

REDESAIN SISTEM PROTEKSI GEDUNG DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA UNIVERSITAS DIPONEGORO

Agil Bayu Trisna^{*)}, Bambang Winardi, Ajub Ajulian Zahra Macrina

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)E-mail: agilbayu@students.undip.ac.id}

Abstrak

Gedung Departemen teknik kimia dibangun pada tahun 1965 dan merupakan salah satu tempat utama dalam kegiatan pembelajaran di Universitas Diponegoro. Seiring dengan keluarnya PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2011 maka diperlukannya evaluasi terhadap sistem kelistrikan gedung Departemen Teknik Kimia. Hal ini bertujuan agar keselamatan dan keamanan gedung sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini dilakukan perancangan ulang sistem proteksi pada gedung Departemen Teknik Kimia dengan menggunakan perangkat bantu ETAP 12.6.0. Penentuan arus nominal gawai proteksi rancangan sistem akan dibuat dengan mengacu pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 sedangkan koordinasi gawai proteksi digunakan standar IEEE 242-2001. Pada hasil tugas akhir ini terdapat penggantian unit gawai proteksi yang sesuai standar. Adapun koordinasi gawai proteksi sudah diatur sesuai karakteristik kurva, nilai, serta setting dari masing-masing gawai proteksi.

Kata Kunci: Proteksi, LVCB, ETAP 12.6.0, PUIL 2011, IEEE 242-2001, Perancangan Ulang

Abstract

The Chemical Engineering Department building was built in 1965, is one of the main places for learning activities at Diponegoro University. Along with the issuance of PUIL (General Electrical Installation Requirements) 2011, it is necessary to evaluate the electrical system of the Chemical Engineering Department building. This aims to ensure that building safety and security comply with established standards. Therefore, in this Final Project a redesign of the protection system was carried out in the Chemical Engineering Department building using ETAP 12.6.0. Determination of the nominal current protection device system design will be made by referring to the 2011 General Electrical Installation (PUIL) General Requirements while the protection device coordination uses the IEEE 242-2001 standard. In this final project result, there is a replacement of the protective device unit in accordance with the standard. The coordination of the protection devices is set according to the characteristics of the curve, the values, and the settings of each protection device.

Keywords: Protection, LVCB, ETAP 12.6, PUIL 2011, IEEE 242-2001, Redesain

1. Pendahuluan

Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (DTKU) berdiri pada tahun 1965 dan secara resmi disahkan oleh Pemerintah Republik Indonesia dengan SK Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan No. 106/DIKTI/Kep/1984 [1]. Gedung Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro memiliki 3 gedung utama, yaitu gedung A, gedung B dan gedung C yang digunakan untuk ruang kuliah, laboratorium dan kantor. Demi menunjang aktivitas dosen dan mahasiswa dalam riset dan pembelajaran, maka diperlukan sistem kelistrikan yang memadai dan handal.

Gedung Departemen Teknik Kimia dan saat ini telah berumur lebih dari 50 tahun perlu dilakukan evaluasi instalasi listrik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi

kelistrikan sebuah gedung saat ini masih memenuhi persyaratan teknik dan keselamatan. Baik berupa perubahan kualitas maupun kuantitas. Perubahan tersebut berpengaruh terhadap kelayakan instalasi dan keselamatan pemakainya [2].

