

Analisis Reduksi Arc Flash Energi Pada Sistem Kelistrikan PT.Semen Gresik(Persero) Tbk.

I Made Wiryanata

I Made Wartana

Jurusan teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi nasional Malang(ITN)

Demawir23@gmail.com

ABSTRAK

Arc Flash yang terjadi pada sistem kelistrikan menimbulkan kerugian yang sangat besar. Insiden energi yang dilepaskan dapat merusak peralatan dan terutama dapat membahayakan pekerja yang bekerja di lingkungan tersebut. Perlu sistem pengamanan yang mampu mengatasi gangguan tersebut. Koordinasi pengamanan yang selektif tentu akan mempertimbangkan jarak waktu antar pengamanan untuk menjaga kontinuitas serta stabilitas aliran daya ke lokasi yang tidak mengalami gangguan. Permasalahan yang timbul adalah hal tersebut mengakibatkan pengamanan dari *Arc Flash* belum efektif dalam mengurangi bahaya *Arc Flash*. Sesuai dengan standar koordinasi proteksi, pengamanan yang semakin jauh dari beban *setting* waktunya akan diset relatif lebih lama untuk menjaga selektifitas. Hal tersebut mengakibatkan insiden energi *Arc Flash* akan besar. Namun demikian, energi yang dihasilkan oleh busur api setelah dilakukan koordinasi proteksi perlu dipertimbangkan agar tidak melampaui standar yang diizinkan. Analisa busur api dilakukan dengan menggunakan perhitungan standar IEEE 1584-2002. Setelah dilakukan beberapa analisa didapatkan bahwa beberapa daerah di PT. SEMEN GRESIK (persero) memiliki nilai insiden energi diatas kategori 4, sehingga dilakukan resetting FCT (*fault clearing time*) sebagai pengamanan utama agar nilai insiden energi busur api bisa dikategorikan sesuai standard NFPA 70E.

Kata Kunci : *Arc Flash*, Busur Api, IEEE 1584-2002, Insiden Energi, Koordinasi Proteksi, NFPA 70E, PT. Semen Gresik (persero)

I. PENDAHULUAN

PT. Semen Gresik (persero) merupakan salah satu anggota PT. Semen Indonesia yang berlokasi di Gresik, Jawa timur. PT. Semen Gresik saat ini memiliki pabrik dengan kapasitas produksi sebesar 6,9 juta ton per tahun. Untuk menunjang proses produksi PT. Semen Gresik memiliki pabrik dengan total beban 90 MW. Dengan beban yang sangat besar tersebut, membuat tingkat bahaya sistem kelistrikan semakin meningkat, dalam hal ini adalah adanya bahaya *Arc Flash* (busur api). Oleh sebab itu, demi menjaga keamanan dan keselamatan pekerja dari bahaya *Arc Flash*, perlu diketahui besarnya energi yang dihasilkan. Besarnya insiden energi yang dihasilkan tergantung

dari waktu kerja sistem pengamanan akibat gangguan arus hubung singkat. Semakin cepat rele pengamanan bekerja semakin kecil pula tingkat insiden energi *Arc Flash* yang ditimbulkan [1].

Oleh karena itu, perlu dikaji atau dipelajari tingkat insiden energi *Arc Flash* yang ditimbulkan guna memberikan peringatan kepada para pekerja maupun orang disekitarnya, seperti alat pelindung diri yang harus dikenakan sebagai langkah pencegahan agar terhindar dari jatuhnya korban jiwa. Berdasarkan standar IEEE 1584-2002 yang berkaitan tentang masalah busur api, analisa bahaya busur api harus dilakukan dengan melakukan studi terhadap hubung singkat dan koordinasi proteksi. Studi hubung singkat diperlukan untuk mendapatkan nilai arus bolted gangguan tiga fasa [2].

Sedangkan studi koordinasi proteksi diperlukan untuk menentukan waktu pada peralatan proteksi dalam mengisolasi ketika terjadi gangguan hubung singkat. Tetapi pada standar ini, tidak dipertimbangkan berkurangnya kontribusi arus hubung singkat pada tiap satuan waktu, dan waktu pemutusan masing-masing CB (Circuit Breaker) dalam melokalisir gangguan [2].

