



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN *ARC FLASH* PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT. HEINZ ABC INDONESIA**

Widho Wahyu Mahardika
NRP 0711174500063

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - EE 184801

**PROTECTION COORDINATION STUDY WITH
CONSIDERING ARC FLASH ON ELECTRICITY SYSTEM
PT. HEINZ ABC INDONESIA**

Widho Wahyu Mahardika
NRP 07111745000063

Advisor
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,M.Sc.

Departement of Electrical Engineering
Faculty of Electrical Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2019

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Studi koordinasi proteksi dengan mempertimbangkan *arc flash* pada sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Surabaya, 1 Juli 2019



Widho Wahyu Mahardika
NRP. 07111745000063

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN ARC FLASH PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT. HEINZ ABC INDONESIA**

TUGAS AKHIR

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

**SURABAYA
JULI, 2019**

**DEPARTEMEN
TEKNIK ELEKTRO**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

STUDI KOORDINASI PROTEKSI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *ARC FLASH* PADA SISTEM KELISTRIKAN PT. HEINZ ABC INDONESIA

Nama : Widho Wahyu Mahardika
Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Pembimbing II : Dr.Eng. I Made Yulistya Negara,ST., M.Sc.

ABSTRAK

PT. Heinz ABC Indonesia berada di jalan Randupitu-Gunung Gangsir, Penampon, Wonokoyo, Bangil, Pasuruan, Jawa Timur adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri makanan dan minuman. Sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia di suplai oleh PLN dan sebagai alternatif menggunakan 3 genset dengan kapasitas masing-masing 425 kW. Apabila terjadi gangguan(pemadaman) di salah satu area yang menyebabkan area lain menjadi padam maka proses produksi terhenti. Hal tersebut akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan dan kerusakan pada peralatan. Untuk mengatasi adanya gangguan seperti hubung singkat diperlukan sistem proteksi yang terkoordinasi dengan baik dengan mempertimbangkan *arc flash*. Sehingga tidak hanya peralatan yang dilindungi tetapi juga para pekerja dari bahaya *arc flash*. Pengaman yang digunakan untuk melindungi peralatan yaitu pengaman LVCB. Untuk menganalisa bahaya *arc flash* serta jarak aman bagi pekerja yaitu dengan perhitungan *incident energy* menggunakan standar IEEE 1584-2002 dan NFPA-70E 2015. *Software* untuk simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6. Setelah melakukan *resetting* nilai insiden energi ada penurunan pada Bus-Beban PLN1 yaitu 2,293 cal/cm².

Kata kunci: *Arc Flash*, Koordinasi Proteksi, Pengaman LVCB, *Incident Energy*.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

PROTECTION COORDINATION STUDY WITH CONSIDERING ARC FLASH ON ELECTRICITY SYSTEM PT. HEINZ ABC INDONESIA

Name : Widho Wahyu Mahardika
1st Advisor : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
2nd Advisor : Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,M.Sc.

ABSTRACT

PT. Heinz ABC Indonesia is on Randupitu-Gunung Gangsir, Penampon, Wonokoyo, Bangil, Pasuruan, East Java, a company engaged in the food and beverage industry. Electrical system of PT. Heinz ABC Indonesia is supplied by PLN and as an alternative uses 3 generators with a capacity of 425 kW each. If there is a disturbance (blackout) in one area that causes other areas to go out, the production process will stop. This will cause losses to the company and damage to the equipment. To overcome the existence of interference such as short circuit, a well-coordinated protection system is needed by considering the flash arc. So that not only the equipment is protected but also the workers from the danger of arc flash. Safety is used to protect equipment, namely LVCB secure. To analyze the arc flash hazards and safety distance for workers, namely incident energy calculations using the IEEE standards 1584-2002 and NFPA-70E 2015. Software for simulation using ETAP 12.6 software. After resetting the value of the energy incident there was a decrease in the Bus-Beban PLN1 is 2,293 cal / cm².

Keyword: Arc flash, Protection Of Coordination, LVCB Secure, Incident Energy.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Tiada kata kecuali panjatkan puja dan puji syukur kepada Allah SWT atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Studi Koordinasi Proteksi Dengan Mempertimbangkan *Arc Flash* Pada Sistem Kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia” terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan seluruh keluarga yang memberikan dukungan.
2. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng selaku Kepala Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, ITS Surabaya.
3. Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT selaku dosen pembimbing 1.
4. Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,M.Sc selaku pembimbing 2.
5. Seluruh teman-teman LJ Elektro yang telah membantu dan memberi dukungan.
6. Semua pihak yang membantu dan memberikan informasi, dukungan, dan nasehat.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada penyusunan tugas akhir ini. Kami mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak dan penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 1 Juli 2019

Penulis

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Proteksi Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.3 <i>Circuit Breaker</i> (CB).....	6
2.3.1 <i>Air Circuit Breaker</i> (ACB).....	7
2.3.2 <i>Moulded Case Circuit Breaker</i> (MCCB).....	7
2.4 Definisi <i>Arc Flash</i>	7
2.5 Perhitungan Energi Busur Api Menggunakan Standar IEEE 1584 – 2002.....	7
2.6 <i>Flash Protection Boundary</i> (Jarak Aman Pelindung).....	10
2.7 <i>Personal Protective Equipment</i>	11
BAB III SISTEM KELISTRIKAN	
PT. HEINZ ABC INDONESIA	15
3.1 Sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia.....	15
3.2 Data Peralatan.....	16
3.2.1 Data Genset.....	16

3.2.2	Data Transformator	16
3.2.3	Data Kabel	16
3.2.4	Data beban	18
3.2.5	Data <i>Circuit Breaker</i> (CB).....	19
BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA		21
4.1	Pemodelan Kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia	21
4.2	Tipikal Koordinasi pada PT. Heinz ABC Indonesia.....	21
4.3	Koordinasi Proteksi Pada Genset	21
4.4	Koordinasi Proteksi Pada Grid PLN(Trafo)	29
4.5	Perhitungan Insiden Energi Busur Api menggunakan Standar IEEE 1584-2002.....	35
4.6	Perhitungan Insiden Energi Busur Api menggunakan Standar IEEE 1584-2002 pada sistem <i>Resetting</i>	35
BAB V PENUTUP		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....		45
BIOGRAFI PENULIS.....		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Single Line Diagram</i> Sistem Kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia	15
Gambar 4.1	Tipikal Koordinasi Proteksi Pada PT. Heinz ABC Indonesia	22
Gambar 4.2	<i>Single Line Diagram</i> Tipikal 1	23
Gambar 4.3	Data Sistem Eksisting Tipikal 1.....	24
Gambar 4.4	Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 1	28
Gambar 4.5	<i>Single Line Diagram</i> Tipikal 2	29
Gambar 4.6	Data Sistem Eksisting Tipikal 2.....	30
Gambar 4.7	Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 2.....	34

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Classes of Equipment and Typical Bus Gaps</i>	8
Tabel 2.2	<i>Typical Working Distance</i>	9
Tabel 2.3	Faktor Untuk Peralatan Dan Kelas Tegangan	9
Tabel 2.4	<i>Personal Protective Equipment NFPA 70E-2015</i>	12
Tabel 3.1	Data kabel Grid PLN Pada PT. Heinz ABC Indonesia.....	16
Tabel 3.2	Data Kabel pada PT. Heinz ABC indonesia	17
Tabel 3.3	Data Beban pada PT. Heinz ABC indonesia	18
Tabel 3.4	Data CB pada PT. Heinz ABC indonesia	19
Tabel 4.1	Arus Hubung Singkat Maksimum Pada Genset	21
Tabel 4.2	Arus Hubung Singkat Minimum Pada Genset.....	23
Tabel 4.3	Arus Hubung Singkat Maksimum Pada PLN	30
Tabel 4.4	Arus Hubung Singkat Minimum Pada PLN	30
Tabel 4.5	Insiden Energi Eksisting Pada PLN.....	35
Tabel 4.6	Insiden Energi Eksisting Pada Genset	35
Tabel 4.7	Data Bus Untuk Perhitungan Insiden Energi Busur Api pada PLN.....	36
Tabel 4.8	Data Bus Untuk Perhitungan Insiden Energi Busur Api pada Genset	36
Tabel 4.9	Perbandingan hasil <i>eksisting</i> dan <i>resetting</i> Pada Genset	41
Tabel 4.10	Perbandingan hasil <i>eksisting</i> dan <i>resetting</i> Pada PLN.....	41
Tabel 4.11	PPE pada Genset.....	41
Tabel 4.12	PPE pada PLN	42

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Heinz ABC Indonesia, Pasuruan adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri makanan dan minuman. Dalam pemasaran produk tidak hanya didalam negeri tetapi juga luar negeri sehingga dibutuhkan produksi dalam jumlah besar. Target produksi untuk memenuhi permintaan pasar baik didalam negeri maupun luar negeri harus tercapai. Untuk itu diperlukan sistem kelistrikan yang handal agar kegiatan proses produksi dapat dilakukan secara terus-menerus. Apabila terjadi gangguan(pemadaman) di salah satu area yang menyebabkan area lain menjadi padam maka proses produksi terhenti. Hal tersebut akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan dan kerusakan pada peralatan. Kerugian yang dialami menjadi lebih besar karena rugi dalam produksi dan kerugian dalam pembelian peralatan baru.