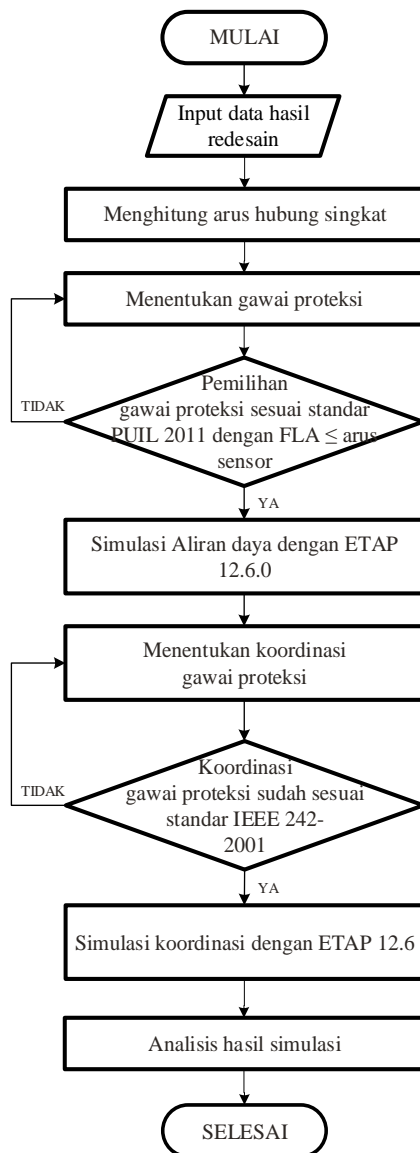
Pemilihan kapasitas gawai proteksi tidak hanya menghitung arus nominal yang mengalir saja melainkan juga harus memperhatikan arus hubung singkat yang dapat mengalir pada jaringan tersebut [3]. Penentuan arus hubung singkat yang tidak sesuai dapat menyebabkan gawai proteksi tidak dapat berjalan dengan optimal. Selain itu, koordinasi antar gawai proteksi juga harus diperhatikan agar sifat selektif pada persyaratan proteksi dapat terpenuhi [4].

Berdasarkan hal tersebut, pada Tugas Akhir ini dirancang sebuah rancangan ulang sistem proteksi Gedung Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro yang sesuai standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 dengan menggunakan software bantu ETAP 12.6. Metode simulasi dan perhitungan digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan spesifikasi gawai proteksi dan koordinasinya dengan mengacu pada dan IEEE 242-2001 [5].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Langkah Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



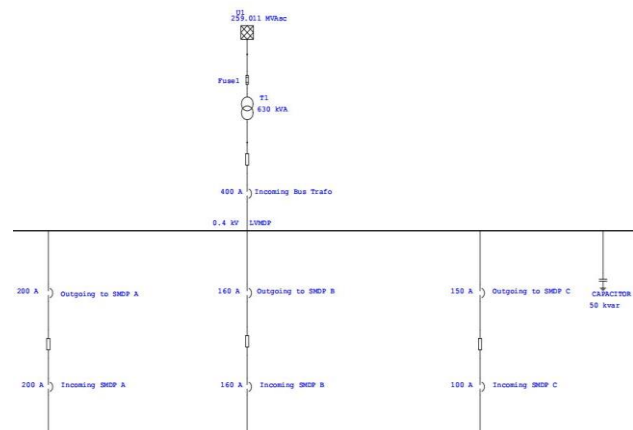
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dapat dilihat pada Gambar 3.1 merupakan langkah – langkah metodologi penelitian tugas akhir yang ditempuh. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data redesain yang terdapat pada Gedung Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Data hasil redesain tersebut kemudian digunakan untuk menghitung arus hubung singkat pada setiap bus dengan standar IEC 60909-0. Arus hubung singkat tersebut digunakan untuk menentukan gawai proteksi yang sesuai dengan standar PUIL 2011. Setelah itu menggambarkan hasil rancangan tersebut dengan software bantu yaitu ETAP 12.6.0 dan menentukan pemilihan gawai proteksinya dengan software bantu ini. Setelah itu mengatur koordinasi gawai proteksi sesuai dengan standar IEEE 242-2001. Pada tahap akhir yaitu membuat analisa berdasarkan hasil simulasi dari software bantu ETAP 12.6.0.

