

REDESAIN SISTEM PROTEKSI GEDUNG DEPARTEMEN TEKNIK PWK DAN TEKNIK ARSITEKTUR UNIVERSITAS DIPONEGORO

Sri Bintang Sangga Islami^{*}, Karnoto dan Denis

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

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

Abstrak

Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dibangun pada tahun 1992, dan gedung Departemen Teknik Arsitektur dibangun sejak tahun 1962 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 Penelitian ini dilakukan perancangan ulang sistem proteksi pada gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Departemen Teknik Arsitektur 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 Penelitian 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, ETAP 12.6.0, PUIL 2011, IEEE 242-2001, Perancangan Ulang

Abstract

The Urban and Regional Planning Engineering Department building was built in 1992 and Architectural Engineering Department building was built in 1962, and 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 The Urban and Regional Planning Engineering Department and Architectural 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, ETAP 12.6, PUIL 2011, IEEE 242-2001, Redesain

1. Pendahuluan

Program studi Teknik Arsitektur merupakan program studi yang dibuka pada 10 November 1962 dan memiliki 4 gedung dengan luas keseluruhan 4.125 m², sedangkan program studi Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota merupakan program studi yang dibuka pada tahun 1992 dengan Surat Keputusan Dirjen Dikti No.43/DIKTI/Kep/1992 tanggal 18 Maret 1992 dan memiliki 2 gedung dengan luas keseluruhan 1.500 m² [1]. Departemen Arsitektur Universitas Diponegoro memiliki 4 gedung utama, yaitu gedung A, gedung B, gedung C dan gedung D, untuk Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro memiliki 2 gedung utama, yaitu gedung A, dan gedung B 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 Arsitektur saat ini telah berumur lebih dari 50 tahun dan Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan kota saat ini telah berumur lebih dari 30 tahun untuk itu perlu dilakukan evaluasi instalasi listrik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kelistrikan sebuah gedung masih memenuhi persyaratan teknik dan keselamatan. Baik berupa perubahan kualitas maupun kuantitas. Perubahan

tersebut berpengaruh terhadap kelayakan instalasi dan keselamatan pemakainya [2].

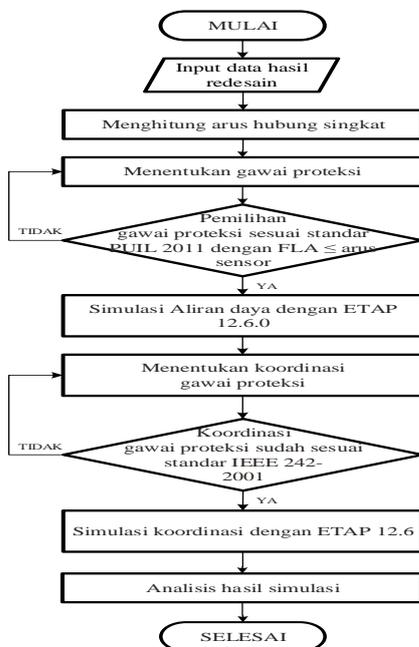
Pemilihan kapasitas gawai proteksi tidak hanya menghitung arus nominal yang mengalir saja melainkan juga harus memperhatikan arus hubung singkat yang dapat mengalir pada jaringan tersebut [3]. Penentuan arus hubung singkat yang tidak sesuai dapat menyebabkan gawai proteksi tidak dapat berjalan dengan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

Berdasarkan hal tersebut, pada Penelitian 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. Metode

2.1. Langkah Penelitian

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



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

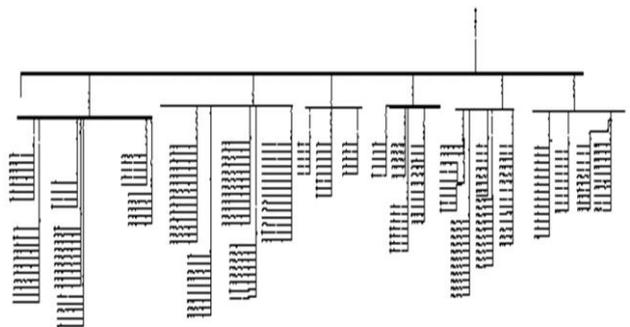
Dapat dilihat pada Gambar 2.1 merupakan langkah – langkah metodologi penelitian Penelitian yang ditempuh. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data redesain

yang terdapat pada Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro. Data hasil redesain tersebut kemudian digunakan untuk menghitung arus hubung singkat pada setiap bus dengan standar IEC 60909-0[6]. 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.

