

REDESAIN SISTEM PROTEKSI GEDUNG RSUD MARGONO UNIT GERIATRI PURWOKERTO

Saputra Wicaksana^{*)}, Karnoto dan Yosua Alvin A S.

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

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

Abstrak

RSUD Margono Unit Geriatri Purwokerto merupakan tempat pelayanan kesehatan sejak 1970, kehandalan dari sistem proteksi sangat diperlukan agar proses pelayanan kesehatan dapat berjalan dengan optimal ketika terjadi gangguan / *short circuit*. Pada kondisi eksisting RSUD Margono terdapat gawai proteksi yang tidak sesuai dengan standar PUIL 2011. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini dirancang sistem proteksi pada Gedung RSUD Margono Unit Geriatri Purwokerto, serta membandingkan kondisi eksisting dengan desain sistem proteksi yang baru menggunakan software ETAP 16.0. Untuk penentuan arus nominal gawai proteksi rancangan sistem akan dibuat dengan mengacu pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 sedangkan untuk koordinasi gawai proteksi digunakan standar IEEE 242-2001. Pada hasil tugas akhir ini didapat 1 gawai proteksi yang memiliki nilai pengenalan dibawah standar dan tidak adanya gawai proteksi pada beberapa saluran sudah di sesuaikan standar pada kondisi redesain. Adapun koordinasi gawai proteksi pada karakteristik kurva, nilai serta setting trip device masing-masing sudah disesuaikan standar IEEE 242-2001.

Kata Kunci : Proteksi, ETAP 16.0, Short Circuit, Koordinasi, FLA

Abstract

RSUD Margono Unit Geriatri Purwokerto has been a place of health care since 1970, the reliability of the protection system is needed so that the health service process can run optimally when a short circuit occurs. In the existing condition of Margono Regional Hospital there is a protection device that is not in accordance with the 2011 PUIL standard. Therefore, in this Final Project a protection system is designed in the Margono Regional Hospital Building Unit Geriatri Purwokerto, as well as comparing the existing conditions with the new protection system design using ETAP 16.0 software. For the determination of the nominal current of the protection device the system design will be made by referring to the 2011 General Electrical Installation (PUIL) Standard Requirements while for the coordination of the protection device the IEEE 242-2001 standard is used. In the results of this final project, 1 protection device which has a rated value below the standard and the absence of protection devices in some channels has been adjusted to the standard in the redesign condition. As for the coordination of the protection devices on the characteristics of the curve, the value and the trip device settings have been adjusted to the IEEE 242-2001 standard.

Keywords : Protection, ETAP 16.0, Short Circuit, Coordination, FLA

1. Pendahuluan

RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo merupakan peninggalan Pemerintah Belanda yang didirikan pada tahun 1917 dan dikenal sebagai RS Zending yang digunakan sebagai tempat pelayanan kesehatan bagi orang Belanda dan Misionaris yang berada di Purwokerto. Pasca kemerdekaan RS Zending akhirnya menjadi milik pemerintah Indonesia dan tetap digunakan sebagai tempat pelayanan kesehatan bagi masyarakat Banyumas yang kemudian disebut RSU Purwokerto.

Untuk meningkatkan layanan kesehatan kepada setiap pasien, maka harus diimbangi dengan sistem kelistrikan yang memadai dan handal yaitu dengan dilakukan evaluasi

instalasi listrik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kelistrikan sebuah gedung saat ini apakah masih memenuhi persyaratan teknik dan keselamatan atau tidak. Ada beberapa bahaya yang ditimbulkan oleh listrik salah satunya adalah arus hubung singkat. Arus hubung singkat dapat menyebabkan kerusakan besar pada jaringan listrik. Hubung singkat biasanya memiliki nilai arus beberapa kali lebih besar dari arus beban. Dampak dari arus hubung singkat ini dapat menjadi gangguan bagi sistem tenaga.