Untuk mengatasi adanya gangguan seperti hubung singkat diperlukan sistem proteksi yang terkoordinasi dengan baik dengan mempertimbangkan *arc flash*. Sehingga tidak hanya peralatan yang dilindungi tetapi juga para pekerja dari bahaya *arc flash*. Jika para pekerja mengalami kecelakaan kerja maka akan juga menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena menjadi tidak produktif. Untuk mengetahui besarnya bahaya arc flash yaitu dengan perhitungan *incident energy* menggunakan standar IEEE 1584-2002. Dengan mengetahui *incident energy* maka dapat menentukan jarak aman bagi pekerja terhadap bahaya *arc flash*. Sehingga dapat menentukan peralatan pengaman yang digunakan untuk para pekerja. Dengan analisa koordinasi proteksi baik menggunakan software maupun perhitungan secara manual diharapkan dapat mencegah gangguan, melindungi peralatan, dan bahaya *arc-flash*. Software untuk simulasi menggunakan software ETAP 12.6.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang di bahas pada tugas akhir :

1. Bagaimana koordinasi pengaman dalam mengurangi insiden energi *arc flash*
2. Besar nilai insiden energi arc flash pada tegangan rendah 0,4 kV

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir :

1. Pengaman yang digunakan adalah LVCB pada tegangan 0,4 kV
2. Perhitungan insiden energi menggunakan standar IEEE 1584-2002.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir :

1. Pemodelan, mensimulasikan, dan menganalisa sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia, Pasuruan.
2. Mengetahui seberapa besar insiden energi *arc flash*
3. Untuk mengurangi insiden energi *arc flash*

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan teori yang dapat menunjang yaitu berupa buku, jurnal atau paper tentang koordinasi proteksi, arus hubung singkat dan *bahaya arc-flash*.
2. Pengumpulan Data
Pengumpulan data mengenai sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia. Data peralatan yang dibutuhkan dalam analisis tugas akhir.
3. Pemodelan Sistem
Data yang telah diperoleh kemudian dibuat pemodelan sistem dengan menggunakan software ETAP 12.6. Pemodelan yang dibuat yaitu sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia dan memasukkan data rating peralatan yang ada pada software ETAP 12.6.
4. Simulasi
Data yang sudah dimodelkan kemudian diolah untuk mengetahui keadaan awal sistem proteksi yang digunakan dan mengetahui bahaya *arc-flash*, melakukan resetting koordinasi untuk dapat mereduksi energi arc flash dengan software ETAP 12.6.

5. Analisis Data

Setelah dilakukan simulasi didapatkan *setting* koordinasi proteksi yang sesuai dan energi *arc-flash* yang terjadi. Analisa tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa besar bahaya arc-flash sehingga dapat menentukan jarak aman bagi pekerja.

6. Penyusunan Buku Tugas Akhir

Dalam penyusunan laporan buku dimulai dari studi literature, analisis data serta mendapatkan kesimpulan dari desain sistem proteksi PT. Heinz ABC Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan kerja praktek ini disusun dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, yang terdiri dari latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan, dan relevansi.

BAB II : Dasar Teori

Bab ini menjelaskan tentang proteksi dan gangguan sistem tenaga listrik, dan CB.

BAB III : SISTEM KELISTRIKAN

Bab ini menjelaskan tentang sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia Pasuruan

BAB IV : PEMBAHASAN

Membahas tentang simulasi koordinasi pengaman dan besarnya insiden energi *arc flash*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari tugas akhir yang telah dilakukan.

1.7 Relevansi

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan yaitu PT. Heinz ABC Indonesia untuk proteksi sistem kelistrikan dengan mempertimbangkan *arc-flash* sehingga dapat menjadi pertimbangan tentang sistem proteksi yang akan digunakan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dilakukan kepada peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada suatu sistem tenaga misalnya generator, transformator, jaringan transmisi/distribusi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri [1]. Kondisi abnormal dapat berupa seperti : overvoltage, undervoltage, hubung singkat, frekuensi sistem yang turun atau naik.

Sistem proteksi berfungsi untuk mengurangi kerusakan pada peralatan listrik yang di timbulkan oleh adanya gangguan. Reaksi dari perangkat proteksi yang cepat akibat adanya gangguan maka akan semakin sedikit kemungkinan kerusakan pada peralatan. Sistem proteksi juga berfungsi untuk mengamankan manusia terhadap bahaya atau ledakan yang ditimbulkan oleh listrik.

2.2 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem kelistrikan kemungkinan adanya gangguan yang disebabkan keadaan abnormal akan berpengaruh pada peralatan. Gangguan yang sering terjadi pada industri akan menyebabkan kerugian seperti proses produksi terhambat dan kerugian pada peralatan. Untuk menghindari hal tersebut diperlukan sistem proteksi yang handal.

Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu:

1. Gangguan yang berasal dari dalam sistem.
2. Gangguan yang berasal dari luar sistem.

Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain [5]:

1. Tegangan dan arus abnormal.
2. Pemasangan yang kurang baik.
3. Kesalahan mekanis karena proses penuaan.
4. Beban lebih
5. Kerusakan material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

Sedangkan untuk gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain [5]:

1. Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi terutama pada sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (breakdown).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

Bila ditinjau dari segi lamanya gangguan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam :

1. Gangguan yang bersifat temporer, gangguan yang sementara atau dapat hilang dengan sendirinya. Dengan memutuskan bagian yang mengalami gangguan dari sumber tegangannya. Jika gangguan tersebut tidak segera hilang, baik hilang dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat proteksi dapat berubah menjadi gangguan permanen.
2. Gangguan yang bersifat permanen, gangguan ini dimana untuk membebaskannya diperlukan adanya tindakan perbaikan atau dengan cara menyingkirkan penyebab dari gangguan tersebut. Jadi agar bisa dioperasikan kembali maka bagian yang rusak harus diganti atau diperbaiki terlebih dahulu.

2.3 Circuit Breaker (CB)

Circuit Breaker adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. Adapun macam dari Circuit Breaker yaitu [7] :

1. *MCB (Miniatur Circuit Breaker)*
2. *MCCB (Mold Case Circuit Breaker)*
3. *ACB (Air Circuit Breaker)*
4. *OCB (Oil Circuit Breaker)*
5. *VCB (Vacuum Circuit Breaker)*
6. *SF6CB (Sulfur Circuit Breaker)*

2.3.1 Air Circuit Breaker (ACB)

Air Circuit Breaker (ACB) merupakan jenis *circuit breaker* dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses *switching* maupun gangguan [7].

2.3.2 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mem-punyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan [7].

2.4 Definisi Arc Flash

Arc Flash merupakan dampak fisik dari adanya arcing fault. Arcing fault didefinisikan sebagai aliran arus listrik yang mengalir pada saluran yang seharusnya tidak teraliri arus (*arcing fault current*). Arus tersebut menciptakan sebuah plasma busur listrik dan melepaskan sejumlah energi yang berbahaya. Busur api listrik merupakan bagian dari arus listrik yang besar melalui udara yang terionisasi. Arc Flash merupakan hasil pelepasan energi yang berbahaya karena terciptanya plasma busur listrik antara fasa bus bar satu dengan fasa bus bar lainnya, netral atau *ground* [4].

2.5 Perhitungan Energi Busur Api Menggunakan Standar IEEE 1584 – 2002

Hal pertama yang harus dilakukan untuk mencari nilai energi busur api adalah dengan mencari nilai arus *arcing fault*. erdasarkan standar IEEE 1584-2002, menentukan nilai arcing current saat gangguan tiga fasa diperlukan untuk menentukan waktu operasi CB agar peralatan sistem dapat terlindungi. Persamaan untuk menentukan arcing current untuk sistem dibawah 1000 V adalah [3] :

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg I_{bf} + 0.0966 V + 0.000526 G + 0.5588 V (\lg I_{bf}) - 0.00304 G (\lg I_{bf}) \quad (2.1)$$

Persamaan dari Ia adalah :

$$I_a = 10^{\lg I_a} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Lg = Log₁₀

Ia = Arus *arcing* (kA)

K = Konstanta untuk konfigurasi terbuka = -0.153 dan konstanta untuk konfigurasi box = -0.097

Ig I_{bf} = *Bolted fault current* (symmetrical RMS) (kA)

V = Tegangan sistem (kV)

G = Jarak celah antar konduktor (mm)

Untuk menghitung besarnya insiden energi dibutuhkan parameter pendukung yang bisa dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 *Classes of Equipment and Typical Bus Gaps* [3]

<i>Classes of equipment</i>	<i>Typical Bus Gaps</i> (mm)
15kV <i>Switchgear</i>	152
5 kV <i>Switchgear</i>	104
Low-Voltage <i>Switchgear</i>	32
<i>Low voltages MCCs and panelboards</i>	25
<i>Cable</i>	13
<i>other</i>	<i>Not required</i>

Pertama cari log₁₀ insiden energy normal. Persamaan ini didasarkan pada data normal untuk waktu *arcing* 0,2 detik dan jarak *arc point* ke manusia sebesar 610 mm. Formula insiden energi bisa dilihat pada persamaan (2.3).