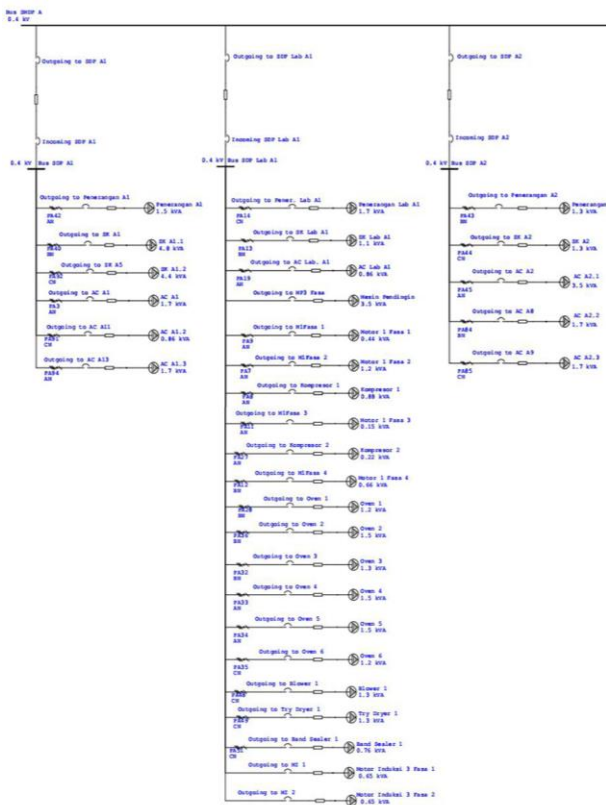
2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung melalui pengecekan secara fisik berdasarkan data-data peralatan riil yang ada di Gedung Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Selain itu, data juga didapat dari buku-buku mengenai denah dan peralatan yang disediakan oleh pihak Dekanat Fakultas Teknik dan Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro, serta data juga diambil dari beberapa datasheet peralatan, nameplate peralatan, dan juga berdasarkan pernyataan dari pihak Fakultas Teknik dan Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro sebagai pelengkap.

