



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



Analisa *Arc Flash* Pada Sistem Tegangan Menengah Di PT. Semen Padang Dengan Menggunakan Metode Perhitungan Yang Dimodifikasi

Oleh:
Jumaras Situngkir
2213106041

Pembimbing:
Dr. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.

Tujuan dan Batasan Masalah

Tujuan

1. Mendapatkan kategori level insiden energi *arc flash* sehingga dapat ditentukan jenis dari perlindungan diri yang harus digunakan.
2. Dapat menentukan jarak aman pekerja untuk meminimalisir resiko dampak kecelakaan akibat bahaya *arc flash*.

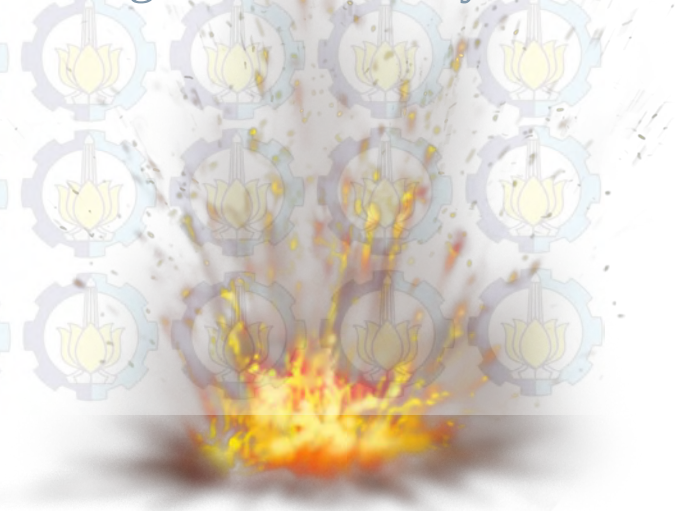
Batasan Masalah

1. Penentuan besar insiden energi *arc flash* pada masing-masing switchgear tegangan menengah (6,3 kV).
2. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0.



Definisi Busur Api Listrik

Terjadinya *arc flash* diakibatkan dari adanya *arcing-fault* maupun *bolted fault*. *Arcing-fault* sendiri dapat didefinisikan sebagai busur api yang diakibatkan oleh arus gangguan yang mengalir melalui udara antara konduktor dengan konduktor atau konduktor dengan tanah. Arus tersebut menciptakan sebuah plasma busur listrik dan melepaskan sejumlah energi yang berbahaya. Sedangkan *bolted fault* terjadi akibat adanya perantara konduktor sebagai jalur arus gangguannya. Umumnya terjadinya *bolted fault* diakibatkan adanya kegagalan mekanik, kegagalan isolasi, debu dan korosi, serta kesalahan operator. Besar arcing fault biasanya lebih rendah dari *bolted fault*.



Perhitungan Insiden Energi Arc *Flash* Standar IEEE 1584-2002

Perhitungan standar energi arc flash pada sistem tegangan menengah dapat diperoleh dengan mencari nilai arus arcing terlebih dahulu. Berdasarkan standar IEEE 1584-2002 nilai arus arcing diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\lg I_a = 0,00402 + 0,983 \lg I_{bf} \quad (1)$$

Dari persamaan diatas dapat ditulis kembali dengan persamaan sebagai berikut :

$$\lg I_a - 0,983 \lg I_{bf} = 0,00402$$

$$\lg I_a - \lg I_{bf}^{0,983} = 0,00402$$

$$\lg (I_a / I_{bf}^{0,983}) = 0,00402$$

$$I_a / I_{bf}^{0,983} = 10^{0,00402}$$

$$I_a / I_{bf}^{0,983} = 1,00929$$

$$I_a = 1,000929 I_{bf}^{0,983} \quad (2)$$

dimana,

$\lg$ $\log_{10}$

I_a arus arcing (kA)

I_{bf} arus bolted gangguan tiga fasa simetris RMS (kA)



Dari perhitungan nilai arus arcing akan diperoleh nilai insiden energi normalisasi dengan menggunakan persamaan berikut.

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

atau dapat ditulis dengan persamaan,

$$E_n = I_a^{1,081} \times 10^{(K1 + K2 + 0,0011G)} \quad (3)$$

Adanya variabel waktu , (x) faktor dan jarak antara peralatan dengan pekerja maka akan menghasilkan jumlah energi yang dilepaskan ke udara. Besarnya insiden energi dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$E = Cf \times E_n \times (t/0,2)(610/D)^x \quad (4)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2), (3) dan (4), maka persamaan besar insiden energi untuk tegangan menengah dapat disederhanakan dengan persamaan (5)

$$E = Cf \times 10^{(K1 + K2 + 0,0011G)}(610/D)^x \times I_a^{1,081} (t/0,2) \quad (5)$$





dimana,

E insiden energi (J/cm^2)

C_f faktor perhitungan bernilai 1.0 untuk tegangan diatas 1 kV

faktor perhitungan bernilai 1.5 untuk tegangan dibawah 1

kV

t waktu *arcing* (detik)

D jarak dari titik *arc flash* ke pekerja (mm)

x eksponen jarak

Perhitungan Insiden Energi *Arc Flash* Dengan Metode Modifikasi

Perhitungan insiden energi dengan metode modifikasi merupakan pengembangan dari perhitungan standar IEEE 1584-2002. Akan tetapi dalam metode modifikasi dipertimbangkan berkurangnya arus gangguan tiga fasa dan juga waktu pemutusan masing-masing *circuit breaker* dalam menghilangkan gangguan (*Arc Clearing Time*).

Untuk perhitungannya, digunakan pengelompokan domain waktu berdasarkan konstanta waktu tipikal mesin berputar untuk fase peralihan hubung singkat tertentu. Adapun domain waktu tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 1.





Perhitungan Insiden Energi Arc Flash Dengan Metode Modifikasi lanjutan...