Melihat bahaya serta kerugian dari *Arc Flash* yang begitu besar, maka diperlukan suatu teknik atau metode untuk mengurangi energi insiden yang dilepaskan oleh *Arc Flash*. Sehingga dengan berkurangnya energi yang dilepas maka bahaya yang ditimbulkan pun berkurang. Salah satu teknik yang mampu mengurangi insiden energi dari *Arc Flash* pada tegangan rendah adalah teknik *Arc Flash*. Teknik ini mengacu pada prinsip semakin cepat *arcing fault current* dihilangkan maka semakin kecil incident energy yang dilepaskan. Dari penerapan teknik *Arc Flash* ini pada PT.Semen Gresik (persero) Tbk diharapkan insiden energi *Arc Flash* yang terjadi berkurang hingga mencapai kategori yang rendah dengan alat pelindung diri yang sesuai standar.[2]

II. KAJIAN PUSTAKA

A. 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 seperti terlihat pada gambar 2.1. 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* [2]. Plasma energi yang memicu terjadinya *Arc Flash* mengakibatkan beberapa kerugian fisik berupa ledakan bola api yang terhempas ke luar, panas yang dihasilkan ledakan bola api ini jika mengenai tubuh manusia dapat menyebabkan luka bakar yang parah. Cahaya gelombang bertekanan yang dihasilkan oleh ledakan dapat merusak dan menghempaskan orang ataupun peralatan yang ada disekitarnya. Sementara itu bunyi ledakan dapat mengganggu pendengaran dan konduktor yang meleleh menjadi tetesan-tetesan logam cair panas yang berpencah ke segala penjuru. Secara fisik korban sangat mungkin menderita cedera kronis yang parah dan efek traumatik berkepanjangan berupa kecemasan, depresi, ataupun gejala psikologis lainnya [4]. Perencanaan kerja dan kepatuhan merupakan syarat mutlak untuk mengurangi terjadinya kemungkinan kecelakaan tragis akibat *Arc Flash*. Syarat ini berupa rincian strategi untuk mngeliminasi dan menanggulangi bahaya *Arc Flash*. Tindakan penyelamatan dan pencegahan yang pertama dapat berupa eliminasi atau substitusi, yaitu pengecekan dan pengujian secara berkala terhadap peralatan dan grounding. Tindakan lainnya berupa teknik kontrol yaitu berupa tindakan *preventif* agar tidak mendekati lokasi dan mengunci serta meninggikan pagar terhadap peralatan dan lokasi bahaya *Arc Flash*. Tindakan selanjutnya adalah berupa administrasi kontrol yang mencakup pelatihan kepada para pekerja akan bahaya dan cara penyelamatan serta tindakan pencegahan *Arc Flash*. tindakan selanjutnya adalah berupa *Personal Protective Equipment* atau PPE yang merupakan peralatan pelindung pribadi yang biasanya dianggap paling efektif sebagai metode perlindungan. PPE mencakup sarung tangan, pakaian tahan api dan pelindung wajah sesuai 6 dengan standar yang telah ditentukan [4]. Dan tindakan terakhir adalah dengan mengurangi insiden energi dari *Arc Flash* itu sendiri. Dengan pengurangan energi yang dilepaskan, akan mengurangi juga dampak bahaya dari *Arc Flash* ini. Semakin kecil insiden energi tentu lebih aman untuk pekerja dan juga baik untuk lifetime dari peralatan itu sendiri.

B. Waktu Kliring atau Fault clearing time (FCT)

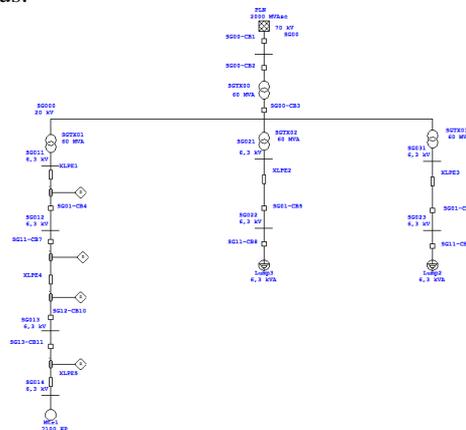
fault clearing time (FCT) atau Waktu kliring adalah jumlah waktu yang dibutuhkan perangkat perlindungan sirkuit untuk menghapus kesalahan. Sebuah arc flash terjadi ketika terjadi hubungan pendek (gangguan) di dalam