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1.081 \lg I_a + 0.0011 G \quad (2.3)$$

Keterangan :

En = insiden energi normal (J/cm²)

K1 = -0.792 untuk konfigurasi terbuka (*no enclosure*) for open air arcs
-0.555 untuk konfigurasi box (*enclosed equipment*) arc in a box

K2 = 0 untuk sistem *undergrounded and High-resistance grounded*
-0.113 untuk sistem *grounded*

G = Jarak / celah antar konduktor (mm)

Untuk mendapatkan nilai G bisa dilihat pada tabel 2.1.

Besar energi, bisa digunakan persamaan berikut :

$$E_n = 10^{lg E_n} \quad (2.4)$$

Untuk menghitung besarnya insiden energy bisa menggunakan persamaan 2.5

$$E = 4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right) \quad (2.5)$$

Keterangan :

E = Insiden energi, J/cm²

C_f = Faktor perhitungan 1.0 untuk tegangan diatas 1kV
1.5 untuk tegangan dibawah atau sama dengan 1kV)

E_n = Insiden energi normal

t = waktu arcing(detik)

x = Jarak kerja bisa dilihat pada tabel *Factor for equipment and voltage classes*

D = Jarak, mm bisa dilihat pada tabel *Working distance*

Tabel 2. 2 Typical Working Distance [3]

Classes of equipment	Typical working distance ^a (mm)
15kV <i>Switchgear</i>	910
5 kV <i>Switchgear</i>	910
Low-Voltage <i>Switchgear</i>	610
<i>Low voltages MCCs and panelboards</i>	455
<i>Cable</i>	455
<i>other</i>	<i>To be determined in field</i>

**Typical working distance* adalah kondisi diantara pekerja berdiri di depan peralatan, yang berpotensi menghasilkan busur api.

Tabel 2.3 Faktor Untuk Peralatan Dan Kelas Tegangan [3]

Level Tegangan (kV)	Jenis Peralatan	Gap antar konduktor (mm)	Jarak factor x (mm)
0.208-1	<i>Open air</i>	10-40	2.000
	<i>Switchgear</i>	32	1.473

Tabel 2.3 Faktor Untuk Peralatan Dan Kelas Tegangan [3] (Lanjutan)

Level Tegangan (kV)	Jenis Peralatan	Gap antar konduktor (mm)	Jarak factor x (mm)
	<i>MCC and panels</i>	25	1.641
	<i>Cable</i>	13	2.000
>1-5	<i>Open air</i>	102	2.000
	<i>Switchgear</i>	13-102	0.973
	<i>Cable</i>	13	2.000
>5-15	<i>Open air</i>	13-153	2.000
	<i>Switchgear</i>	153	0.973
	<i>Cable</i>	13	2.000

^ajarak factor x ini digunakan pada perhitungan insiden energi

2.7 Flash Protection Boundary (Jarak Aman Pelindung)

Flash protection Boundary adalah jarak personel pada area yang dapat menerima luka bakar diakibatkan busur api. Diasumsikan ketika kulit manusia dapat menerima 5.0 J/cm^2 dari insiden energi. Standar yang digunakan yaitu NFPA 70E-2015. Penjelasan lapisan *flash protection boundary* [6] :

- *Limited Approach Boundary* : batas pendekatan pada jarak bagian bertegangan dimana adanya bahaya sengatan listrik.
- *Restricted approach boundary* : batas pendekatan pada jarak dari bagian bertegangan dimana adanya peningkatan resiko *shock* yang diakibatkan busur listrik dari gerakan yang tidak disengaja oleh *engineer* yang berada pada area tersebut.
- *Prohibited Approach Boundary*
Batas perlindungan jarak dari bagian konduktor aktif dimana *Engineer* dianggap seperti melakukan kontak langsung dengan konduktor aktif pada area.
- *Flash Protection Boundary* Batas perlindungan, dimana besar insiden energy sama dengan 1.2 cal/cm^2 . pada area ini sangat berbahaya bagi *engineer* karena dapat menyebabkan luka paling parah ketika arcflash sedang berlangsung.

Perhitungan Flash protection boundaries bisa menggunakan persamaan (2.6) :

$$D_B = \left[4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- D_B = Batas jarak dari titik busur api (mm)
- C_f = Faktor perhitungan 1.0 untuk tegangan diatas 1kV
1.5 kV untuk tegangan dibawah atau sama dengan 1kV)
- E_n = Insiden energi normal
- E_B = Insiden energi dalam J/cm² pada jarak arcflash boundary
- t = waktu (detik)
- x = Jarak eksponen

untuk menentukan insiden energi bisa menggunakan metode lee seperti pada persamaan 2.22

$$D_B = \sqrt{2.142 \times 10^6 \times V \times I_{bf} \left(\frac{t}{D^2} \right)} \quad (2.7)$$

Keterangan :

- t = waktu arcing(detik)
- V = Tegangan sistem (kV)
- I_{bf} = *Bolted fault current* (kA)
- D_B = Jarak kerja batas dari titik *arcing* (mm)
- D = Jarak kerja (mm)

2.8 Personal Protective Equipment

Pada pengelompokkan PPE (*Personal Protective Equipment*) didasarkan nilai busur api yang didapat pada perhitungan insiden energi. Setelah diketahui insiden busur api maka akan diketahui kategori bahaya dan perlengkapan peralatan pelindung yang wajib digunakan. Standar PPE yang digunakan yaitu NFPA 70E-2015,yang digunakan sebagai standar pada area tertentu yang dapat menimbulkan terjadinya busur api. Berikut merupakan Tabel PPE sesuai standart NFPA 70E – 2015 yang bisa dilihat pada Tabel 2.4:

Tabel 2.4 *Personal Protective Equipment NFPA 70E-2015*

Kategori Resiko Bahaya	Level Minimum Busur Api (Cal/cm ²)	Peralatan Pelindung Diri
1	4	Kemeja Lengan Panjang
		Celana Panjang
		Pelindung Wajah
		Jaket Pelindung
		Helm Keselamatan
		Kacamata keselamatan
		Pengaman telinga
		Sarung tangan kulit
		Sepatu Kulit
		2
Celana Panjang		
Setelan anti busur api		
Jaket Pelindung		
Helm Keselamatan		
Kacamata keselamatan		
Pengaman telinga		
Sarung tangan kulit		
Sepatu Kulit		
3	25	Kemeja Lengan Panjang
		Celana Panjang
		Setelan anti busur api
		Jaket Pelindung
		Helm Keselamatan
		Kacamata keselamatan
		Pengaman telinga
		Sarung tangan kulit
		Sepatu Kulit
		4
Celana Panjang		
Setelan anti busur api		
Jaket Pelindung		
Helm Keselamatan		
Kacamata keselamatan		

Tabel 2.4 *Personal Protective Equipment NFPA 70E-2015(Lanjutan)*

Kategori Resiko Bahaya	Level Minimum Busur Api (Cal/cm ²)	Peralatan Pelindung Diri
		Pengaman telinga
		Sarung tangan kulit
		Sepatu Kulit
		Jaket tahan busur api

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

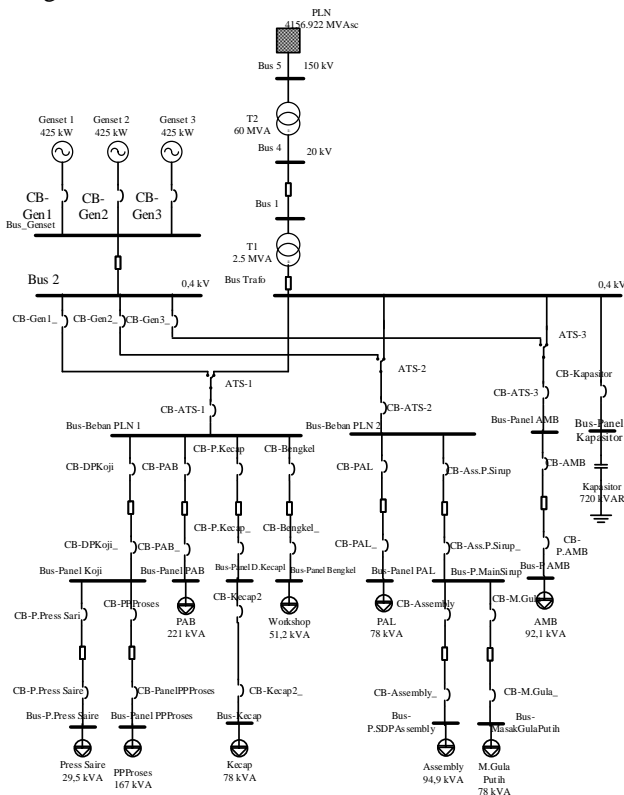
SISTEM KELISTRIKAN

PT. HEINZ ABC INDONESIA

3.1 Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia memiliki sistem kelistrikan yang disuplai PLN sebagai sistem utama dan genset digunakan sebagai alternatif yang terdiri dari 3 genset.

Gambar *single line diagram* dari PT. Heinz ABC Indonesia adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 *single line diagram* sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia.