Tabel 1 Pengelompokan domain waktu perhitungan metode modifikasi

Domain Waktu	Fase Perlaihan	Komponen yang Menyumbang Arus Hubung Singkat
0 – 0.035	<i>Subtransient</i>	Utility, Mesin Sinkron, Motor Induksi > 1000 HP, Motor Induksi 50 – 1000 HP, Motor Induksi < 50 HP
0.035 – 0.08	<i>Transient</i>	Utility, Mesin Sinkron, Motor Induksi > 1000 HP, Motor Induksi 50 – 1000 HP
0.08 – 0.8	<i>Transient</i>	Utility, Mesin Sinkron, Motor Induksi > 1000 HP
0.8 – t (Arc Clearing Time)	<i>Steady State</i>	Utility, Generator Sinkron

Sedangkan perhitungan insiden energi total merupakan penjumlahan dari insiden energi tiap domain waktu yang bisa dilihat dari persamaan berikut :

$$E_{total} = E_{0,035sec} + E_{0,08sec} + E_{0,8sec} + E_{tsec} \quad (6)$$

Perhitungan *Flash Protection Boundary*

Dalam menentukan batasan perlindungan *arc flash*, diperlukan suatu perhitungan agar mengetahui batasan aman bagi pekerja terhadap peralatan bertegangan. Berikut persamaannya sesuai standar IEEE 1584-2002.

$$D_B = [4,184 \times C_f \times E_n \times (t/0,2)(610^x/E_B)]^{1/x} \quad (7)$$

dimana,

D_B jarak batasan dari titik *arc*ing (mm)

t waktu (detik)

E_B insiden energi dalam J/cm² pada jarak batasan. Dapat di-set pada nilai 5.0 J/cm²



Pengelompokkan Kategori Insiden Energi *Arc Flash* dengan Perlengkapan Keselamatan Diri sesuai Standart NFPA 70E

Kategori bahaya atau resiko *arc flash* ditentukan menggunakan nomor yang mewakili tingkat bahaya berdasarkan insiden energinya. Kategori 0 merepresentasikan adanya bahaya sedikit atau bahkan tidak ada. Sedangkan kategori 4 adalah yang paling berbahaya. Tabel 2 menunjukkan klasifikasi resiko yang mengacu pada standar NFPA 70E. Para pekerja harus mempersiapkan diri dengan peralatan maupun perlengkapan (*Personal Protective Equipment*) sesuai dengan kategori resiko sebelum memulai pekerjaan atau inspeksi di sekitar area yang bertegangan. Dokumentasi dan label peringatan juga diperlukan.