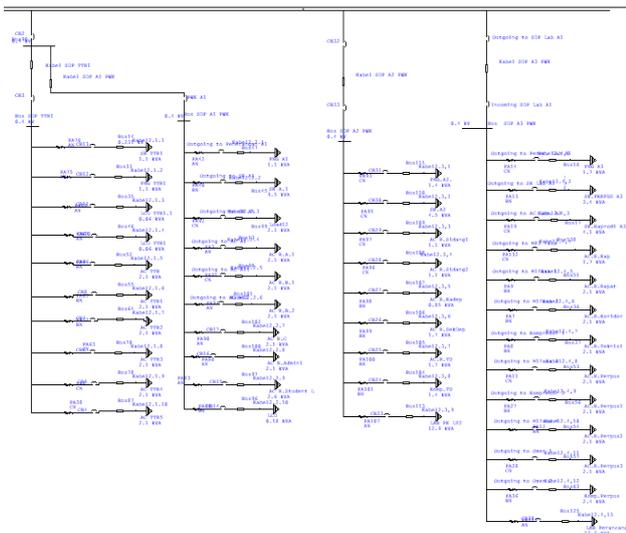
2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung melalui pengecekan secara fisik berdasarkan data-data peralatan riil yang ada di Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro. Selain itu, data juga didapat dari buku-buku mengenai denah dan peralatan yang disediakan oleh pihak Dekanat Fakultas Teknik dan Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro, serta data juga diambil dari beberapa datasheet peralatan, nameplate peralatan, dan juga berdasarkan pernyataan dari pihak Fakultas Teknik dan Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro sebagai pelengkap[7].