3.2 Data Peralatan

Sistem kelistrikan pada PT. Heinz ABC Indonesia terdapat peralatan seperti genset, transformator, data kabel, dan data beban.

3.2.1 Data Genset

Genset yang dimiliki pada PT. Heinz ABC Indonesia yaitu 3 genset dengan kapasitas masing-masing sebesar 425 kW yang digunakan sebagai *back up* apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN.

3.2.2 Data Transformator

Data transformator yang digunakan adalah sebagai berikut :

Name plate trafo T1:

Daya		: 2,5 MVA
Volt	HV	: 20 kV
	LV	: 0,4 kV
Impedansi		: 7%
Type of cooling		: ONAN
Vector Group		: Dyn – 5
Temp. Rise oil/Winding °C		: 60/65

Name plate trafo T2:

Daya		: 60 MVA
Volt	HV	: 150 kV
	LV	: 20 kV
Impedansi		: 12,5%

3.2.3 Data Kabel

Data beban pada sistem kelistrikan pada PT. Heinz ABC Indonesia dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Data kabel Grid PLN pada PT. Heinz ABC indonesia

No	Bus Asal	Bus Tujuan	Kabel	
			Estimasi Panjang	Luas Penampang
1	Bus 4	Bus 1	5000m	120mm

Tabel 3.2 Data kabel pada PT. Heinz ABC indonesia

No	Panel	Bus Asal	Bus Tujuan	Kabel	
				Estimasi Panjang	Luas Penampang
1	PLN-1	Bus Trafo	Bus-PLN-1	60m	2x400mm
2	PLN-2	Bus Trafo	Bus-PLN-2	60m	2x400mm
3	PLN-AMB	Bus Trafo	Bus-Panel-AMB	60m	2x400mm
4	Genset-1	-	ATS-1	30m	2x400mm
5	Genset-2	-	ATS-2	30m	2x400mm
6	Genset-3	-	ATS-3	30m	2x400mm
7	Beban PLN-1	Bus-PLN-1	Bus-DP4/Panel PAB	100m	240mm
			Bus-Panel Koji/Fermentasi	120m	400mm
			Bus-P.Dis.Kecap 1	200m	500mm
			Bus-DP2/Panel Bengkel	300m	95mm
8	Bus Panel Koji/Fermentasi	Bus-Panel-Koji/Fermentasi	Bus-Panel-PP Proses	80m	120mm
			Bus-Panel-PP Press Saire	80m	95mm
9	Beban PLN-2	Bus-PLN-2	Bus-Panel-PAL1	300m	95mm
			Bus-Main-Sirup	180m	2x400mm
10	Panel Main Sirup	Bus-Main-Sirup	Bus-SDPAssembly	220m	400mm

Tabel 3.2 Data kabel pada PT. Heinz ABC indonesia(Lanjutan)

No	Panel	Bus Asal	Bus Tujuan	Kabel	
				Estimasi Panjang	Luas Penampang
11	Panel AMB	Bus-PLN-AMB	Bus-Panel-AMB	300m	300mm
12	R.Masak Gula Putih	Bus Main Sirup	Bus-M.GulaPutih (Ke beban panel)	60m	240mm

3.2.4 Data beban

Data beban pada sistem kelistrikan pada PT. Heinz ABC Indonesia dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.3 Data Beban pada PT. Heinz ABC indonesia

ID	Type	kVA
Press Saire	Lump Load	29,5
PPProses	Lump Load	167
PAB	Lump Load	221
Kecap	Lump Load	78
Workshop	Lump Load	51,2
PAL	Lump Load	78
Assembly	Lump Load	94,9
M. Gula Putih	Lump Load	78
AMB	Lump Load	92,1

3.2.5 Data *Circuit Breaker* (CB)

Data CB pada sistem kelistrikan pada PT. Heinz ABC Indonesia dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.4 Data CB pada PT. Heinz ABC indonesia

No	CB	Manufacturer	Model	Sensor ID (A)
1	CB-ATS-1	ABB (F2S)	SACE AR1	2500
2	CB-DP-Koji	ABB (S6N)	SACE PR211	600
3	CB-DP-Koji_	ABB (S6N)	SACE PR211	600
4	CB-PPProses	ABB (S5N)	SACE PR211	400
5	CB-PanelPPProses	ABB (S5N)	SACE PR211	400
6	CB-P.PressSari	ABB (S5N)	SACE PR211	400
7	CB-P.PressSaire	ABB (S5N)	SACE PR211	400
8	CB-PAB	ABB (S5N)	SACE PR211	400
9	CB-PAB_	ABB (S5N)	SACE PR211	400
10	CB-Kecap	ABB (S6H)	SACE PR212	800
11	CB-Kecap_	Merlin Gerin (C801N)	STR45AE	800
12	CB-Kecap2	Merlin Gerin (NS630N)	STR53UE	630
13	CB-Kecap2_	Merlin Gerin (NS630N)	STR53UE	630
14	CB-Bengkel	ABB (S3N)	-	250
15	CB-Bengkel_	ABB (S3N)	-	250
16	CB-ATS2	ABB (F2S)	SACE AR1	2500

Tabel 3.4 CB pada PT. Heinz ABC indonesia (Lanjutan)

No	CB	Manufacturer	Model	Sensor ID (A)
17	CB-PAL	ABB (T5N)	SACE PR221	600
18	CB-PAL_	Merlin Gerin (NS630N)	STR23SE	630
19	CB-Ass.P.Sirup	ABB (S7S)	SACE PR212	1200
20	CB-Ass.P.Sirup_	Merlin Gerin (C1251N)	STR35SE	1250
21	CB-Assembly	Merlin Gerin (NS630N)	STR53UE	630
22	CB-Assembly_	Merlin Gerin (NS630N)	STR53UE	630
23	CB-M.Gula	Merlin Gerin (NS400N)	STR53UE	400
24	CB-MasakGulaPutih	Merlin Gerin (NS400N)	STR53UE	400
25	CB-ATS3	Merlin Gerin (NS800N)	Micrologic 2.0	800
25	CB-AMB	ABB (S7S)	SACE PR211	1200
25	CB-P.AMB	Scheider Electric(NSX630)	Micrologic 2.3	630
25	CB-Kapasitor	ABB (S7S)	SACE PR211	1200

BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Pemodelan Kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia

Setelah semua data terkumpul maka selanjutnya melakukan memodelkan sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia. Data tersebut antara lain genset, transformator, data MCCB, kabel, dan beban. Pemodelan sistem digunakan untuk mempermudah analisa sistem. *Software* yang digunakan untuk pemodelan sistem yaitu *software* ETAP 12.6

Apabila pemodelan sistem kelistrikan sudah dilakukan pada software ETAP, maka bias dilakukan analisa hubung singkat yang digunakan sebagai parameter dalam menentukan koordinasi proteksi. Pada penelitian ini pengaman yang digunakan adalah low voltage circuit breaker (LVCB). Koordinasi proteksi yang dilakukan juga mempertimbangkan *arc flash* pada sistem kelistrikan PT. Heinz ABC Indonesia.

4.2 Tipikal Koordinasi pada PT. Heinz ABC Indonesia

Untuk mempermudah analisa koordinasi proteksi maka diperlukan pemilihan tipikal dalam analisa koordinasi proteksi. Untuk pemilihan tipikal menggunakan 2 kasus yaitu grid PLN dan genset. Berikut tipikal yang digunakan :

1. Tipikal 1 yaitu koordinasi antar pengaman mulai dari beban lump PPProses sampai genset.
2. Tipikal 2 yaitu koordinasi pengaman mulai beban *lump* PPProses sampai trafo (T1).

4.3 Koordinasi Proteksi Pada Genset

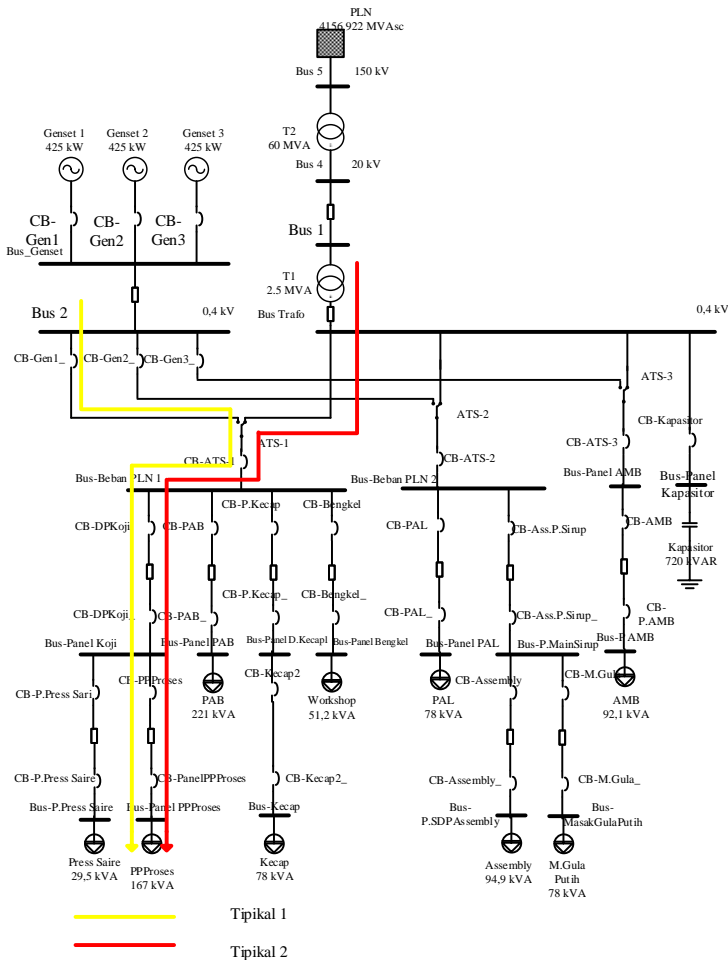
Pada tipikal 1 terdapat 4 MCCB dan 3 ACB yang disetting. Hal yang pertama adalah mengetahui arus hubung singkat pada setiap bus.