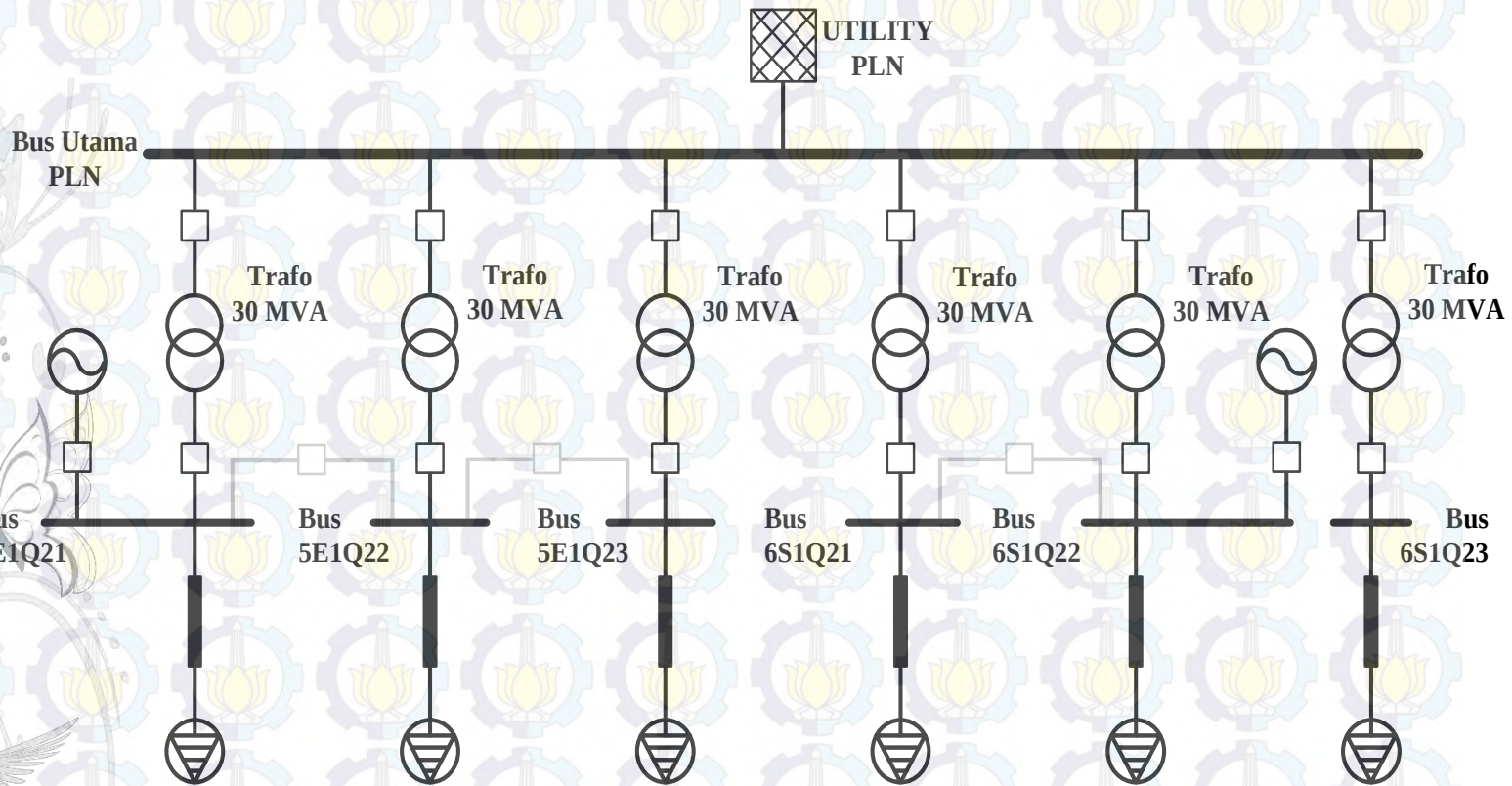


Tabel 2 Kategori perlengkapan pelindung diri

Kategori	Level Energi (Cal/cm ²)	PPE – PPC yang Dibutuhkan
0	< 2	Bahan yang tidak meleleh, mudah terbakar (Contoh : kain katun, wol, sutra, atau campuran bahan – bahan tersebut)
1	2 – 4	Pakaian dan celana yang tahan api
2	4 – 8	Pakaian dalam dengan kain katun, serta pakaian luar dan celana yang tahan api
3	8 – 25	Pakaian dalam kain katun ditambah baju dan celana yang tahan api ditambah pakaian tahan api yang mencakup seluruh tubuh
4	25 – 40	Pakaian dalam katun ditambah baju dan celana tahan api ditambah mantel dan celana tahan api double layer



SISTEM KELISTRIKAN PT. SEMEN PADANG



Gambar 1 Sistem kelistrikan PT. Semen Padang



Hasil Simulasi Insiden Energi Arc *Flash* Pada Sistem *Existing*

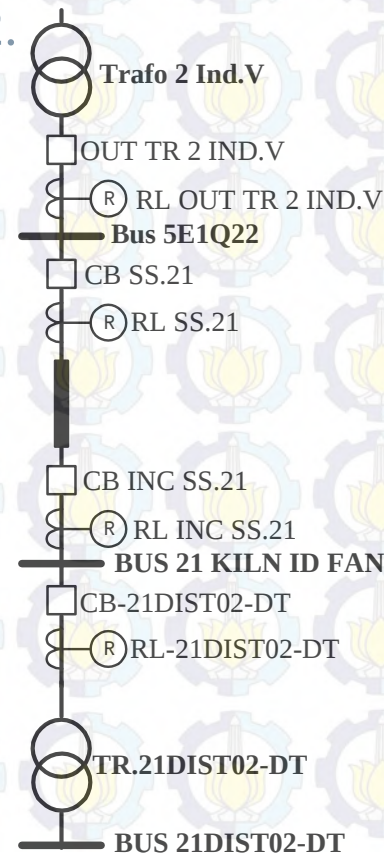
Tabel 3 Hasil simulasi insiden energi *arc flash* pada PT. Semen Padang setelah *existing*

BUS ID	Arus Bolted (kA)	Arus Arcing (kA)	FCT (s)	Insiden Energi (cal/cm ²)	Kategori
Bus 5E1Q22	31,196	29,698	0,77	41,67	> Level 4
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	30,193	28,759	0,33	17,25	Level 3
BUS 5W1 KILN DRV	29,452	28,065	0,33	16,8	Level 3
BUS 5W2 COOLER	29,397	28,014	0,33	16,77	Level 3
BUS 21 KILN ID FAN	30,353	28,908	0,37	19,45	Level 3
Bus 5E1Q23	31,999	30,448	1,07	59,49	> Level 4
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	30,93	29,449	0,33	17,7	Level 3
BUS 5TB1 TAMBANG	26,224	25,038	0,404	18,18	Level 3
BUS 24 RAWMILL	26,439	25,239	0,404	18,33	Level 3
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	31,164	29,667	0,089	4,82	Level 2
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	30,658	29,194	0,33	17,53	Level 3
Bus 6S1Q21	31,288	29,784	0,77	41,8	> Level 4
BUS 158 SLC, SILICA	17,736	17,046	0,33	9,8	Level 3
BUS 348 RAWMILL DRIVE	25,384	24,249	0,33	14,34	Level 3
BUS 348 RAWMILL ID FAN	25,291	24,162	0,33	14,29	Level 3
Bus 6S1Q23	25,84	24,678	1,07	47,4	> Level 4
BUS 548 CEMENT MILL	21,323	20,43	0,553	19,98	Level 3