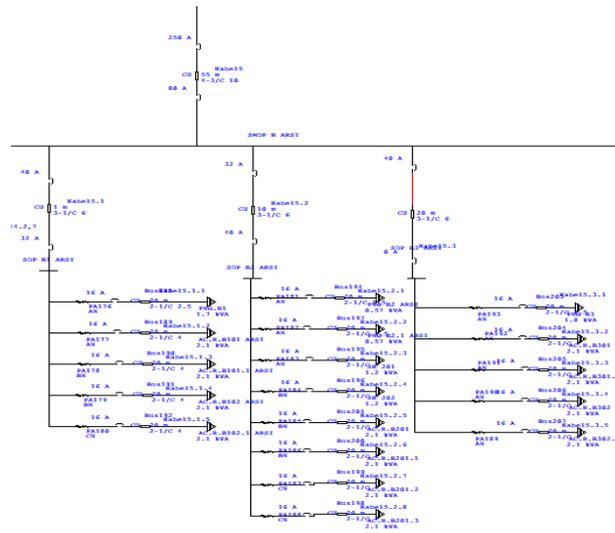
a. Single Line Diagram



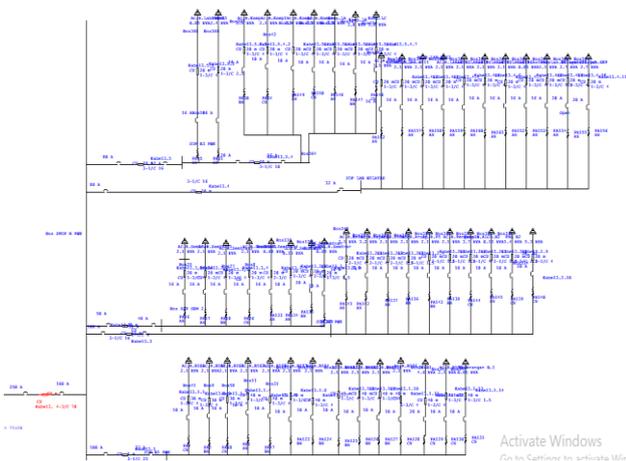
Gambar 2a. Single Line Diagram LVMDP



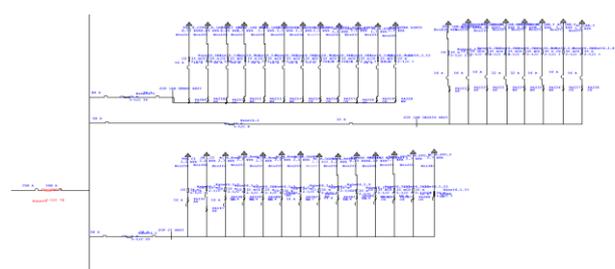
Gambar 2b. Single Line Diagram SMDP PWK A



Gambar 2e. Single Line Diagram SMDP ARSI B



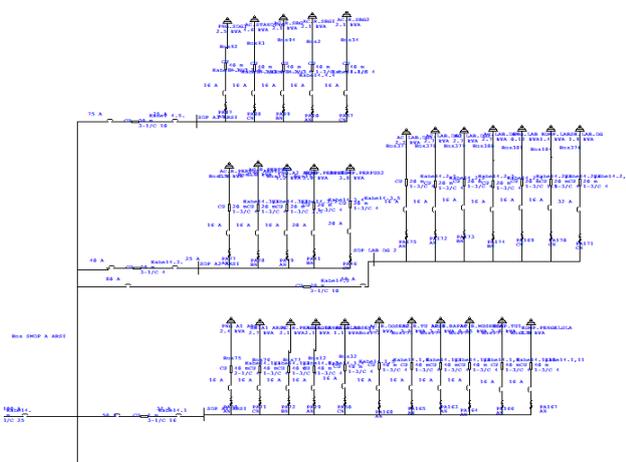
Gambar 2c. Single Line Diagram SMDP PWK B



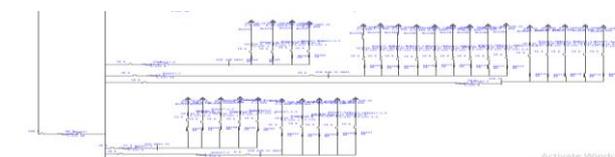
Gambar 2f. Single Line Diagram SMDP ARSI C bagian 1



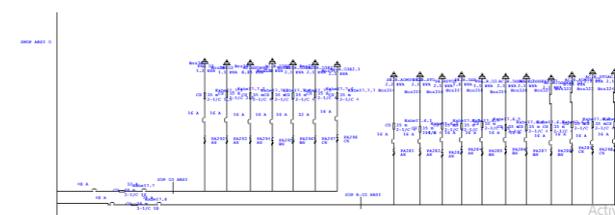
Gambar 2g. Single Line Diagram SMDP ARSI C bagian 2



Gambar 2d. Single Line Diagram SMDP ARSI A



Gambar 2h. Single Line Diagram SMDP ARSI D bagian 1



Gambar 2i. Single Line Diagram SMDP ARSI D bagian 2

Dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h) dan, (i) bahwa pada LVMDP (Low Voltage Main