Maka diperlukan adanya proteksi untuk mengamankan peralatan listrik dan keselamatan. Proteksi ini dapat dicapai dengan pemilihan suatu gawai tunggal atau suatu gabungan dari gawai-gawai terpisah yang memberikan proteksi terhadap beban lebih, hubung pendek dan arus bocor ke

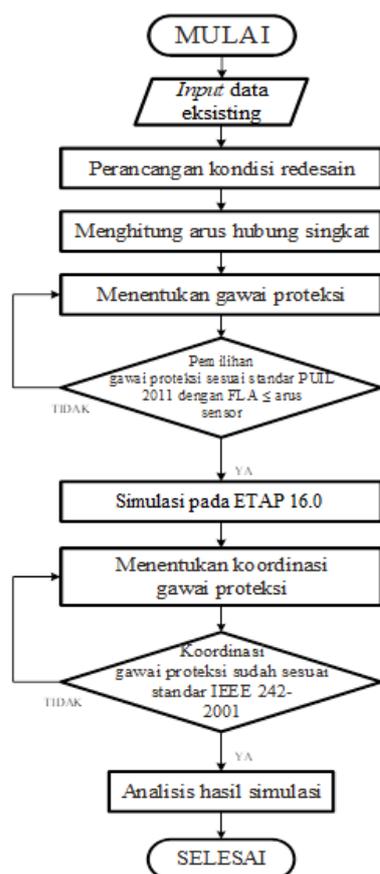
bumi. Pemilihan gawai proteksi tidak hanya menghitung arus nominal yang mengalir ke beban saja tetapi harus memperhatikan arus hubung singkat yang dapat mengalir pada jaringan tersebut. Penentuan arus hubung singkat yang tidak sesuai dapat menyebabkan gawai proteksi tidak dapat berjalan dengan optimal. 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.

Berdasarkan hal tersebut, pada Tugas Akhir ini disusun sebuah redesain sistem proteksi Gedung RSUD Margono Unit Geriatri Purwokerto yang sesuai standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 dengan menggunakan *software* ETAP 16.0. Metode simulasi dan perhitungan digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan spesifikasi gawai proteksi dan koordinasinya mengacu pada IEEE 242-2001.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

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



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data *eksisting* yang didapat di RSUD Margono Unit Geriatri kemudian membuat data baru yang sudah disesuaikan dengan data hasil *redesain*. Kemudian menghitung arus hubung singkat pada setiap bus dengan standar IEC 60909-0 dan menentukan gawai proteksi yang sesuai dengan standar PUIL 2011. Setelah itu digambarkan hasil rancangannya dengan *software* bantu ETAP 16.0 dan menentukan pemilihan gawai proteksi. Terakhir, setelah koordinasi sudah sesuai dengan standar IEEE 242-2001, pada Tugas Akhir ini dibuat analisa hasil simulasi yang sudah dibuat sebelumnya.

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data secara langsung melalui pengecekan secara fisik berdasarkan data-data peralatan riil yang ada di Gedung RSUD Margono Unit Geriatri. Selain itu, denah juga didapat dari replika RSUD Margono dan data diambil dari beberapa *datasheet* peralatan dan pernyataan dari pihak Kelistrikan RSUD sebagai pelengkap.

a. Grid

Menurut pernyataan dari pihak RSUD Margono Unit Geriatri, kedua sumber trafo didapatkan dari feeder yang tersambung pada Gardu Induk Kalibakal. GI ini memiliki trafo sebesar 60 MVA dengan MVA hubung singkat sebesar 2000 MVA dan berjarak kurang lebih 5 kilo meter dengan RSUD Margono Unit Geriatri. Dengan asumsi kabel yang digunakan untuk saluran distribusi adalah kabel A3C 240 mm² ($R = 0,1344 \Omega$ dan $X = 0,3158 \Omega$). Dengan mengikuti cara seperti pada Persamaan 2.11 didapat I_{hs} sebesar 6,732 kA, MVA_{hs} pada *grid* di RSUD Margono Unit Geriatri sebesar 233.203 MVA, dan X/R sebesar 2,349 Ω sehingga sumber memiliki impedansi sebesar 0,00068 Ω untuk impedansi urutan positif, negatif maupun nol.

b. Transformator

Transformator yang digunakan RSUD Margono Unit Geriatri pada sistem jaringan ini adalah transformator keluaran B&D dengan kapasitas 1000 kVA pada saluran PLN 1 dan kapasitas 800 kVA pada PLN 2. Transformator B&D 1000 kVA memiliki tegangan primer 20 kV dan tegangan sekunder 380 V dengan vektor grup Dyn5 dan frekuensinya 50 Hz. Trafo ini memiliki impedansi sebesar 5% dan menggunakan pendingin dengan tipe ONAN (*Oil Nature Air Nature*). Transformator B&D 800 kVA memiliki tegangan primer 20 kV dan tegangan sekunder 380 V dengan vektor grup Dyn5 dan frekuensinya 50 Hz. Trafo ini memiliki impedansi sebesar 5% dan menggunakan pendingin dengan tipe ONAN (*Oil Nature Air Nature*).

c. Kabel

Semua kabel yang digunakan pada sistem instalasi ini menggunakan kabel PVC. Adapun nilai X dan R pada setiap kabel dipengaruhi oleh jumlah konduktor per fasa, luas penampang konduktor, dan panjang konduktor.