Sistem *Eksisting* Pada Tipikal 1

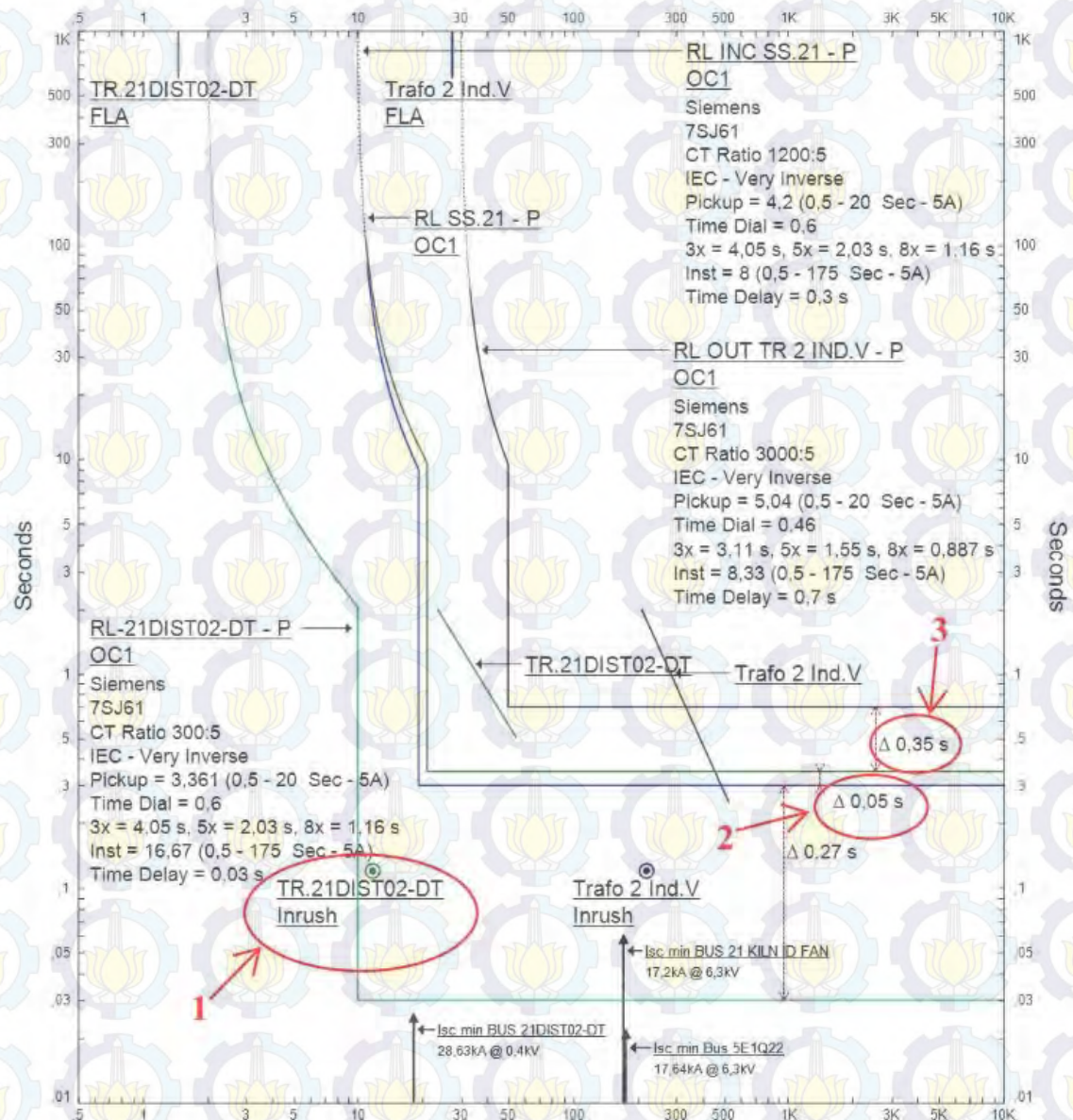
Tipikal 1 ini merupakan koordinasi sistem pengaman dari sekunder Trafo 2 Ind.V dengan kapasitas daya sebesar 30 MVA hingga trafo distribusi TR.21DIST02-DT dengan rating daya sebesar 1600 KVA. Adapun rele-rele yang dikoordinasikan antara lain rele RL-21DIST02-DT, rele INC SS.21, rele SS.21, dan RL OUT TR 2 IND.V. Single Line Diagram untuk Tipikal 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 *Single Line Diagram* Tipikal 1

Sistem Eksisting Pada Tipikal 1 lanjutan...

Amps X 100 Bus 5E1Q22 (Nom. kV=6,3, Plot Ref. kV=6,3)