peralatan. Setelah dimulai, blitz akan terus berkembang hingga perangkat pelindung arus lebih dulu, seperti pemutus sirkuit atau sekering membuka rangkaian mematikan pasokan energi. Jika sekering yang berhembus cepat atau memiliki apa yang disebut waktu kliring pendek dipasang di sirkuit, flash busur berikutnya akan kecil karena tidak punya waktu untuk tumbuh. jika sirkuit bergantung pada sekering yang di miliki waktu kliring yang lama, flash dapat meluas ke level yang berbahaya maka Perhitungan fault clearing time (FCT) merupakan hal yang penting karena berhubungan dengan kestabilan sistem akibat gangguan besar seperti hubung singkat. Bekerjanya pemutus daya untuk mengisolasi gangguan tidak menjamin sistem akan kembali stabil. Sistem akan kembali stabil apabila gangguan dihilangkan sebelum waktu pemutus kritisnya dan sistem tidak stabil bila gangguan dihilangkan setelah waktu pemutus kritisnya.

Durasi dari insiden arc flash bergantung pada fault clearing time dari peralatan proteksi di atasnya. Di paiton unit 7/8 terdapat dua tipe bus protection yang digunakan yaitu relay differensial dan relay arus lebih. Perhitungan arc flash menggunakan fault clearing time (FCT) berdasarkan pada typical dari relay operatio yang digunakann. Perhitungan fault clearing time (FCT) adalah sebagai berikut: $FCT(second) = (Protection Relay + Locout Relay + Circuit Breaker)operating time$ (3) Untuk menentukan fault clearing time relay proteksi pada setiap bus, arus gangguan pada setiap bus disimulasikan dengan menggunakan ETAP dan single line. sesuai ketentuan dari PLN waktu pemutus tidak melebihi 0,3 – 0,8 detik [8].

III . Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik

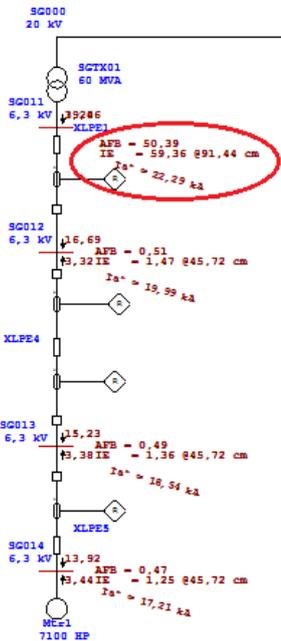
Dalam mengolah data ini dibutuhkan sebuah rangkaian kelistrikan sebagai bahan uji coba. Berikut dijelaskan tentang sistem kelistrikan PT. Semen Gresik. Gambar diambil disimulasikan ke 10 bus.



Gambar 1. single line PT.Semen gresik..

SG11-CB7, rele BUS SG013-SG12-CB10, rele BUS SG014-SG13-CB11 Single line diagram untuk tipikal 1 dapat dilihat pada gambar 4.

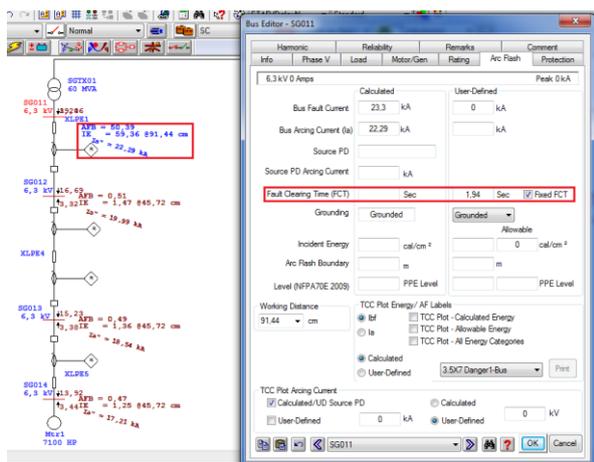
C. Tipikal bus SG011.



Gambar. 4. Tipikal Bus SG011.