Tabel 4.1 Arus Hubung Singkat Maksimum Pada Genset

No	ID Bus	Arus Hubung Singkat (KA)
1	Panel PPProses	5.17
2	Panel Koji	7.31
3	Beban PLN1	11.09
4	Bus 2	11.09

Tabel 4.1 Arus Hubung Singkat Maksimum Pada Genset(Lanjutan)

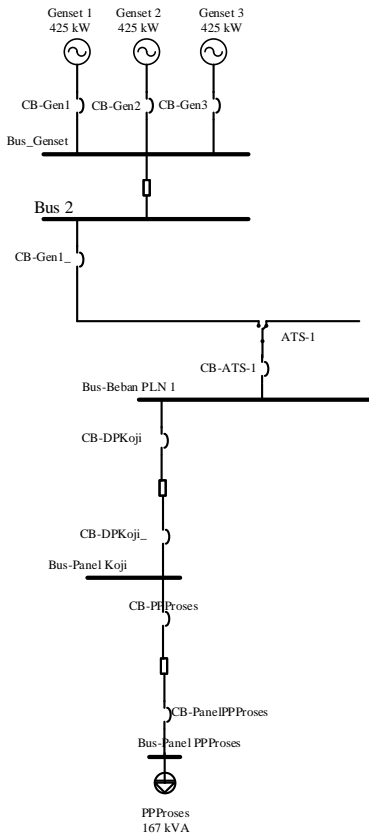
No	ID Bus	Arus Hubung Singkat (KA)
5	Genset	11.61



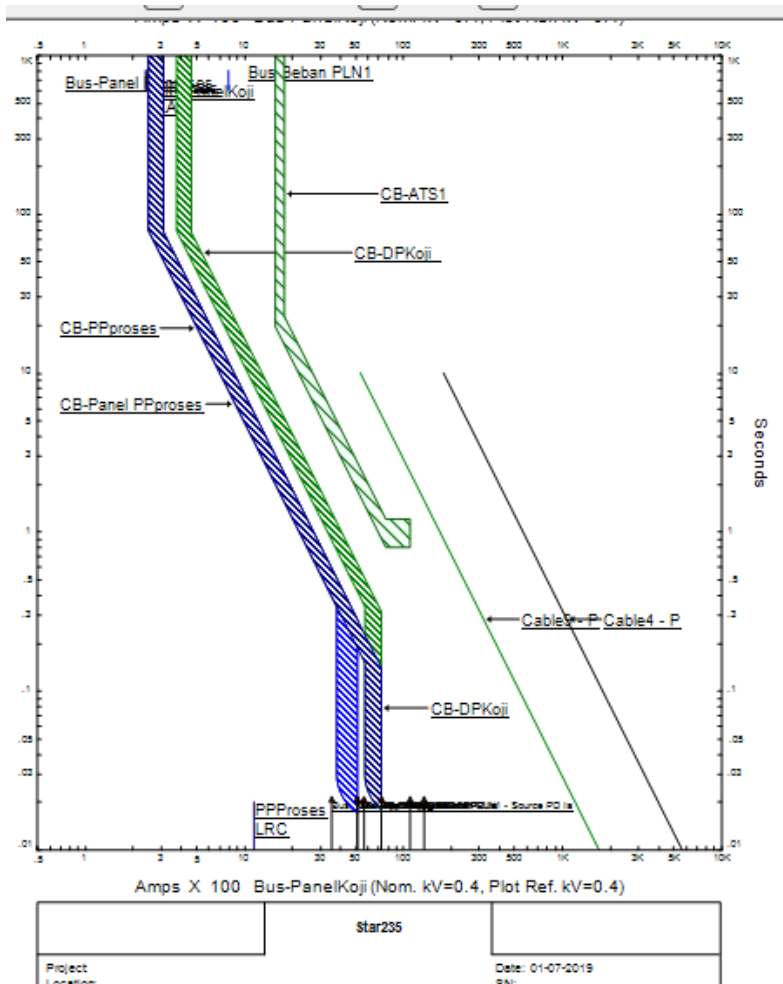
Gambar 4.1 Tipikal Koordinasi Proteksi Pada PT. Heinz ABC Indonesia.

Tabel 4.2 Arus Hubung Singkat Minimum Pada Genset

No	ID Bus	Arus Hubung Singkat (KA)
1	Panel PPProses	4.25
2	Panel Koji	5.63
3	Beban PLN1	7.78
4	Bus 2	7.78
5	Genset	8.13



Gambar 4.2 Single Line Diagram Tipikal 1



Gambar 4.3 Kurva Sistem Eksisting Tipikal 1

Pada kurva diatas koordinasi proteksi masih kurang baik karena CB-DP.Koji akan trip terlebih dahulu seharusnya yang trip terlebih dahulu adalah CB-PanelPPproses.

Tipikal 1 Genset *Resetting*

➤ CB- Panel PPProses

Merk : ABB
Tipe : S5N(400A)
FLA : 241 A
Isc min Bus Panel PPProses : 4,25 kA

Long Time

LT Pickup

$$\begin{aligned}1,05 \times FLA &< Iset < 1,4 \times FLA \\1,05 \times 241 &< Iset < 1,4 \times 241 \\253,05 &< Iset < 337,4 \\ \frac{253,05}{400} &< tap < \frac{337,4}{400} \\0,63 &< tap < 0,8435\end{aligned}$$

Dipilih Tap : 0,7
Iset : 280 A
LT Band : *curve A*

Inst.Pickup : 4
Iset : 1600 A

➤ CB- PPProses

Merk : ABB
Tipe : S5N(400A)
FLA 165-MC-281 : 241 A
Isc min Bus Panel PPProses : 4,25 kA

Long Time

LT Pickup

$$\begin{aligned}1,05 \times FLA &< Iset < 1,4 \times FLA \\1,05 \times 241 &< Iset < 1,4 \times 241 \\253,03 &< Iset < 337,4 \\ \frac{253,03}{400} &< tap < \frac{337,4}{400} \\0,63 &< tap < 0,8435\end{aligned}$$

Dipilih Tap : 0,7
Iset : 280 A
LT Band : *curve A*

Inst.Pickup : 6
Iset : 1600 A

➤ **CB- DPKoji_**

Merk : ABB
Tipe : S6N(630A)
FLA : 290 A
Isc min Bus-PanelKoji : 5.63 kA

Long Time
LT Pickup

$$\begin{aligned}1,05 \times FLA &< Iset < 1,4 \times FLA \\1,05 \times 290 &< Iset < 1,4 \times 290 \\304,5 &< Iset < 406 \\ \frac{304,5}{600} &< tap < \frac{406}{600} \\0,5075 &< tap < 0,676\end{aligned}$$

Dipilih Tap : 0,6
Iset : 360 A

LT Band : *curve A*

Instantaneous

Inst.Pickup : 10

➤ **CB- DPKoji**

Merk : ABB
Tipe : S6N(630A)
FLA : 290 A
Isc min Bus-PanelKoji : 5.63 kA

Long Time

LT Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 290 < Iset < 1,4 \times 290$$

$$304,5 < Iset < 406$$

$$\frac{304,5}{600} < tap < \frac{406}{600}$$

$$0,5075 < tap < 0,676$$

Dipilih Tap : 0,6

Iset : 360 A

LT Band : *curve A*

Instantaneous

Inst.Pickup : 10

➤ **CB- ATS-1**

Merk : ABB

Tipe : F2S

FLA : 802 A

Isc min Bus Beban PLN1 : 7,78 kA

Long Time

LT Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 802 < Iset < 1,4 \times 802$$