Gambar 3 Kurva koordinasi arus lebih Tipikal 1



Sistem Resetting Pada Tipikal 1

Rele RL-21DIST02-DT

Overcurrent

Kurva IEC-Very Inverse

Pickup 2,7

Time Dial 1,2

Instantaneous

Pickup 26

Delay (detik) 0,1

Rele INC SS.21 & Rele SS.21

Overcurrent

Kurva IEC-Very Inverse

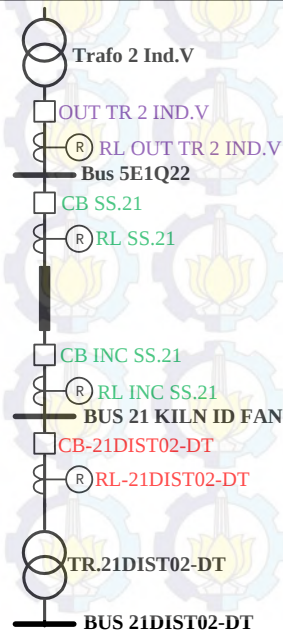
Pickup 4,1

Time Dial 0,5

Instantaneous

Pickup 50

Delay (detik) 0,3



Rele RL OUT TR 2 IND.V

Overcurrent

Kurva IEC-Very Inverse

Pickup 4,85

Time Dial 0,23

Instantaneous

Pickup 24

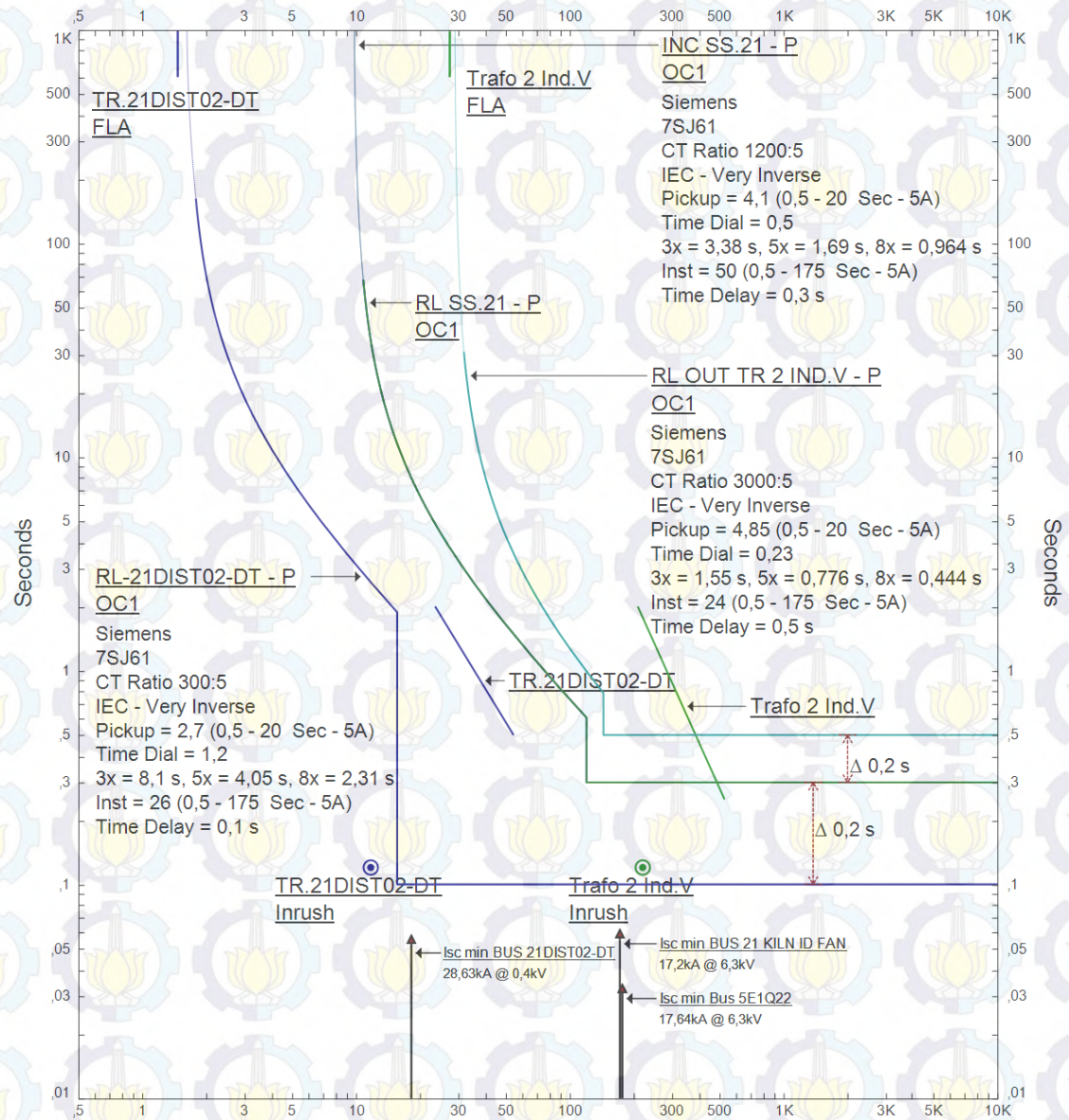
Delay (detik) 0,5





Sistem Resetting Pada Tipikal 1 lanjutan...

Amps X 100 Bus 5E1Q22 (Nom. kV=6,3, Plot Ref. kV=6,3)



Gambar 4 Plot kurva pengaman reseting Tipikal 1

Hasil Simulasi Insiden Energi Arc *Flash* Pada Sistem *Resetting*

Tabel 4 Hasil simulasi insiden energi *arc flash* pada PT. Semen Padang setelah *resetting*

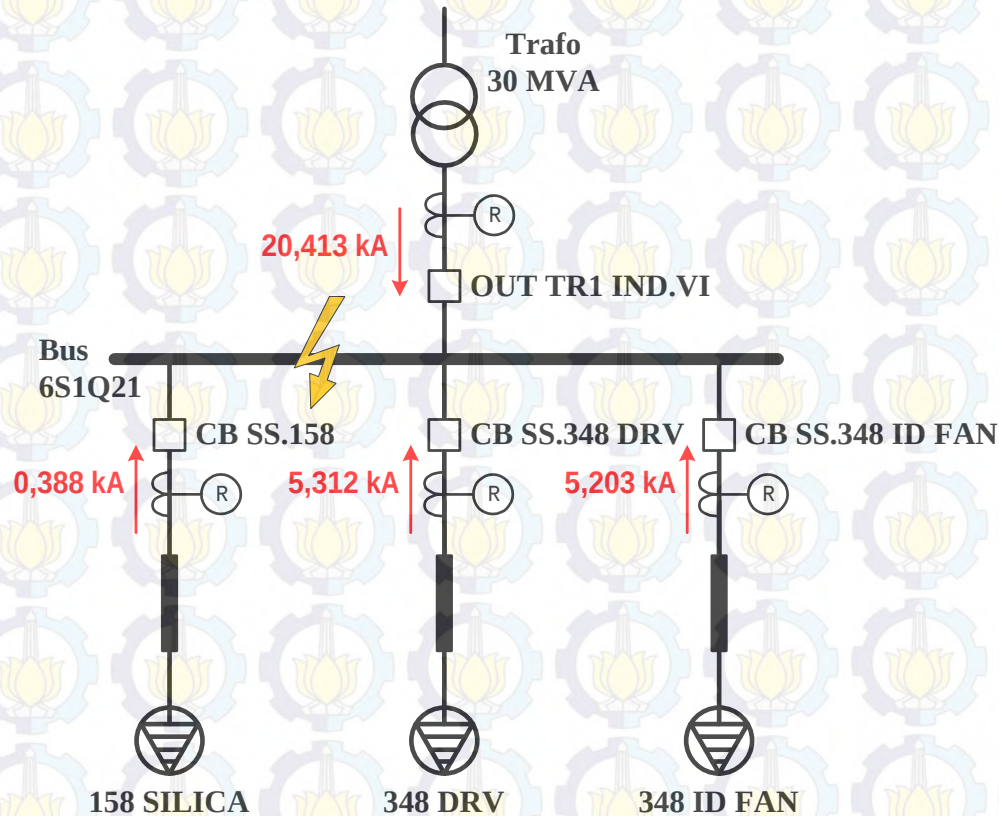
BUS ID	Arus Bolted (kA)	Arus Arcing (kA)	FCT (s)	Insiden Energi (cal/cm ²)	Kategori
Bus 5E1Q22	31,196	29,698	0,57	30,85	Level 4
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	30,193	28,759	0,37	19,34	Level 3
BUS 5W1 KILN DRV	29,452	28,065	0,37	18,83	Level 3
BUS 5W2 COOLER	29,397	28,014	0,37	18,8	Level 3
BUS 21 KILN ID FAN	30,353	28,908	0,37	19,45	Level 3
Bus 5E1Q23	31,999	30,448	0,57	31,69	Level 4
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	30,93	29,449	0,37	19,84	Level 3
BUS 5TB1 TAMBANG	26,224	25,038	0,37	16,65	Level 3
BUS 24 RAWMILL	26,439	25,239	0,37	16,79	Level 3
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	31,164	29,667	0,37	20	Level 3
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	30,658	29,194	0,37	19,66	Level 3
Bus 6S1Q21	31,288	29,784	0,57	30,94	Level 4
BUS 158 SLC, SILICA	17,736	17,046	0,37	10,99	Level 3
BUS 348 RAWMILL DRIVE	25,384	24,249	0,37	16,08	Level 3
BUS 348 RAWMILL ID FAN	25,291	24,162	0,37	16,02	Level 3
Bus 6S1Q23	25,84	24,678	0,57	25,25	Level 4
BUS 548 CEMENT MILL	21,323	20,43	0,37	13,36	Level 3