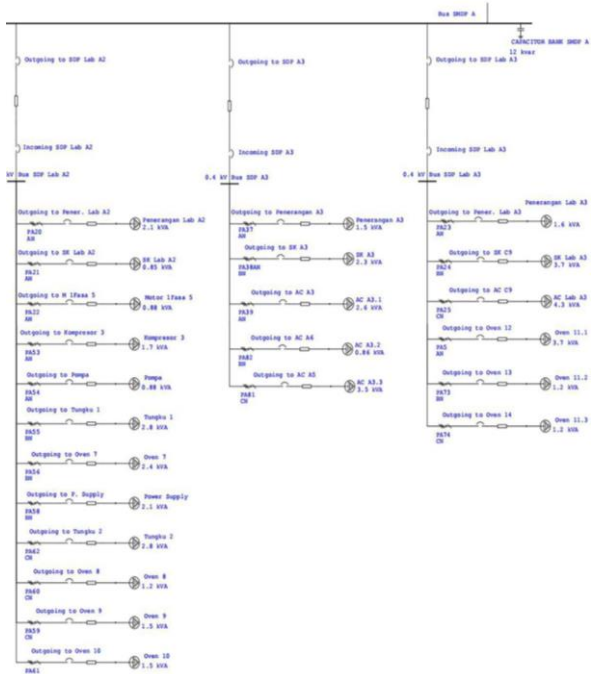
a. Single Line Diagram



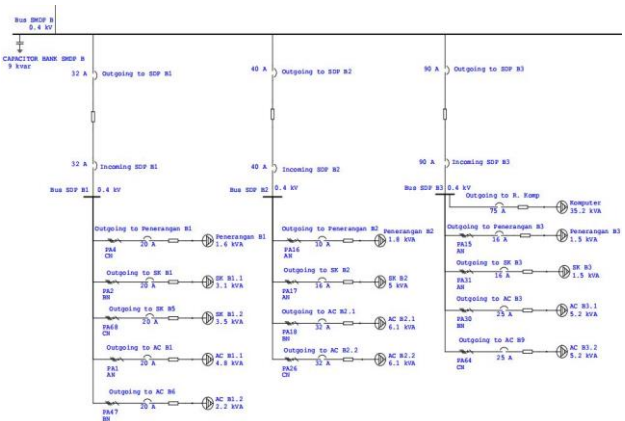
Gambar 2 a. Single Line Diagram LVMDP



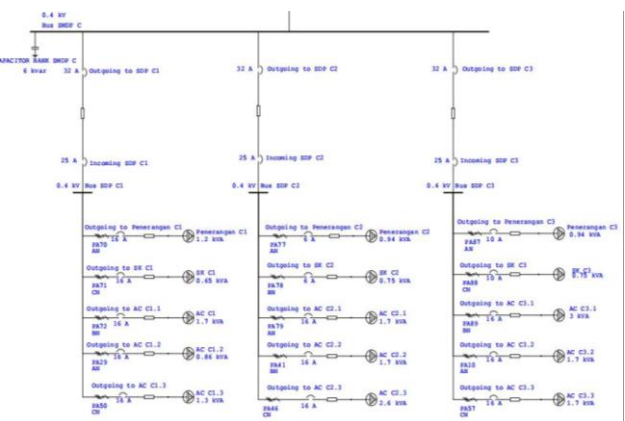
Gambar 2b. Single Line Diagram SMDP A1



Gambar 2c. Single Line Diagram SMDP A2



Gambar 2d. Single Line Diagram SMDP B



Gambar 2e. Single Line Diagram SMDP C

Dapat dilihat pada Gambar 2a, 2b, 2c, 2d, dan 2e bahwa pada LVMDP (Low Voltage Main Distribution Panel), panel dipasang oleh 1 trafo dan memasok 3 panel yaitu panel SMDP (Sub Main Distribution Panel) A, SMDP B, dan SMDP C. Panel SMDP A memasok 4 panel yaitu SDP (Sub Distribution Panel) A Lantai 1, SDP A Lantai 2, SDP A Lantai 3, SDP Lab A1, SDP Lab A2, dan SDP Lab A3. Panel SMDP B memasok 3 panel yaitu SDP B Lantai 1, SDP B Lantai 2, dan SDP B Lantai 3. Panel SMDP C memasok 3 panel yaitu panel SDP C Lantai 1, SDP C Lantai 2, dan SDP C Lantai 3.

b. Grid

Sumber daya pada Gedung Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro terhubung melalui feeder SRL 06 yang terdapat pada Gardu Induk Srandol. Gardu Induk ini memiliki trafo sebesar 60 MVA dengan MVA hubung singkat sebesar 7560,68 MVA dan berjarak kurang lebih 2,1 kilometer dengan gedung Teknik Kimia. Dengan asumsi kabel yang digunakan untuk saluran distribusi adalah kabel A3C 240 mm² (R = 0,1344 Ω dan X = 0,3158 Ω). Ihs sebesar 7.477 A. MVAhs pada grid gedung Teknik Kimia sebesar 259,011 MVA, dan X/R sebesar 5,382 Ω

sehingga sumber memiliki impedansi sebesar 0.000679508 Ω untuk impedansi urutan positif, negatif maupun nol.

c. Transformator

Transformator yang digunakan Gedung Departemen Teknik Kimia pada sistem jaringan ini adalah transformator keluaran Trafindo Perkasa dengan kapasitas 630 kVA. Transformator memiliki tegangan primer 20 kV dan tegangan sekunder 400 V dengan vektor grup YNyn-6 dan frekuensinya 50 Hz. Trafo ini memiliki impedansi sebesar 4% dan menggunakan pendingin dengan tipe ONAN (Oil Nature Air Nature).

d. Gawai Proteksi Eksisting

Pemilihan gawai proteksi yang baik ditentukan dari arus pengenal serta arus pemutusan yang sesuai dengan arus yang mengalir dan arus hubung singkat yang dapat mengalir pada saluran tersebut. Gawai proteksi yang digunakan saat ini pada Gedung Departemen Teknik Kimia adalah Merlin Gerin, Brocco, Augen, ABB, Fuji, Elitech, Hager, Kiso, legrand, BBC, dan Mitsubishi. Untuk model yang digunakan, pada gawai proteksi Merlin Gerin terdapat model Compact C100E, Compact C225E, dan Multi9. Pada gawai proteksi ABB digunakan model S63. Pada gawai Fuji digunakan model EA103A. Pada gawai proteksi legrand digunakan model DX3 6000. Pada gawai proteksi Mitsubishi digunakan model NF100CB dan NF50CS. Pada gawai proteksi BBC digunakan model S63.

e. Kabel

Semua kabel yang digunakan pada sistem jaringan ini adalah jenis PVC dan XLPE. Nilai impedansi kabel ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Impedansi kabel