Pada gambar 4. Terdapat Bus SG011 sebagai pembandingan hasil apakah dapat mengurangi insiden Arc Flash sebelum di lakukan *resetting* FCT (*fault Clearing Time*). Di ambil pembandingan pada bus SG011 karena insiden dengan nilai terbesar terletak pada bus tersebut

D. Existing BUS SG011.

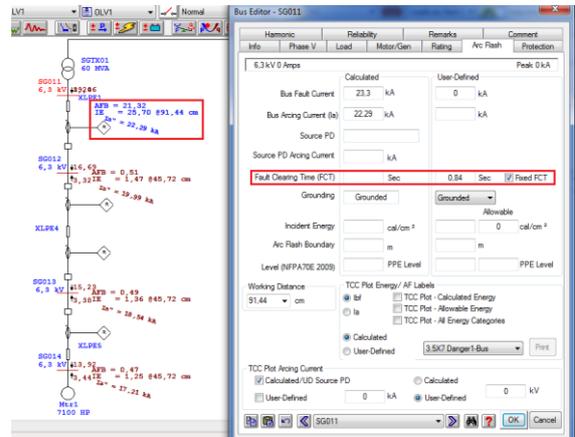


Gambar 5. Existing BUS SG011 Perbandingan Sebelum Reseting.

Pada gambar 5. yang bertanda merah menunjukkan Bus SG011 dengan nilai insiden sebesar 59,39 cal/cm² memasuki standart nilai

insiden kategori 4 pada setting FCT (*Fault Clearing Time*) 1,94 sec.

E. Resetting BUS SG011.



Gambar. 6. Perbandingan Bus SG011 setelah resetting.

Pada gambar 6 yang bertanda merah dengan melakukan resetting FCT (*fault Clearing Time*) menjadi 0,84 sec. Nilai insiden pada Bus SG011 dapat mengurangi insiden Arc Flash menjadi 25,70 cal/cm²

Standar IEEE 1584-2002

Untuk perhitungan menggunakan standar IEEE 1584-2002, dengan tegangan system 6,3 kV untuk *switchgear ungrounded system* pada system kelistrikan PT. Semen Gresik ($C_f = 1,0$; $K_1 = -0,555$; $K_2 = 0$; $G = 153$ mm; $x = 0,973$). Dengan menggunakan persamaan Rumus yang tercantum pada Kajian Pustaka maka, dapat ditentukan besarnya nilai insiden energi sebagai berikut:

Perhitungan Insiden Energi Bus SG011 pada saat sebelum dilakukan resetting:

Kemudian dengan menggunakan rumus [1]

$$I_g E_n = -0,555 + 0 + 1,081 \cdot I_g(22,29) + 0,0011 \cdot 153$$

$$I_g E_n = -0,555 + 24,095 + 0,1683$$

$$E_n = 24,818$$

$$E_n = 10^{I_g E_n}$$

$$E_n = 24,818 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4,184 \cdot C_f \cdot E_n \cdot \left(\frac{t}{0.2}\right) \cdot \frac{610^x}{D^x} \quad [2]$$

$$E = 4,184 \cdot 1,24 \cdot 24,818 \cdot \left(\frac{0.8}{0.2}\right) \cdot \frac{610^{0.973}}{914,4^{0.973}}$$

$$E = 59,19 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan Insiden Energi Bus SG011 setelah setting.

Kemudian dengan menggunakan rumus [1]

$$I_g E_n = -0,555 + 0 + 1,081 \cdot I_g(22,29) + 0,0011 \cdot 153$$

$$E_n = 7,44$$

$$E_n = 10^{I_g E_n}$$

$$E_n = 7,44 \text{ J/cm}^2$$

$$E = 4,184 \cdot C_f \cdot E_n \cdot \left(\frac{t}{0.2}\right) \cdot \frac{610^x}{D^x} \quad [2]$$

$$E = 4,184 \cdot 1.7,44 \cdot \left(\frac{0,84}{0,2}\right) \cdot \frac{610^{0,973}}{914,4^{0,973}}$$

$$E = 25,70 \text{ cal/cm}^2$$

Dari hasil perhitungan manual didapatkan hasil yang hampir sama dengan hasil simulasi. Hasil ini menunjukkan bahwa besaran energi yang didapat telah sesuai. *Perbandingan Energi Busur Api (Existing) dan (Resetting) dengan Standar IEEE 1584-2002*

Dari table 4.2 ditampilkan data besar insiden energi dan kategori level pada waktu *existing* dan setelah *resetting* untuk perhitungan dengan standar IEEE 1584-2002. Tabel tersebut menunjukkan nilai insiden energi pada kondisi *resetting* lebih kecil dibandingkan pada waktu *existing*. Pada waktu *existing* koordinasi proteksi dari beban menuju sumber untuk Melakukan reseting FCT (*fault clearing time*) untuk meningkatkan koordinasi rele agar insiden dapat diperkecil untuk melokalisir gangguan dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya insiden *arc flash*

Perbandingan Besar Energi arc flash setelah *resetting* FCT salah satu yang mempengaruhi besar insiden busur api adalah waktu yang diperlukan untuk melokalisir gangguan. Dalam hal ini, rele differensial mempunyai waktu kerja yang sangat cepat.

