan fungsinya.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang dilakukan dalam pengujian serabut kabel sebagai pengaman lebur, dengan mencari karakteristik arus waktu serta mencari nilai rapat arusnya dari serabut kabel yang diuji, dimana pengujian dilakukan menggunakan *portable relay tester* tipe IP-R maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian menggunakan 1 serabut kabel waktu lebur yang didapatkan mayoritas sangat cepat, yaitu dengan rata-rata waktu lebur dibawah 1 detik, sehingga waktu arus leleh minimumnya sulit diketahui. Dari hasil tersebut, pengujian menggunakan 1 serabut kabel tingkat kelayakannya belum mencukupi standar.
2. Pengujian menggunakan 2 serabut kabel waktu lebur yang didapatkan sudah cukup baik secara data statistik, waktu arus leleh minimumnya dapat diketahui yaitu 0,3 detik sampai 0,7 detik (Standar arus leleh minimum adalah 0,1 detik). Pengujian menggunakan 2 serabut kabel sudah lumayan baik hasil yang didapat, meskipun belum sepenuhnya mendekati standar.
3. Pengujian menggunakan 3 serabut kabel waktu lebur yang didapatkan sudah baik secara data statistik, dan arus leleh minimumnya adalah yang paling kecil jika dibandingkan dengan pengujian menggunakan 1 serabut dan 2 serabut. Arus leleh minimum yang didapatkan adalah 0,2 detik sampai 0,5 detik (Standar arus leleh minimum adalah 0,1 detik). Pengujian menggunakan 3 serabut kabel yang paling baik dan mendekati standar, meskipun dari segi kelayakannya belum bisa dibilang mencukupi.
4. Waktu lebur yang didapat dari pengujian *fuse link* pabrikan stabil dan normal, arus leleh minimum yang didapat 0,1 detik sampai 0,2 detik.

5.2 Saran

Penelitian yang dilakukan oleh penulis hanya mencari karakteristik arus waktu dari serabut kabel sebagai pengaman lebur, mencari nilai arus rapat dari serabut kabel tersebut dan membandingkannya dengan salah satu produk *fuse link* yang dijual secara komersial di pasaran serta mencoba menarik sebuah kesimpulan apakah layak misalkan digunakan sebagai pengaman lebur. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya lebih memperhatikan tingkat efektifitas, kelayakan sebagai pengaman lebur dan juga pemilihan komposisi bahan yang

tepat, serta tingkat ketelitian dan kecermatan yang lebih baik didalam penelitian agar data yang diperoleh lebih akurat dan lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Setiono dan D. Prasetyo, "Sistem Pengamanan Penyaluran Energi Listrik Satu Fasa Tegangan Rendah Dengan Menggunakan *Fuse Cut Out*," Universitas Diponegoro, Semarang, 2016.
- [2] W. A. Nugroho dan M. Facta, "Koordinasi Penempatan Peralatan Proteksi Jenis Arus Lebih (OCR) dan Pelebur (FCO) di Penyulang 20 kV dari GI 150/20 kV Mrica Banjarnegara," Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [3] H. Nugroho dan I. Setiono, "Koordinasi *Recloser* dengan FCO Sebagai Bagian Pengaman Terhadap Gangguan Arus Lebih," Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [4] SPLN-64, Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah, Jakarta, 1985.
- [5] M. Nojavan, H. Seyedi, A. Mahari dan K. Zare, "*Optimization of Fuse-Recloser Coordination and Dispersed Generation Capacity in Distribution Systems*," University of Tabriz, Iran, 2013.
- [6] C. M. R. Kishore, "*Concept and Working of Different Type of Fuses-Protection From Short Circuit Damages*," Departement Rise Group of Institutions Ogole-523001, India, 2014.
- [7] P. dan R. M. Agung, "Analisa PMT Trip pada Penyulang Tambak Lorok 7 yang Disebabkan oleh Putusnya FCO Pengaman Trafo 3 Fasa di Tiang U7-72," Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.