No	Kabel	R (Ω)		jX (Ω)		Jarak (m)	Jumlah Konduktor
		R1 = R2	R0	jX1 = jX2	jX0		
1	Sumber PLN LVMDP	0,128	0,204	0,095	0,241	60	3
2	SMDP A	0,494	0,785	0,079	0,201	60	2
3	SMDP B	0,494	0,785	0,079	0,201	80	2
4	SMDP C	0,669	1,064	0,080	0,203	150	2

Dapat dilihat pada tabel 1. Bahwa nilai X dan R pada setiap kabel dipengaruhi oleh jumlah konduktor per fase, luas penampang konduktor, dan panjang konduktor.

3. Analisa dan Pembahasan

3.1. Analisa Kondisi Redesain

Kondisi hasil redesain gedung Departemen Teknik Kimia dirancang menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0. Perubahan dilakukan pada jumlah beban sehingga

menimbulkan perubahan arus beban penuh serta pemilihan kabel baru yang disesuaikan dengan kebutuhan dan penyesuaian kepada peraturan yang berlaku sehingga memunculkan impedansi kabel yang baru pula.

Adapun untuk pemilihan kabel yang baru menyebabkan adanya impedansi kabel yang baru dan memungkinkan adanya perubahan jumlah konduktor yang digunakan pula.

a. Perhitungan Arus Pengenal dan Kuat Hantar Arus Kabel

Perhitungan arus pengenal pada kondisi redesain diperlukan untuk menentukan gawai proteksi pada sistem jaringan. Arus pengenal yang digunakan adalah hasil perhitungan dari arus beban penuh (FLA) pada sistem jaringan gedung Departemen Teknik Kimia. Kuat hantar arus (KHA) kabel didasarkan atas spesifikasi dari kabel itu sendiri.

Tabel 2. Arus Pengenal dan Kuat Hantar Arus Kabel

No.	Nama Bus	FLA (A)	KHA Kabel (A)
1	Sumber PLN LVMDP	245,19	434
2	SMDP A	129,26	201
3	SMDP B	109,80	201
4	SMDP C	27,50	170

Dapat dilihat pada tabel 2. Bahwa nilai KHA kabel lebih besar daripada nilai arus beban penuh dari setiap bus.

b. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Pada redesain sistem kelistrikan ini terdapat pergantian kabel sehingga menyebabkan adanya perubahan nilai impedansi pada jaringan sistem kelistrikan sehingga menimbulkan nilai arus hubung singkat yang baru. Arus hubung singkat digunakan untuk menentukan kapasitas pemutusan gawai proteksi.

Tabel 3. Arus Hubung Singkat

No	Nama Bus	Perhitungan			
		L-L-L	L-L	L-L-G	L-G
1	Sumber PLN LVMDP	17,53	15,19	15,57	16,49
2	SMDP A	9,06	7,84	7,02	7,91
3	SMDP B	7,70	6,67	5,86	6,66
4	SMDP C	3,98	3,44	2,92	3,37

Pada tabel 3. menampilkan nilai perhitungan dari arus hubung singkat pada setiap bus. Nilai arus hubung singkat tersebut adalah nilai hubung singkat 3 fasa (L-L-L), 2 fasa (L-L), 2 fasa-tanah (L-L-G), dan 1 fasa-tanah (L-G).