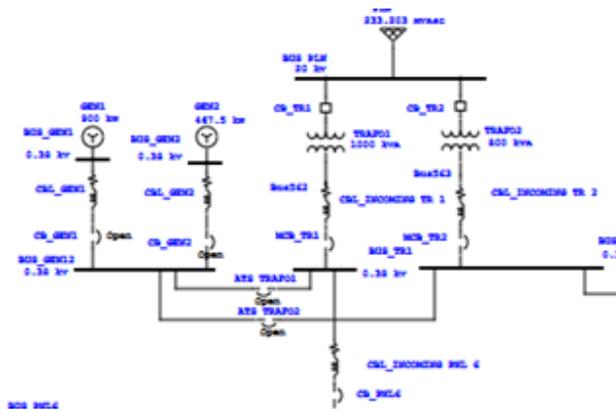
d. Gawai Proteksi

Pemilihan gawai proteksi yang baik ditentukan dari arus sensor serta *breaking current* yang sesuai dengan arus yang mengalir dan arus hubung singkat yang dapat mengalir pada saluran tersebut. Gawai proteksi yang digunakan adalah Merlin Gerin menggunakan model Compact NS dan Compact NSX.

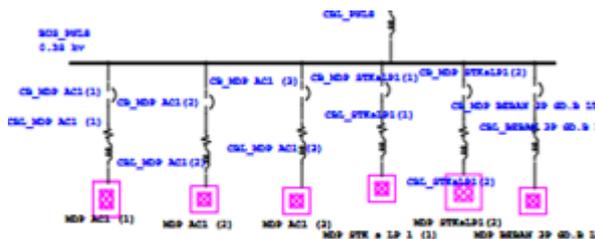
3. Hasil dan Analisis

3.1. Kondisi Eksisting

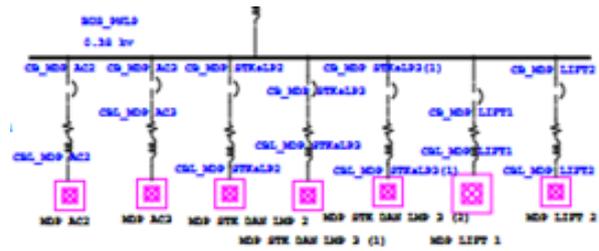
Kondisi eksisting pada Gedung RSUD Margono Unit Geriatri dibuat di perangkat lunak ETAP 16.0 berdasarkan data-data peralatan riil yang ada di lapangan. Sistem kelistrikan yang ada di gedung ini bersumber dari 2 trafo. Berikut adalah kondisi eksisting yang sudah dibuat pada perangkat lunak ETAP 12.6.



Gambar 2a. Single Line Diagram LVMDP



Gambar 2b. Single Line Diagram Panel 8



Gambar 2c. Single Line Diagram Panel 9

Dapat dilihat pada Gambar di atas terdapat dua trafo yang menyuplai pada bus LVMDP dan 2 Genset ketika sumber PLN padam. Bus ini menyambungkan sumber dengan bus panel 6 dimana panel 6 terhubung bus panel 8 dan panel 9. Pada bus panel 8 terdapat enam *Main Distribution Panel* yaitu MDP AC 1 (1), MDP AC 1(2), MDP AC 1(3), MDP STK dan LP 1 (1), MDP STK dan LP 1(2), dan MDP Beban 3P Gd.B Lt 1. Pada bus panel 9 terdapat tujuh *Main Distribution Panel* yaitu MDP AC 2, MDP AC 3, MDP STK dan LP 2, MDP STK dan LP 3(1), MDP STK dan LP 3 (2), MDP Lift 1 dan MDP Lift 2.