$$842,1 < Iset < 4041,8$$

$$\frac{842,1}{2500} < tap < \frac{1122,8}{2500}$$

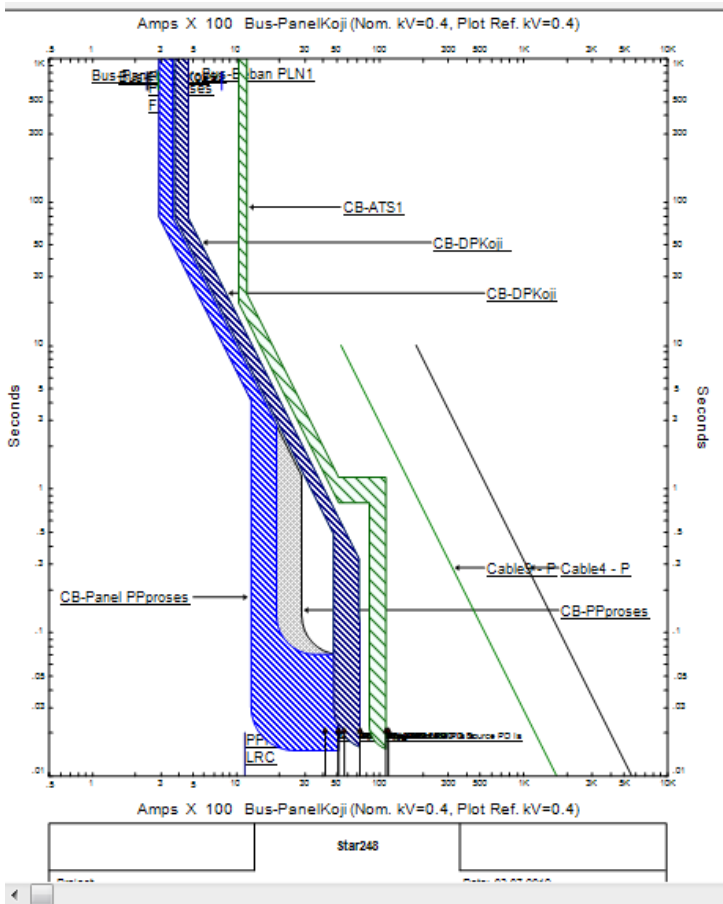
$$0,33 < tap < 0,449$$

Dipilih Tap : 0,4

Iset : 1000 A

Instantaneous

Inst.Pickup : 4



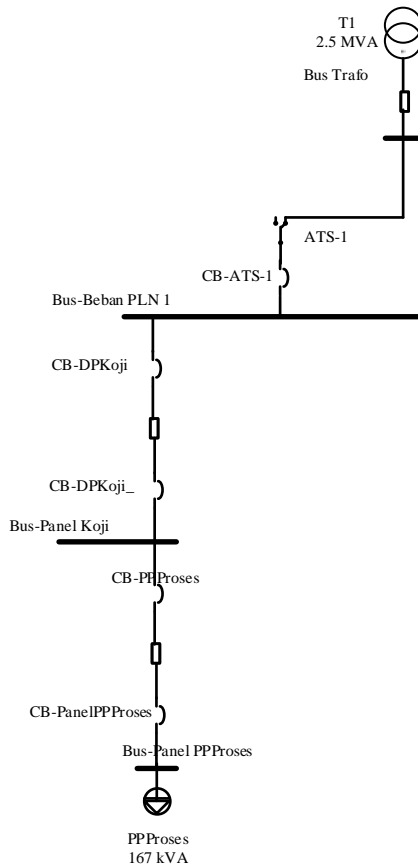
Gambar 4.4 Kurva *Resetting* Tipikal 1

Pada kurva *resetting* Tipikal 1 pada CB-DPKoji sudah tidak trip terlebih dahulu apabila terjadi gangguan pada bus PanelPPproses. Sehingga yang akan trip terlebih dahulu adalah CB—PanelPPproses. Pada CB-PanelPPproses memiliki grading time yang kecil yaitu 70 ms. Pada CB-ATS1 memiliki grading time yang besar yaitu 1,6 detik sehingga kordinasi proteksi antar CB menjadi tidak baik.

4.4 Koordinasi Proteksi Pada Grid PLN(Trafo)

Pada tipikal 2 terdapat 4 MCCB dan 1 ACB yang disetting. Hal yang pertama adalah mengetahui arus hubung singkat pada setiap bus.

Tabel 4.3 Arus Hubung Singkat Maksimum



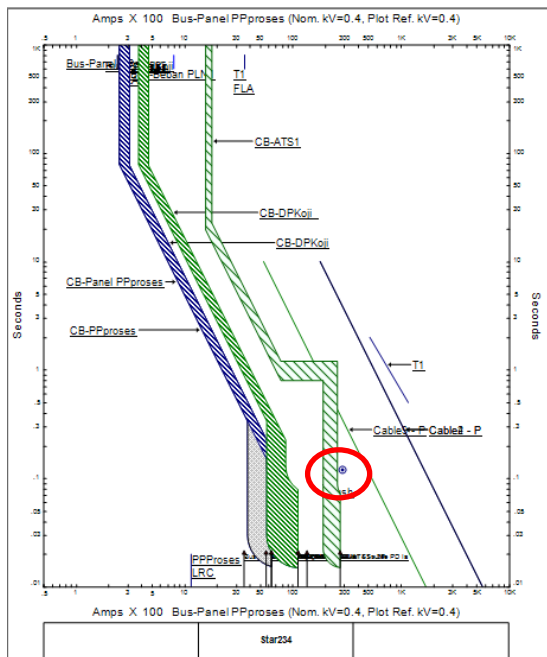
Gambar 4.5 Single Line Diagram Tipikal 2

Tabel 4.3 Arus Hubung Singkat Maksimum Pada PLN

No	ID Bus	Arus Hubung Singkat (KA)
1	Panel PPProses	6.38
2	Panel Koji	11.23
3	Beban PLN1	27.49
4	Bus trafo	27.49

Tabel 4.4 Arus Hubung Singkat Minimum Pada PLN

No	ID Bus	Arus Hubung Singkat (KA)
1	Panel PPProses	6.03
2	Panel Koji	10.68
3	Beban PLN1	25.89
4	Bus trafo	25.89



Gambar 4.6 Kurva Sistem Eksisting Tipikal 2

Pada kurva eksisting Tipikal 2 inrush trafo berhimpit dengan CB-ATS1 sehingga koordinasi proteksi tidak berjalan dengan baik karena apabila trafo nyala maka CB akan langsung Trip. Sehingga kerja dari trafo tidak akan optimal.

Resetting

Tipikal 2 PLN

➤ CB- Panel PPProses

Merk : ABB
 Tipe : S5N(400A)
 FLA : 241 A
 Isc min Bus Panel PPProses : 6,03 kA

Long Time

LT Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 241 < Iset < 1,4 \times 241$$

$$253,05 < Iset < 337,4$$

$$\frac{253,05}{400} < tap < \frac{337,4}{400}$$

$$0,63 < tap < 0,8435$$

Dipilih Tap : 0,7
 Iset : 280 A
 LT Band : *curve A*

Inst.Pickup : 4
 Iset : 1600 A

➤ CB- PPProses

Merk : ABB
 Tipe : S5N(400A)
 FLA : 241 A
 Isc min Bus Panel PPProses : 6,03 kA

Long Time

LT Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 241 < Iset < 1,4 \times 241$$

$$253,03 < I_{set} < 337,4$$

$$\frac{253,03}{400} < tap < \frac{337,4}{400}$$

$$0,63 < tap < 0,8435$$

Dipilih Tap : 0,7
 Iset : 280 A
 LT Band : *curve A*

Inst.Pickup : 6
 Iset : 1600 A

➤ **CB- DPKoji_**

Merk : ABB
 Tipe : S6N(630A)
 FLA : 290 A
 Isc min Bus-PanelKoji : 10,68kA

Long Time
 LT Pickup

$$1,05 \times FLA < I_{set} < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 290 < I_{set} < 1,4 \times 290$$

$$304,5 < I_{set} < 406$$

$$\frac{304,5}{600} < tap < \frac{406}{600}$$

$$0,5075 < tap < 0,676$$

Dipilih Tap : 0,6
 Iset : 360 A

LT Band : *curve A*

Instantaneous

Inst.Pickup : 10

➤ **CB- DPKoji**

Merk : ABB
 Tipe : S6N(630A)
 FLA : 290 A

Isc min Bus-PanelKoji : 10,68 kA

Long Time

LT Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 290 < Iset < 1,4 \times 290$$

$$304,5 < Iset < 406$$

$$\frac{304,5}{600} < tap < \frac{406}{600}$$

$$0,5075 < tap < 0,676$$

Dipilih Tap : 0,6

Iset : 360 A

LT Band : *curve A*

Instantaneous

Inst.Pickup : 10

➤ **CB- ATS-1**

Merk : ABB

Tipe : F2S

FLA Bus Trafo : 801 A

Isc min Bus Beban PLN1 : 25,89 kA

Long Time

LT Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 801 < Iset < 1,4 \times 801$$