Table 4. Hasil Simulasi Insiden Energi *Existing* dan *Resetting*

Bus ID	Insiden Energi <i>Resetting</i> (cal/cm ²)	Kategori	Insiden Energi <i>Existing</i> (cal/cm ²)	Kategori
BUS SG011	25,70	Level 3	59,39	>Level 4

Berdasarkan Table 4. dengan melakukan reseting FCT (*fault clearing time*) pada tipikal 1 Bus SG011 maka dapat mengurangi insiden arc flash dari 59,39 cal/cm² menjadi 25,70 cal/cm². Total penyusutan insiden *arc flash* sebesar 33,69 cal/cm²

Dari hasil analisis energi arcflash setelah di lakukan *resetting* FCT (*fault clearing time*) di dapat Standart nilai yang digunakan untuk insiden energi adalah kategori 3 dimana PPC *outfit* yang dibutuhkan meliputi pakaian dalam katun ditambah baju dan celana tahan api ditambah mantel dan celana tahan api double layer.terdapat pada gambar 4.8.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi pada sistem kelistrikan di PT. Semen Gresik dengan reduksi *arc flash*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1.Nilai insiden energi *Arc Flash* Pada PT. Semen Gresik cukup besar dengan memasuki standart nilai insiden kategori 4 sehingga perlu di lakukan *Resetting* FCT (*fault clearing time*).
- 2.Insiden Energi *Arc Flash* yang terjadi pada salah satu Bus memasuki standart nilai kategori 4 yaitu 59.39 cal/ cm²
- 3.*Resetting* dilakukan pada rangkaian tipikal 1 yang dilakukan dengan membandingkan dari sebelum *resetting* FCT (*fault clearing time*) awal sebesar 1,94 sec. ke sesudah *resetting* sebesar 0,84 sec
- 4.Penambahan *resetting* tipikal 1 maka dapat mengurangi insiden *arc flash* dari 59.39 cal/cm² menjadi 25,70 cal/cm². Total penyusutan insiden *arc flash* sebesar 33,69 cal/cm²
- 5.Standart nilai yang digunakan untuk insiden energi adalah kategori 3 dimana PPC *outfit* yang dibutuhkan meliputi pakaian dalam katun ditambah baju dan celana tahan api ditambah mantel dan celana tahan api *double layer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andryana dkk (2017) meneliti tentang *Studi perencanaan koordinasi proteksi mempertimbangkan Busur Api pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Aceh Menggunakan Standar IEEE 1584-2002.*
- [2] Prasongko dkk (2012) meneliti tentang *Analisis dan Reduksi Bahaya Arc Flash pada Sistem Kelistrikan*
- [3] NFPA 70E-2004 *Electrical safety requirements for Employee Workplaces.*
- [4] *IEEE 1584-2002 Guide for performing arc-flash Hazard Calculation.*
- [5] Sugiharto dan Abduh (2018) *meneliti tentang Analisis ARC Flash 6,3 KV PT HOLCIM INDONESIA TBK. BOGOR, JAWA BARAT.*
- [6] Syafar A.muhammad (2010). *Study keandalan distance rele jaringan 150 Kv Gi Tello-Gi Pare-Pare.* Jurusan teknik elektro. Universitas makasar. Makasar Indonesia
- [7] Bann dri, Sepanur (2016). *Study settingan distance rele pada saluran 150 Kv di Gi payakumbuh menggunakan sodtware matlab.* Fakultas teknologi industry, Institut teknologi padang. Indonesia.
- [8] Putra,Muhammad Ardiansyah Asmara (2018) perbaikan fault Clearing time pada penyulang gardu induk kebonagung menggunakan pengaman rele Arus lebih pola non kaskade. Sarjana thesis, universitas Brawijaya.