Distribution Panel), panel dipasang oleh 1 trafo dan memasok 6 panel yaitu panel SMDP (Sub Main Distribution Panel) A PWK, SMDP B PWK, SMDP A ARSI, SMDP B ARSI, SMDP C ARSI dan SMDP D ARSI. Panel SMDP A PWK memasok 4 panel yaitu SDP (Sub Distribution Panel) Teater, SDP A Lantai 1, SDP A Lantai 2, SDP A Lantai 3, Panel SMDP B PWK memasok 5 panel yaitu SDP B Lantai 1, SDP B Lantai 2, SDP B Lantai 3, SDP Ruang Seminar dan SDP Laboratorium Wilayah. Panel SMDP A ARSI memasok 4 panel yaitu panel SDP A Lantai 1, SDP A Lantai 2, SDP A Lantai 3 dan SDP Laboratorium Desain Grafis. Panel SMDP B ARSI memasok 3 panel yaitu SDP B1, SDP B2, dan SDP B3. Panel SMDP C ARSI memasok 5 panel yaitu SDP C1, SDP C2, SDP C3, SDP Laboratorium Urban, SDP Laboratorium Desain. Panel SMDP D ARSI memasok 7 panel yaitu SDP D lantai 1, SDP D lantai 2, SDP D lantai 3, SDP Administrasi lantai 1, SDP Laboratorium lantai 2, SDP Administrasi Diploma lantai 2, dan SDP Diploma Arsitektur lantai 3.

b. Grid

Sumber daya pada Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro terhubung melalui feeder SRL 08 yang terdapat pada Gardu Induk Sronдол. 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 Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur. 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 Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur 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 [8].

c. Transformator

Transformator yang digunakan Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur pada sistem jaringan ini adalah transformator keluaran Trafindo Perkasa dengan kapasitas 400 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

Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur adalah Merlin Gerin, Brocco, ABB, Hager, 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. A. Pada gawai proteksi Mitsubishi digunakan model NF100XS dan NF125XS.

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	0,097	0,15423	0,092	0,2368	50	2	
2	SMDP A	0.01161	0.01191	0.01517	0.0739	45	4	
3	SMDP B	0.34526	0.34956	0.07242	1.58769	50	4	
4	SMDP A ARS		0.00149				4	
	ARS	0.016855	1	0.02793	0.04744	55	4	
5	SMDP B ARS	0.12835	0.1286	0.0044	0.09753	55	4	
6	SMDP C ARS	0.00171	0.00037	5	0.07229	0.36756	200	4
7	SMDP D ARS	0.0992	0.10244	0.01466	0.37354	200	4	

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. Hasil dan Analisis

3.1. Analisa Kondisi Redesain

Kondisi hasil redesain gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur 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 Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur. Kuat hantar arus (KHA) kabel didasarkan atas spesifikasi dari kabel itu sendiri [9].

Tabel 2. Arus Pengenal dan Kuat Hantar Arus Kabel

No.	Nama Bus	FLA (A)	KHA Kabel (A)
1	Sumber PLN LVMDP	702.9642153	750
2	SMDP A	151.1503005	245
3	SMDP B	156.0061201	245
4	SMDP A ARSI	89.38597641	130
5	SMDP B ARSI	51.28085865	79
6	SMDP C ARSI	137.0401638	245
7	SMDP D ARSI	118.1007959	193

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 [10].

Tabel 3. Arus Hubung Singkat

No	Nama Bus	Perhitungan			
		L-L-L	L-L	L-L-G	L-G
1	Sumber PLN LVMDP	17,234	14,925	14,994	16,036
2	SMDP A	14,092	12,204	11,610	12,731
3	SMDP B	13,796	11,948	11,312	12,431
4	SMDP A ARSI	9,921	8,592	7,804	8,736
5	SMDP B ARSI	5,748	4,978	4,333	4,941
6	SMDP C ARSI	4,273	3,701	3,158	3,632
7	SMDP D ARSI	6,673	5,779	5,003	5,719