$$841,05 < Iset < 4041,8$$

$$\frac{841,05}{2500} < tap < \frac{1121,4}{2500}$$

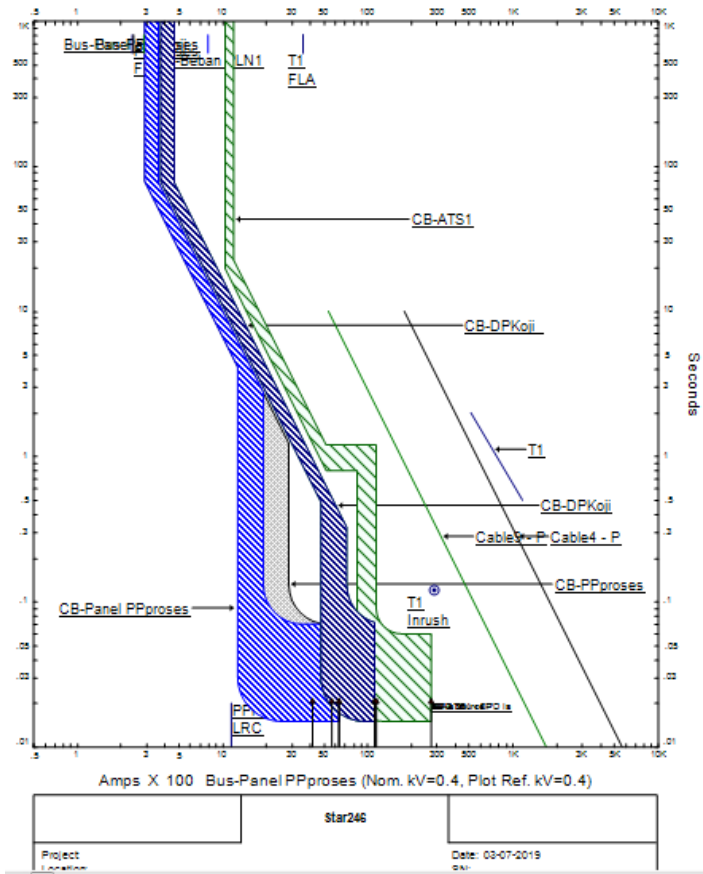
$$0,33 < tap < 0,4485$$

Dipilih Tap : 0,4

Iset : 1000 A

Instantaneous

Inst.Pickup : 4



Gambar 4.7 Kurva *Resetting* Tipikal 2

Pada Kurva *Resetting* Tipikal 2 *inrush* trafo sudah tidak berhimpit lagi dengan CB-ATS1. Pada CB-PanelPPproses dan CB-PPproses memiliki *grading time* yang sangat kecil yaitu 70 ms. Pada CB-ATS1 memiliki *grading time* yang sangat lama yaitu 1,2 detik sehingga untuk koordinasi antar CB tidak bagus. Hal tersebut karena pada CB-DPKoji *setting instantaneous* sudah maksimal.

4.5 Perhitungan Insiden Energi Busur Api menggunakan Standar IEEE 1584-2002

Pada bab ini dijelaskan mengenai data eksisting energi busur api pada perusahaan dan setelah *resetting*. Data tersebut akan dibandingkan untuk dapat menganalisa lebih lanjut.

Tabel 4.5 insiden energi eksisting pada PLN

Bus ID	Eksisting	
	Insiden Energy (cal/cm ²)	Level
Bus Panel PPProses	4,549	1
Bus PanelDPKoji	2,86	-
Bus Beban PLN1	38.521	3

Tabel 4.6 insiden energi eksisting pada Genset

Bus ID	Eksisting	
	Insiden Energy (cal/cm ²)	Level
Bus Panel PPProses	5,43	1
Bus PanelDPKoji	3,9	-
Bus Beban PLN1	33,371	3

4.6 Perhitungan Insiden Energi Busur Api menggunakan Standar IEEE 1584-2002 pada sistem *Resetting*

Apabila koordinasi proteksi sudah dilakukan maka akan menghitung nilai insiden energi setelah *resetting*. Nilai insiden energi tergantung pada nilai FCT karena apabila FCT terlalu besar maka nilai insiden energi akan besar sebaliknya jika FCT nilainya kecil maka nilai insiden energi akan kecil. Nilai insiden energi yang besar akan membahayakan pekerja.

Tabel 4.7 Data Bus Untuk Perhitungan Insiden Energi Busur Api pada PLN

Bus ID	Tegangan (kV)	I _{bf} (kA)	FCT (detik)	Working Distance (mm)	Gap (mm)	Jarak factor x (mm)
Bus Panel PPProses	0,4	7,96	0.074	609,6	32	1,473
Bus PanelDPKoji	0.4	13,87	0,518	609,6	32	1,473
Bus Beban PLN1	0,4	34.34	0,085	609,6	32	1,473

Tabel 4.8 Data Bus Untuk Perhitungan Insiden Energi Busur Api pada Genset

Bus ID	Tegangan (kV)	I _{bf} (kA)	FCT (detik)	Working Distance (mm)	Gap (mm)	Jarak factor x (mm)
Bus Panel PPProses	0,4	6,77	0.1	609,6	32	1,473
Bus PanelDPKoji	0.4	9,673	0,98	609,6	32	1,473
Bus Beban PLN1	0,4	15,04	1,2	609,6	32	1,473

Dengan tabel diatas maka dapat dilakukan perhitungan nilai insiden energi secara manual pada PLN dan Genset.

Perhitungan manual nilai insiden energi pada Genset

a. Pada Bus panel PPProses

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg I_{bf} + 0.0966V + 0.000526G + 0.5588V(\lg I_{bf}) - 0.00304G(\lg I_{bf})$$

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg 6,77 + 0.0966 \times 0.4 + 0.000526(25) + 0.5588V(\lg(6,77)) - 0.00304 \times 25(\lg(6,77))$$

$$\lg I_a = 0,61$$

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

$$I_a = 10^{0,61} = 4,1 \text{ kA}$$

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1,081 \lg I_a + 0,0011 G$$

$$\lg E_n = -0.555 - 0.113 + (1,081 \times 4,1) + (0,0011 \times 32)$$

$$\lg E_n = 0,03$$

$$E_n = 10^{\lg E_n}$$

$$E_n = 10^{0,03} = 1,0 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$E = 4,184 \times 1,5 \times 1 \times \left(\frac{0,1}{0,2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{609,6^{1,473}} \right)$$

$$E = 3,364 \text{ J/cm}^2 = 0,804 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan manual *flash boundary protection*

$$D_B = \left[4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[4.184 \times 1.5 \times 1 \times \left(\frac{0.1}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1.473}}{3.364} \right) \right]^{\frac{1}{1.473}}$$

$$D_B = 465 \text{ mm} = 0,465 \text{ m}$$

b. Pada Bus Panel DPKoji

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg I_{bf} + 0.0966V + 0.000526G + 0.5588V(\lg I_{bf}) - 0.00304G(\lg I_{bf})$$

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg 9,673 + 0.0966 \times 0.4 + 0.000526(32) + 0.5588V(\lg(9,673)) - 0.00304 \times 32(\lg(9,673))$$

$$\lg I_a = 0,74$$

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

$$I_a = 10^{0,74} = 5,44 \text{ kA}$$

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1.081 \lg I_a + 0.0011 G$$

$$\lg E_n = -0.555 - 0.113 + (1.081 \times 5,44) + (0.0011 \times 32)$$

$$\lg E_n = 0,16$$

$$E_n = 10^{\lg E_n}$$

$$E_n = 10^{0,16} = 1,0 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$E = 4,184 \times 1,5 \times 1 \times \left(\frac{0,98}{0,2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{609,6^{1,473}} \right)$$

$$E = 44,68 \text{ J/cm}^2 = 10,68 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan manual flash boundary protection

$$D_B = \left[4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[4,184 \times 1,5 \times 1 \times \left(\frac{0,98}{0,2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{44,68} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}}$$

$$D_B = 2697 \text{ mm} = 2,697 \text{ m}$$

c. Pada Bus beban PLN1

$$\lg I_a = K + 0,662 \lg I_{bf} + 0,0966V + 0,000526G + 0,5588V(\lg I_{bf}) - 0,00304G(\lg I_{bf})$$

$$\lg I_a = K + 0,662 \lg 15,04 + 0,0966 \times 0,4 + 0,000526(32) + 0,5588V(\lg(15,04)) - 0,00304 \times 32(\lg(15,04))$$

$$\lg I_a = 0,89$$

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

$$I_a = 10^{0,89} = 7,7 \text{ kA}$$

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1,081 \lg I_a + 0,0011 G$$

$$\lg E_n = -0,555 - 0,113 + (1,081 \times 7,7) + (0,0011 \times 32)$$

$$\lg E_n = 0,33$$

$$E_n = 10^{\lg E_n}$$

$$E_n = 10^{0,33} = 2,0 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$E = 4,184 \times 1,5 \times 2 \times \left(\frac{1,2}{0,2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{609,6^{1,473}} \right)$$

$$E = 79,7 \text{ J/cm}^2 = 19,048 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan manual flash boundary protection

$$D_B = \left[4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[4,184 \times 1,5 \times 2 \times \left(\frac{1,2}{0,2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{79,7} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}}$$

$$D_B = 3995 \text{ mm} = 3,995 \text{ m}$$

Perhitungan manual nilai insiden energi pada PLN(Trafo)

a. Pada Bus panel PPProses

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg I_{bf} + 0.0966V + 0.000526G + 0.5588V(\lg I_{bf}) - 0.00304G(\lg I_{bf})$$