Contoh Perhitungan Insiden Energi Arc Flash Sistem Resetting Pada Bus 6S1Q21

Bus 6S1Q21 (FCT = 0,57 detik)

Domain waktu 0 – 0,035 detik



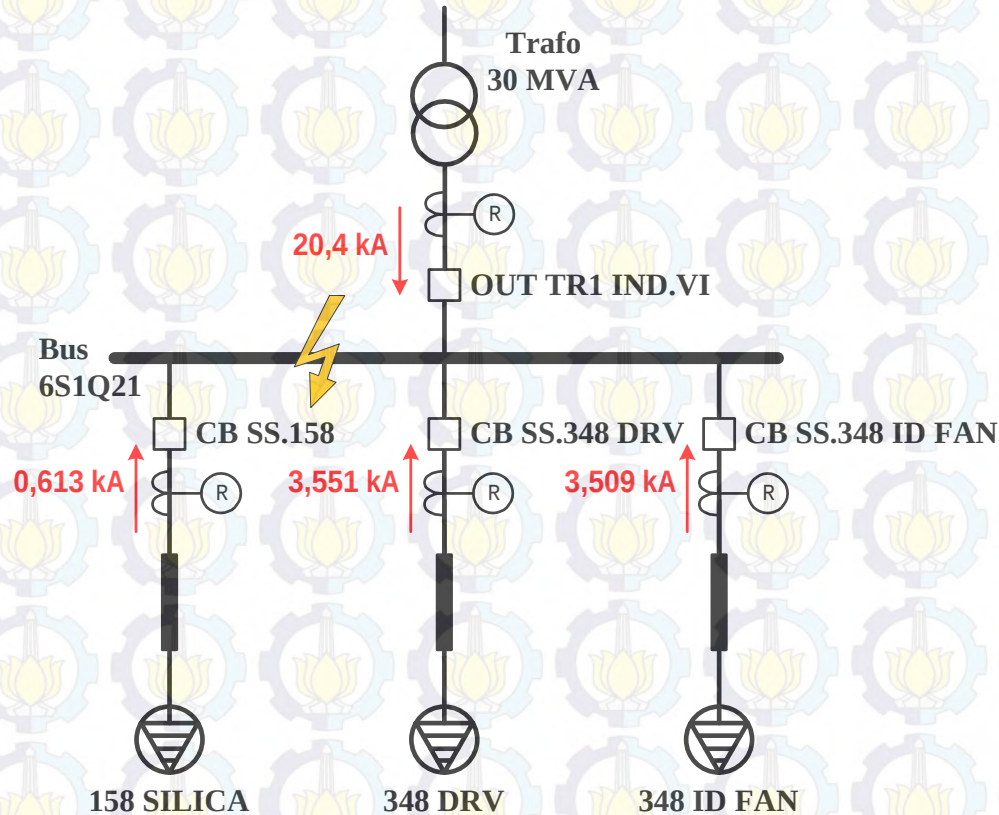
$$0,035 = 1,39814 \times (0,388 + 5,312 + 5,203 + 20,413)^{1,062623} \times$$

$$0,035 = 1,901 \text{ cal/cm}^2$$



Bus 6S1Q21 (FCT = 0,57 detik)

Domain waktu 0,035 – 0,08 detik



$$0,08 = 1,39814 \times (0,163 + 3,551 + 3,509 + 20,4)^{1,062623} \times 0,045$$

$$0,08 = 2,139 \text{ cal/cm}^2$$

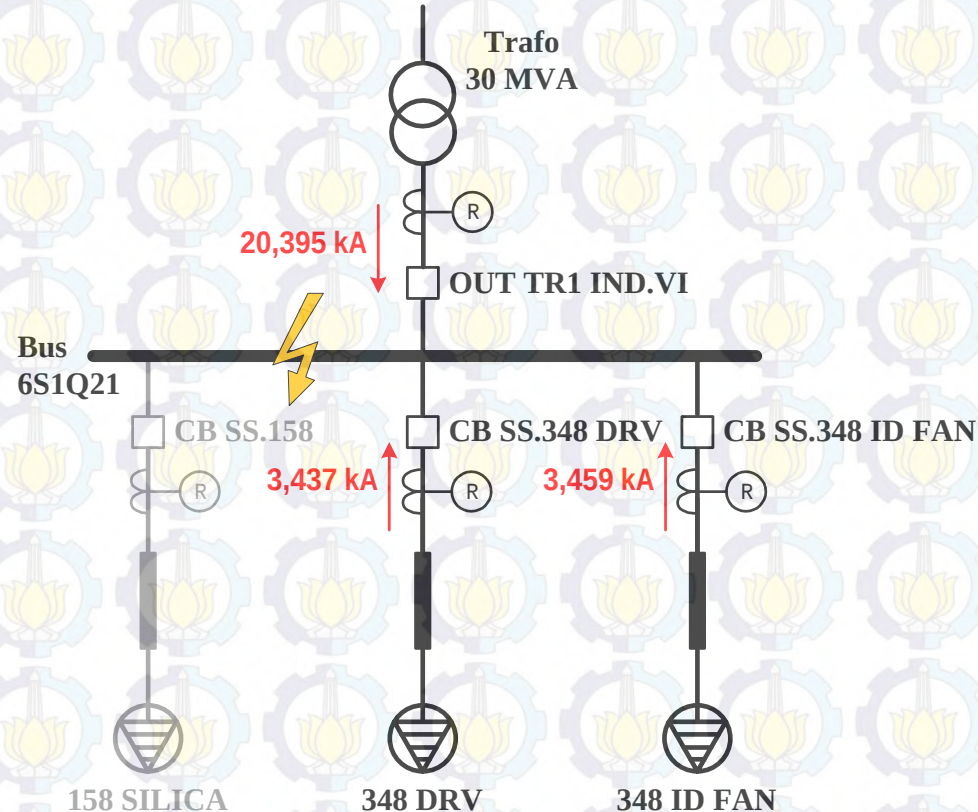


Contoh Perhitungan Insiden Energi Arc Flash Sistem Resetting Pada Bus 6S1Q21

lanjutan...