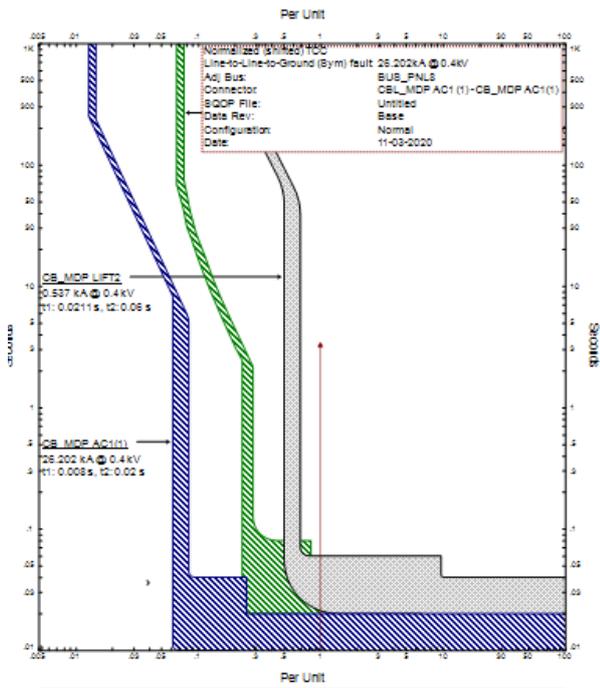
a. Perhitungan Arus Pengenal

Perhitungan arus pengenal pada kondisi eksisting terdapat FLA yang besarnya melebihi arus pengenal pada gawai proteksinya. *FLA* kondisi *eksisting* hanya satu gawai proteksi yang melebihi arus sensor pada gawai proteksinya yaitu CB Trafo 1 sebesar 1998,23 A dengan arus sensor sebesar 1600 A. Namun pada *incoming* panel 6, *outgoing* panel 8 dan panel 9 tidak memiliki gawai proteksi. Oleh karena itu, gawai proteksi akan disesuaikan pada kondisi redesign.

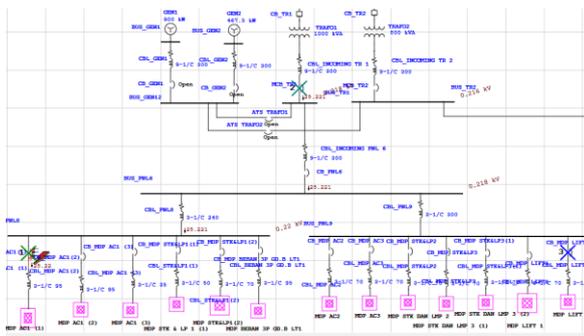
b. Simulasi Koordinasi LVCB

Simulasi koordinasi LVCB dilakukan dengan menggunakan perangkat bantu ETAP 16.0 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 LVMDP.

Dapat dilihat pada Gambar 3a ketika terjadi *fault* pada MDP AC 1 (1), gawai proteksi yang pertama kali bekerja adalah *Outgoing* MDP AC 1 (1), lalu gawai proteksi *Incoming* trafo 1 dan yang terakhir gawai proteksi *Outgoing* MDP Lift 1 .



Gambar 3a. Plot Kurva Bus LVMDP



Gambar 3b. Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

Line-to-Line-to-Ground (Symmetrical) fault on connector between CBL_MDP_ACI (1) & CB_MDP_ACI(1). Adjacent bus: BUS_PNL6

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 11-03-2020

| Time (ms) | ID | If (kA) | T1 (ms) | T2 (ms) | Condition |
|-----------|--------------|---------|---------|----------|----------------------------------|
| 20.0 | CB_MDP_A... | 26.202 | 8.0 | 20.0 | Phase |
| 25.0 | MCB_TR1 | 25.022 | 0.0 | 25.0 | Phase - Circuit Breaker Override |
| 60.0 | CB_MDP_LI... | 0.537 | 21.1 | 60.0 | Phase |
| 80.0 | CB_PNL6 | 25.022 | 20.0 | 80.0 | Phase |
| 5411 | CB_MDP_LI... | 0.167 | 1317 | 5411 | Phase |
| 26271 | CB_MDP_LI... | 0.849 | 20873 | 26271 | Phase |
| 26271 | CB_MDP_LI... | 0.849 | 20873 | 26271 | Phase |
| 34222 | CB_MDP_LI... | 0.166 | 4605 | 34222 | Phase |
| 34540 | CB_MDP_LI... | 0.165 | 4637 | 34540 | Phase |
| 36591 | CB_MDP_LI... | 0.162 | 4839 | 36591 | Phase |
| 36591 | CB_MDP_LI... | 0.162 | 4839 | 36591 | Phase |
| 36591 | CB_MDP_LI... | 0.162 | 4839 | 36591 | Phase |
| 36930 | CB_MDP_LI... | 0.162 | 4972 | 36930 | Phase |
| 37273 | CB_MDP_LI... | 0.161 | 4906 | 37273 | Phase |
| 817745 | CB_MDP_LI... | 0.537 | 57869 | 817745 | Phase |
| 10000000 | CB_MDP_LI... | 0.010 | 735444 | 10000000 | Phase |