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg 7,96 + 0.0966 \times 0.4 + 0.000526(32) + 0.5588V(\lg(7,96)) - 0.00304 \times 25(\lg(7,96))$$

$$\lg I_a = 0,67$$

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

$$I_a = 10^{0,67} = 4,66 \text{ kA}$$

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1.081 \lg I_a + 0.0011 G$$

$$\lg E_n = -0.555 - 0.113 + (1.081 \times 4,66) + (0.0011 \times 32)$$

$$\lg E_n = 0,09$$

$$E_n = 10^{\lg E_n}$$

$$E_n = 10^{0,09} = 1,0 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$E = 4.184 \times 1.5 \times 1 \times \left(\frac{0,074}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{609,6^{1,473}} \right)$$

$$E = 2,8 \text{ J/cm}^2 = 0,68 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan manual *flash boundary protection*

$$D_B = \left[4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[4,184 \times 1.5 \times 1 \times \left(\frac{0,07}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1,73}}{2,8} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}}$$

$$D_B = 417 \text{ mm} = 0,417 \text{ m}$$

b. Pada Bus Panel DPKoji

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg I_{bf} + 0.0966V + 0.000526G + 0.5588V(\lg I_{bf}) - 0.00304G(\lg I_{bf})$$

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg 13,87 + 0.0966 \times 0.4 + 0.000526(32) + 0.5588V(\lg(13,87)) - 0.00304 \times 32(\lg(13,87))$$

$$\lg I_a = 0,86$$

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

$$I_a = 10^{0,86} = 7,6 \text{ kA}$$

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1.081 \lg I_a + 0.0011 G$$

$$\lg E_n = -0.555 - 0.113 + (1.081 \times 7, k6) + (0.0011 \times 32)$$

$$\lg E_n = 0,3$$

$$E_n = 10^{\lg E_n}$$

$$E_n = 10^{0.162} \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$E = 4,184 \times 1.5 \times 2 \times \left(\frac{0,518}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1.473}}{609,6^{1.473}} \right)$$

$$E = 32 \text{ J/cm}^2 = 7,6 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan manual *flash boundary protection*

$$D_B = \left[4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[4,184 \times 1.5 \times 2 \times \left(\frac{0,518}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1.473}}{32} \right) \right]^{\frac{1}{1.473}}$$

$$D_B = 2155 \text{ mm} = 2,155 \text{ m}$$

c. Pada Bus beban PLN1

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg I_{bf} + 0.0966V + 0.000526G + 0.5588V(\lg I_{bf}) - 0.00304G(\lg I_{bf})$$

$$\lg I_a = K + 0.662 \lg 34,34 + 0.0966 \times 0.4 + 0.000526(32) + 0.5588V(\lg(34,34)) - 0.00304 \times 32(\lg(34,34))$$

$$\lg I_a = 1,17$$

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

$$I_a = 10^{1.17} = 14,76 \text{ kA}$$

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1.081 \lg I_a + 0.0011 G$$

$$\lg E_n = -0.555 - 0.113 + (1.081 \times 14,76) + (0.0011 \times 32)$$

$$\lg E_n = 0,63$$

$$E_n = 10^{\lg E_n}$$

$$E_n = 10^{0.63} = 4,0 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4.184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$E = 4.184 \times 1.5 \times 4 \times \left(\frac{0,085}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1.473}}{609,6^{1.473}} \right)$$

$$E = 11,4 \text{ J/cm}^2 = 2,72 \text{ cal/cm}^2$$

$$D_B = \left[4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[4.184 \times 1.5 \times 4 \times \left(\frac{0,085}{0.2} \right) \left(\frac{610^{1,473}}{2,72} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}}$$

$$D_B = 1067 \text{ mm} = 1,067 \text{ m}$$

Tabel 4.9 Perbandingan hasil *eksisting* dan *resetting* Pada Genset

Bus ID	Eksisting		Resetting	
	Insiden Energy (cal/cm ²)	Level	Insiden Energy (cal/cm ²)	Level
Bus Panel PPProses	5,43	1	0,563	-
Bus PanelDPKoji	3,984	-	8,96	2
Bus Beban PLN1	33,371	3	19,07	2

Tabel 4.10 Perbandingan hasil *eksisting* dan *resetting* Pada PLN

Bus ID	Eksisting		Resetting	
	Insiden Energy (cal/cm ²)	Level	Insiden Energy (cal/cm ²)	Level
Bus Panel PPProses	4,549	1	0,68	-
Bus PanelDPKoji	2,86	2	6,44	1
Bus Beban PLN1	38.521	3	2,293	-

Tabel 4.11 PPE pada Genset

No.	Bus ID	Kategori Resiko Bahaya	Peralatan Pelindung Diri
1	Bus Panel PPProses	-	-
2.	Bus PanelDPKoji	2	Kemeja Lengan Panjang
			Celana Panjang
			Setelan anti busur api
			Jaket Pelindung

Tabel 4.11 PPE pada Genset (Lanjutan)

No.	Bus ID	Kategori Resiko Bahaya	Peralatan Pelindung Diri
			Helm Keselamatan
			Kacamata keselamatan
			Pengaman telinga
			Sarung tangan kulit
			Sepatu Kulit
3.	Bus Beban PLN1	2	Kemeja Lengan Panjang
			Celana Panjang
			Setelan anti busur api
			Jaket Pelindung
			Helm Keselamatan
			Kacamata keselamatan
			Pengaman telinga
			Sarung tangan kulit
			Sepatu Kulit

Tabel 4.12 PPE pada PLN

No.	Bus ID	Kategori Resiko Bahaya	Peralatan Pelindung Diri
1	Bus Panel PPProses	-	-
2	Bus PanelDPKoji	1	Kemeja Lengan Panjang
			Celana Panjang
			Pelindung Wajah
			Jaket Pelindung
			Helm Keselamatan
			Kacamata keselamatan
			Pengaman telinga
			Sarung tangan kulit
			Sepatu Kulit
3	Bus Beban PLN1	-	-

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari analisa didapatkan kesimpulan antara lain yaitu:

1. Pada kurva *resetting* Tipikal 1 pada CB-DPKoji sudah tidak trip terlebih dahulu apabila terjadi gangguan pada bus PanelPPproses. Sehingga yang akan trip terlebih dahulu adalah CB-PanelPPproses. Pada CB-PanelPPproses memiliki *grading time* yang kecil yaitu 70 ms. Pada CB-ATS1 memiliki *grading time* yang besar yaitu 1,6 detik sehingga koordinasi proteksi antar CB menjadi tidak baik.
2. Pada Kurva *Resetting* Tipikal 2 *inrush* trafo sudah tidak berhimpit lagi dengan CB-ATS1. Pada CB-PanelPPproses dan CB-PPproses memiliki *grading time* yang sangat kecil yaitu 70 ms. Pada CB-ATS1 memiliki *grading time* yang sangat lama yaitu 1,2 detik sehingga untuk koordinasi antar CB tidak bagus. Hal tersebut karena pada CB-DPKoji *setting instantaneous* sudah maksimal.
3. Untuk nilai insiden busur api ada beberapa penurunan nilai insiden energi pada Bus-BebanPLN1 yaitu 2,293 cal/cm².

5.2 Saran

Pada kurva perbandingan hasil *eksisting* dan *resetting* pada genset yaitu bus-PanelDPKoji bahwa setelah dilakukan *resetting* nilai insiden energi menjadi lebih besar yaitu 8,96 cal/cm². Sehingga untuk pengurangan insiden energi perlu dilakukan *resetting* ulang atau dengan melakukan pergantian CB.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tasiam, F.J, “Proteksi sistem tenaga listrik”, Yogyakarta: Teknosain, 2017.
- [2] IEEE Std 242-2001, “IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems”, New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2001.
- [3] IEEE Std. 1584-2002.,”IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculation”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc 2002.
- [4] Vajko, Rob,.”The Basic Arc Flash Protection”, © National Safety, Inc, 2008.
- [5] SPLN 52-3 : 1983, ”Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga, Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV”, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, Pasal 4, 1983.
- [6] NFPA. 70E, ”Standart for Electrical Safety in the Workplace”, 2015.
- [7] “Macam – macam *Circuit Breaker (CB)*”<URL:[https://SKRIPSI%20TA/ACUAN/Macam - macam%20Circuit%20Breaker%20\(CB\)%20_%20Dunia%20Ektro.html](https://SKRIPSI%20TA/ACUAN/Macam-macam%20Circuit%20Breaker%20(CB)%20_%20Dunia%20Ektro.html)>, 2012.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Widho Wahyu Mahardika atau Widho adalah panggilan akrabku, Aku terlahir dari keluarga yang sederhana. Saya memiliki hobi membaca buku, bermain futsal dan catur. Saya lahir di kota Surabaya pada tanggal 3 Agustus 1986. Saya adalah anak kedua dari lima bersaudara. Saya memiliki seorang kakak laki-laki dan dua adik perempuan serta satu adik laki-laki. Penulis masuk sekolah di tahun 1993 – 1999 di SDN Manyar II/231 Surabaya. Setelah lulus saya melanjutkan sekolah ke SLTPN 19 Surabaya dari tahun 1999-2002. Kemudian saya melanjutkan kembali sekolah ke SMAN 3 Surabaya dari tahun 2002-2005. Pada tahun 2007 menjadi salah satu mahasiswa di D3 Teknik Elektro di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Saya menempuh pendidikan D3 dari tahun 2007-2010. Setelah lulus D3, saya kemudian bekerja di salah satu perusahaan swasta. Setelah lama bekerja saya ingin kembali melanjutkan pendidikan S1 dan Alhamdulillah berhasil lolos dan diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2017.