Bus 6S1Q21 (FCT = 0,57 detik)

Domain waktu 0,08 – 0,57 detik



$$0,57 = 1,39814 \times (3,437 + 3,459 + 20,395)^{1,062623} \times 0,29$$

$$0,57 = 22,998 \text{ cal/cm}^2$$

$$= , + , + ,$$

$$= , /$$



Hasil Perbandingan Perhitungan Insiden Energi Sesuai Standart IEEE 1584-2002 Dengan Metode Modifikasi Pada Sistem *Resetting*

Tabel 5 Perbandingan perhitungan besar insiden energi *arc flash* sesuai standar IEEE 1584-2002 dengan *modified* pada sistem *resetting*

BUS ID	Insiden Energi (cal/cm ²) <i>Resetting</i>	Kategori	Insiden Energi (cal/cm ²) <i>Modified</i>	Kategori
Bus 5E1Q22	30,838	Level 4	26,128	Level 4
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	19,335	Level 3	16,562	Level 3
BUS 5W1 KILN DRV	18,831	Level 3	16,183	Level 3
BUS 5W2 COOLER	18,793	Level 3	16,157	Level 3
BUS 21 KILN ID FAN	19,443	Level 3	16,628	Level 3
Bus 5E1Q23	31,682	Level 4	25,369	Level 4
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	19,836	Level 3	16,157	Level 3
BUS 5TB1 TAMBANG	16,645	Level 3	13,939	Level 3
BUS 24 RAWMILL	16,79	Level 3	14,013	Level 3
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	19,996	Level 3	16,218	Level 3
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	19,651	Level 3	16,017	Level 3
Bus 6S1Q21	30,935	Level 4	27,039	Level 4
BUS 158 SLC, SILICA	10,985	Level 3	10,104	Level 3
BUS 348 RAWMILL DRIVE	16,079	Level 3	14,153	Level 3
BUS 348 RAWMILL ID FAN	16,017	Level 3	14,150	Level 3
Bus 6S1Q23	25,244	Level 4	23,125	Level 3
BUS 548 CEMENT MILL	13,36	Level 3	12,164	Level 3



Hasil Simulasi Insiden Energi *Arc Flash* Pada Sistem *Resetting* Penambahan Rele Diferensial

Tabel 6 Hasil simulasi insiden energi *arc flash* pada PT. Semen Padang sistem *resetting* dengan penambahan rele diferensial

BUS ID	Arus Bolted (kA)	Arus Arcing (kA)	FCT (s)	Insiden Energi (cal/cm ²)	Kategori
Bus 5E1Q22	31,196	29,698	0,13	7,03	Level 2
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	30,193	28,759	0,13	6,79	Level 2
BUS 5W1 KILN DRV	29,452	28,065	0,13	6,62	Level 2
BUS 5W2 COOLER	29,397	28,014	0,13	6,6	Level 2
BUS 21 KILN ID FAN	30,353	28,908	0,13	6,83	Level 2
Bus 5E1Q23	31,999	30,448	0,13	7,23	Level 2
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	30,93	29,449	0,13	6,97	Level 2
BUS 5TB1 TAMBANG	26,224	25,038	0,13	5,85	Level 2
BUS 24 RAWMILL	26,439	25,239	0,13	5,9	Level 2
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	31,164	29,667	0,13	7,03	Level 2
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	30,658	29,194	0,13	6,91	Level 2
Bus 6S1Q21	31,288	29,784	0,13	7,06	Level 2
BUS 158 SLC, SILICA	17,736	17,046	0,13	3,86	Level 1
BUS 348 RAWMILL DRIVE	25,384	24,249	0,13	5,65	Level 2
BUS 348 RAWMILL ID FAN	25,291	24,162	0,13	5,63	Level 2
Bus 6S1Q23	25,84	24,678	0,13	5,76	Level 2
BUS 548 CEMENT MILL	21,323	20,43	0,13	4,7	Level 2



Hasil Perbandingan Perhitungan Insiden Energi Sesuai Standart IEEE 1584-2002 Dengan Metode Modifikasi Pada Sistem *Resetting* Penambahan Rele Diferensial

Tabel 7 Perbandingan perhitungan besar insiden energi *arc flash* sesuai standar IEEE 1584-2002 dengan modified pada sistem *resetting* penambahan rele diferensial

BUS ID	Insiden Energi (cal/cm ²) <i>Resetting</i>	Kategori	Insiden Energi (cal/cm ²) <i>Modified</i>	Kategori
Bus 5E1Q22	7,033	Level 2	6,254	Level 2
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	6,793	Level 2	6,052	Level 2
BUS 5W1 KILN DRV	6,616	Level 2	5,911	Level 2
BUS 5W2 COOLER	6,603	Level 2	5,901	Level 2
BUS 21 KILN ID FAN	6,832	Level 2	6,081	Level 2
Bus 5E1Q23	7,226	Level 2	6,224	Level 2
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	6,970	Level 2	6,019	Level 2
BUS 5TB1 TAMBANG	5,848	Level 2	5,153	Level 2
BUS 24 RAWMILL	5,899	Level 2	5,187	Level 2
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	7,026	Level 2	6,053	Level 2
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	6,904	Level 2	5,968	Level 2
Bus 6S1Q21	7,055	Level 2	6,387	Level 2
BUS 158 SLC, SILICA	3,860	Level 1	3,622	Level 1
BUS 348 RAWMILL DRIVE	5,650	Level 2	5,122	Level 2
BUS 348 RAWMILL ID FAN	5,628	Level 2	5,114	Level 2
Bus 6S1Q23	5,757	Level 2	5,408	Level 2
BUS 548 CEMENT MILL	4,694	Level 2	4,378	Level 2