c. Penentuan Gawai Proteksi Redesain

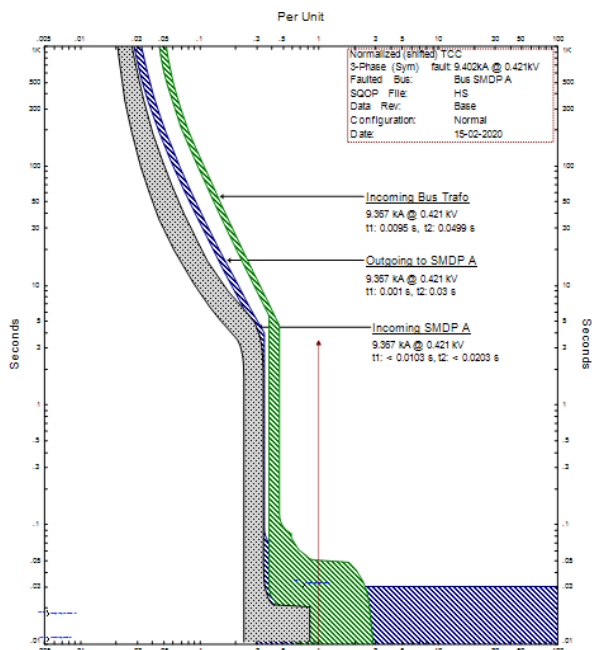
Gawai proteksi dapat ditentukan dengan menggunakan arus beban penuh sebagai arus pengenal dan arus hubung singkat sebagai arus pemutusan gawai proteksi. Pemilihan

kapasitas gawai proteksi harus lebih besar dari arus beban penuh dan lebih kecil dari kuat hantar arus kabel. Sedangkan untuk kapasitas pemutusan harus lebih besar dari arus hubung singkat terbesar pada bus.

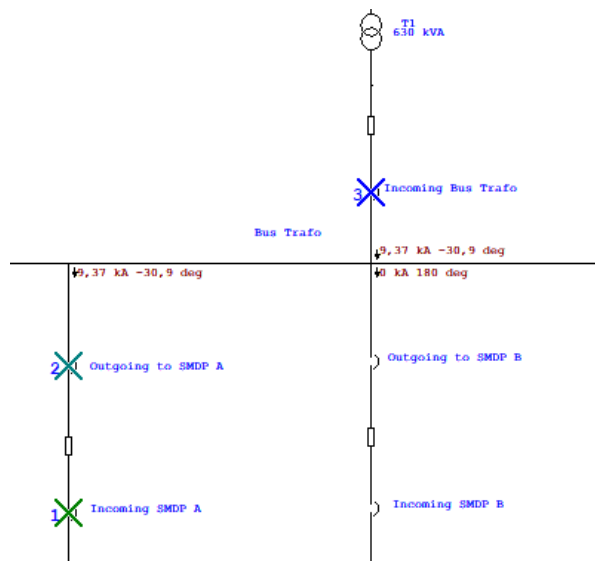
Gawai proteksi yang digunakan dalam redesain ini adalah Merlin Gerin, Mitsubishi, ABB, dan Schneider Electric. Terdapat dua jenis gawai proteksi yang dipilih yaitu jenis solid state drive dan jenis thermal magnetic. Jenis solid state drive yaitu merk Mitsubishi dengan model NSX400-N, NSX250-F, dan NSX160-F. Jenis thermal magnetic yaitu merk Merlin Gerin dengan model multi9 NC45a, multi9 C45, Compact C225E, dan Compact C100E, sedangkan merk ABB dengan model S200. Merk Mitsubishi menggunakan model NF100SP dan NF125SV. Dasar pemilihan dengan mempertimbangkan gawai proteksi yang sudah terpasang pada Gedung Teknik Kimia saat ini, ketersediaan pada software ETAP 12.6.0, dan ketersediaan gawai proteksi dipasaran.

d. Simulasi Koordinasi LVCB

Simulasi koordinasi LVCB dilakukan dengan menggunakan perangkat bantu ETAP 12.6.0. dengan menu *Star – Protective Device Coordination*. Untuk menentukan koordinasi LVCB diperlukan simulasi plot kurva pada menu *Create Star View* dan waktu pemutusan yang terdapat pada menu *Sequence Viewer*. Berikut adalah contoh plot kurva serta waktu pemutusan pada bus SMDP A.



Gambar 3a. Plot Kurva Bus SMDP A



Gambar 3b. Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus SMDP A					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 15-02-2020	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
20.3	Incoming S...	9.367	< 10.3	< 20.3	Condition
30.0	Outgoing to ...	9.367	1.0	30.0	Phase
49.9	Incoming Bu...	9.367	9.5	49.9	Phase

Gambar 3c. Waktu Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

Dapat dilihat pada Gambar 3a. bahwa ketika terjadi fault pada bus SMDP A, ketiga gawai proteksi bekerja yaitu gawai incoming Bus Trafo, gawai Outgoing to SMDP A, dan Incoming SMDP A. Hal ini disebabkan besar arus hubung singkat sudah melewati batas instantaneous masing-masing gawai proteksi.