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

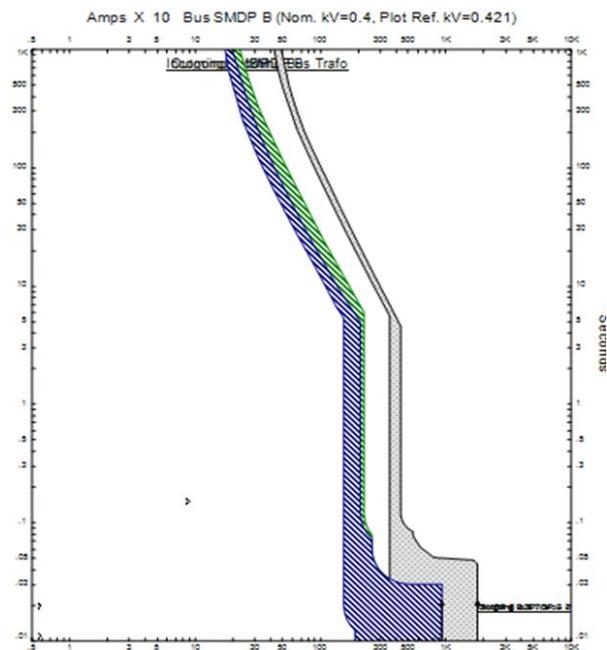
Gawai proteksi dapat ditentukan dengan menggunakan arus beban penuh sebagai arus pengenalan dan arus hubung singkat sebagai arus pemutusan gawai proteksi. Pemilihan kapasitas gawai proteksi harus lebih besar dari arus beban penuh dan lebih kecil dari kuat hantar arus kabel. Sedangkan untuk kapasitas pemutusan harus lebih besar dari arus hubung singkat terbesar pada bus [11].

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

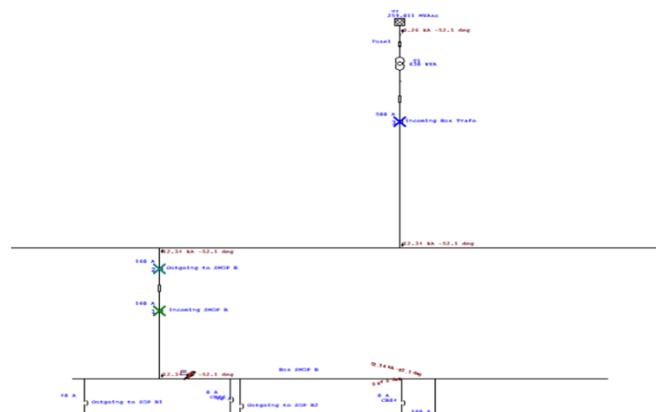
menggunakan model NF100SP dan NF125SV. Dasar pemilihan dengan mempertimbangkan gawai proteksi yang sudah terpasang pada Gedung Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur saat ini, ketersediaan pada software ETAP 12.6.0, dan ketersediaan gawai proteksi dipasaran [12].

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 [13].



Gambar 3a. Plot Kurva Bus SMDP A



Gambar 3b. Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
30.0	Incoming S...	12.339	1.0	30.0	Phase
30.0	Outgoing to ...	12.339	1.0	30.0	Phase
49.0	Incoming Bu...	12.339	9.5	49.0	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 [14].

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 [15].

4. Kesimpulan

Pada Penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Arus hubung singkat yang terjadi pada Gedung Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dan Teknik Arsitektur pada kondisi redesain memiliki rata-rata selisih sebesar 7,36% pada gangguan 3 fasa, 4,39% pada gangguan 2 fasa, 23,74% pada gangguan 2 fasa-tanah, dan 18,65 % pada gangguan fasa-tanah.
2. 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 255,77 A menggunakan arus sensor sebesar 400 A.
3. Gawai proteksi Outgoing to SMDP PWK B menggunakan jenis solid state drive. Parameter pada gawai proteksi yang dapat diatur adalah Isensor, Ir (Long Time Pickup), dan Isd (Short Time Pickup) yaitu 250 A pada Isensor, 220 A pada Ir, dan 2860 A pada Isd. Sedangkan untuk tr (Long Time Band) dan Ii (Short-Circuit Instantaneous) tidak dapat diatur.
4. Gawai proteksi Incoming SDP 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.
5. Urutan trip pada circuit breaker dimulai dari circuit breaker yang paling dekat dengan gangguan.

Referensi

- [1]. "Sejarah dan Perkembangan | Fakultas Teknik Universitas Diponegoro." [Online]. Available : <https://ft.undip.ac.id/tentang-kami/sejarah-perkembangan-fakultas-teknik-undip/> [Accessed : 10 Juni 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.