Hasil Perbandingan FPB Berdasarkan Standar IEEE 1584-2002 Dengan Metode Modifikasi Pada Sistem *Resetting*

Tabel 8 Perbandingan FPB berdasarkan standar IEEE 1584-2002 dengan metode modifikasi pada sistem *resetting*

BUS ID	Insiden Energi		Insiden Energi	
	(cal/cm ²) <i>Resetting</i>	FPB (m)	(cal/cm ²) <i>Modified</i>	FPB (m)
Bus 5E1Q22	30,838	25,699	26,128	21,674
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	19,335	15,906	16,562	13,566
BUS 5W1 KILN DRV	18,831	15,480	16,183	13,247
BUS 5W2 COOLER	18,793	15,448	16,157	13,225
BUS 21 KILN ID FAN	19,443	15,997	16,628	13,622
Bus 5E1Q23	31,682	26,423	25,369	21,027
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	19,836	16,330	16,157	13,225
BUS 5TB1 TAMBANG	16,645	13,636	13,939	11,363
BUS 24 RAWMILL	16,79	13,758	14,013	11,425
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	19,996	16,465	16,218	13,277
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	19,651	16,173	16,017	13,108
Bus 6S1Q21	30,935	25,782	27,039	22,451
BUS 158 SLC, SILICA	10,985	8,896	10,104	8,164
BUS 348 RAWMILL DRIVE	16,079	13,160	14,153	11,542
BUS 348 RAWMILL ID FAN	16,017	13,108	14,150	11,540
Bus 6S1Q23	25,244	20,921	23,125	19,118
BUS 548 CEMENT MILL	13,36	10,878	12,164	9,879





Hasil Perbandingan FPB Berdasarkan Standar IEEE 1584-2002 Dengan Metode Modifikasi Pada Sistem *Resetting* Penambahan Rele Diferensial

Tabel 9 Perbandingan FPB berdasarkan standar IEEE 1584-2002 dengan metode modifikasi pada sistem *resetting* penambahan rele diferensial

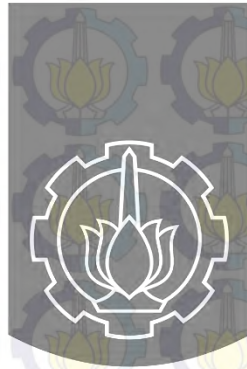
BUS ID	Insiden Energi	FPB (m)	Insiden Energi	FPB (m)
	(cal/cm ²) <i>Resetting</i>		(cal/cm ²) <i>Diferensial</i>	
Bus 5E1Q22	7,033	21,674	6,254	4,986
BUS 5R2 RAWMILL ID FAN	6,793	13,566	6,052	4,821
BUS 5W1 KILN DRV	6,616	13,247	5,911	4,705
BUS 5W2 COOLER	6,603	13,225	5,901	4,697
BUS 21 KILN ID FAN	6,832	13,622	6,081	4,844
Bus 5E1Q23	7,226	21,027	6,224	4,962
BUS 5R1 RAWMILL ID FAN	6,970	13,225	6,019	4,794
BUS 5TB1 TAMBANG	5,848	11,363	5,153	4,086
BUS 24 RAWMILL	5,899	11,425	5,187	4,114
BUS 32 KILN IIIC/LC2.1	7,026	13,277	6,053	4,822
BUS 33 KILN IIIB/LC2.0	6,904	13,108	5,968	4,752
Bus 6S1Q21	7,055	22,451	6,387	5,095
BUS 158 SLC, SILICA	3,860	8,164	3,622	2,844
BUS 348 RAWMILL DRIVE	5,650	11,542	5,122	4,061
BUS 348 RAWMILL ID FAN	5,628	11,540	5,114	4,055
Bus 6S1Q23	5,757	19,118	5,408	4,294
BUS 548 CEMENT MILL	4,694	9,879	4,378	3,456

1. Koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan di PT. Semen Padang memiliki sistem koordinasi yang kurang tepat, terdapat *delay* waktu yang melebihi *grading time*, serta beberapa kurva rele pengaman memotong kurva beban seperti kurva rele RL-21DIST02-DT yang memotong arus pengisian (*inrush current*) pada trafo TR. 21DIST02-DT maupun kurva rele RL-5R1M01-RMF yang memotong arus *starting* (*lock rotor current*) motor 5R1M01-RMF. Hal ini mengakibatkan sistem bekerja secara tidak sempurna. Sehingga diperlukan koordinasi ulang pada sistem koordinasi proteksi di sistem kelistrikan PT. Semen Padang.
2. Perhitungan insiden energi *arc flash* dengan menggunakan metode modifikasi, perhitungan lebih akurat dalam merepresentasikan insiden energi yang sebenarnya. Hal ini karena metode modifikasi mempertimbangkan berkurangnya kontribusi arus hubung singkat berdasarkan periode waktu hubung singkat, dan mempertimbangkan waktu putusnya masing-masing *circuit breaker* untuk melokalisir gangguan. Sehingga hasil perhitungan metode modifikasi lebih kecil dari pada perhitungan dengan standard IEEE 1584-2002. Sebagai contoh insiden energi pada Bus 5E1Q22 dengan perhitungan standar IEEE1584-2002 adalah $30,838 \text{ cal/cm}^2$ sedangkan dengan metode modifikasi adalah $26,128 \text{ cal/cm}^2$.





3. Hasil perhitungan insiden energi *arc flash* saat kondisi *resetting* masih berbahaya terutama pada bus utama Bus 5E1Q22, Bus 5E1Q23, Bus 6S1Q21, dan Bus 6S1Q23 yang berada pada kategori 4. Sehingga dilakukan studi penambahan rele diferensial pada sistem proteksi sebagai pengaman utama. Hasil perhitungan insiden energi dari penambahan rele diferensial diperoleh nilai insiden energi menurun menjadi kategori 2. Hal ini dikarenakan ketika terjadi gangguan pada salah satu dari keempat bus tersebut, rele diferensial bekerja sebagai pengaman utama dengan waktu yang sangat cepat, sedangkan rele arus lebih sebagai *back up*.



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TERIMA KASIH