Pada Gambar 3b. terlihat simbol silang beserta angka yang merupakan tanda gawai proteksi tersebut bekerja dan urutan gawai proteksi tersebut bekerja. Sedangkan pada Gambar 3c. menunjukkan waktu sebenarnya yang dibutuhkan gawai proteksi tersebut untuk bekerja. Selain itu juga menunjukkan nilai dari arus hubung singkat yang terjadi pada bus.

4. Kesimpulan

Arus hubung singkat yang terjadi pada Gedung Departemen Teknik Kimia pada kondisi redesain memiliki rata-rata selisih sebesar 4,3% pada gangguan 3 fasa, 4,75% pada gangguan 2 fasa, 4,65% pada gangguan 2 fasa-tanah, dan 12,31% pada gangguan fasa-tanah.

Gawai proteksi harus memiliki arus sensor yang tidak boleh lebih kecil dari arus beban penuhnya, pada circuit breaker Incoming Bus Trafo dengan arus beban penuh sebesar 245,19 A menggunakan arus sensor sebesar 400 A.

Gawai proteksi Outgoing to SMDP A menggunakan jenis solid state drive. Parameter pada gawai proteksi yang dapat diatur adalah Isensor, Ir (Long Time Pickup), dan Isd (Short Time Pickup) yaitu 200 A pada Isensor, 200 A pada Ir, dan 1400 A pada Isd. Sedangkan untuk tr (Long Time Band) dan Ii (Short-Circuit Instantaneous) tidak dapat diatur.

Gawai proteksi Incoming SMDP A menggunakan jenis thermal magnetic circuit breaker. Gawai proteksi yang digunakan pada kondisi redesain adalah bersifat fixed yang mana tidak dapat diatur Isensor, Ir, dan Im.

Urutan trip pada circuit breaker dimulai dari circuit breaker yang paling dekat dengan gangguan.

Referensi

- [1]. "Teknik Kimia UNDIP Gugus Penjaminan Mutu Teknik Kimia Undip." [Online]. Available: http://tekim.undip.ac.id/gpm/?page_id=6. [Accessed: 18-Jan-2020].
- [2]. Pandjaitan, Bonar, Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta, Indonesia: CV ANDI OFFSET, 2012.
- [3]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [4]. "Article 100 Definitions" dalam National Electrical Code Handbook, 12th ed, hal.23, National Fire Protection Association, Massachusetts, USA, 2011.
- [5]. IEEE Std 242-2001TM, IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2001.
- [6]. Juanda, M.P., "Evaluasi Setting Rele Arus Lebih (OCR) pada Beban Motor dan Generator 13,8 kV di Plant PT. Petrochina International Jabung LTD. Betara Complex Development dengan Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0" Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- [7]. Stevenson, William D., Analisis Sistem Tenaga Listrik, edisi keempat. Bandung, Indonesia: Erlangga, 1984.
- [8]. Sarimun, N. Wahyudi, Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Garamond, 2012.
- [9]. Adi, Fahri Z., "Redesain Sistem Proteksi Gedung Farmasi 1 PT. Konimex Solo" Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2019.
- [10]. Anderson, Paul, Power System Protection, Kanada, 1999.
- [11]. L. G. Hewittson, Practical Power System Protection, Newnes, 2004.
- [12]. Saxena, S., Ali, M., Singh, A., Gandhi, K., "Various Types of Circuit Breakers Used in Power System for Smooth Working of Transmission Line," MIT International Journal of Electrical and Instrumentation Engineering, vol. 2, no. 2, hal 106-111, Agt, 2012.
- [13]. Fitriyani, M.O., "Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator dan Trafo Generator di PLTGU Tambak Lorok Blok 1" Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- [14]. IEC 60909-0, "Calculation of currents" dalam Short-circuit currents in three-phase a.c. systems, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2001.
- [15]. Electrical Protection Relay, British Standard 142-1983.