Gambar 3c. Waktu Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

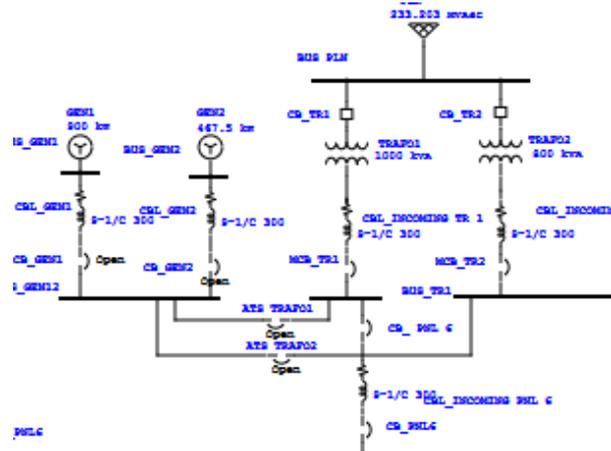
Pada Gambar 3b. terlihat simbol silang beserta angka disebelahnya yang merupakan tanda gawai proteksi

tersebut bekerja dan urutan gawai proteksi tersebut bekerja. Sedangkan pada Gambar 3c. menunjukkan waktu sebenarnya yang dibutuhkan gawai proteksi tersebut untuk bekerja. Hal ini menunjukkan bahwa koordinasi pada gambar 4.3(a) masih belum baik karena pada gawai proteksi *Outgoing to Panel 6* tidak bekerja. Maka perlu adanya *setting trip device* baru pada gawai tersebut.

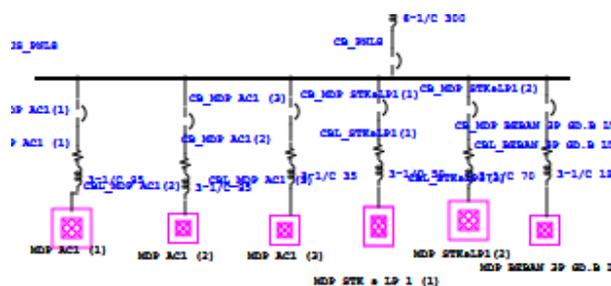
Sebagian besar, koordinasi gawai proteksi pada kondisi *eksisting* sudah sesuai standar IEEE 242-2001. Tetapi beberapa koordinasi gawai proteksi yang belum sesuai, akan disesuaikan menurut standar IEEE 242-2001 dan dengan adanya perubahan beban serta pemilihan gawai proteksi yang baru pada kondisi *redesain* akan menimbulkan *setting trip device* yang baru dan koordinasi LVCB yang baru.

3.2. Analisa Kondisi Redesain

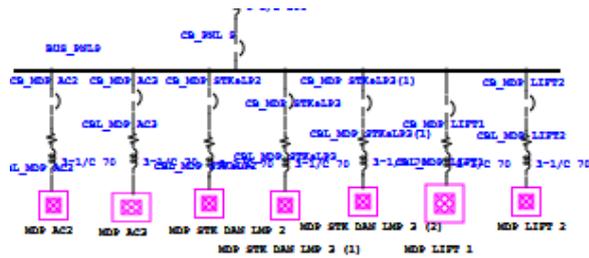
Kondisi hasil redesain Gedung Farmasi 1 PT Konimex Solo dirancang menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Perubahan dilakukan pada jumlah beban sehingga menimbulkan perubahan FLA serta pemilihan kabel baru yang disesuaikan dengan kebutuhan dan penyesuaian dengan standar PUIL 2011 dan IEEE 242-2001 sehingga memunculkan impedansi kabel yang baru pula. Berikut adalah gambar single line diagram kondisi redesain untuk tugas akhir ini.



Gambar 4a. Single Line Diagram LVMDP



Gambar 4b. Single Line Diagram Panel 8



Gambar 4c. Single Line Diagram Panel 9

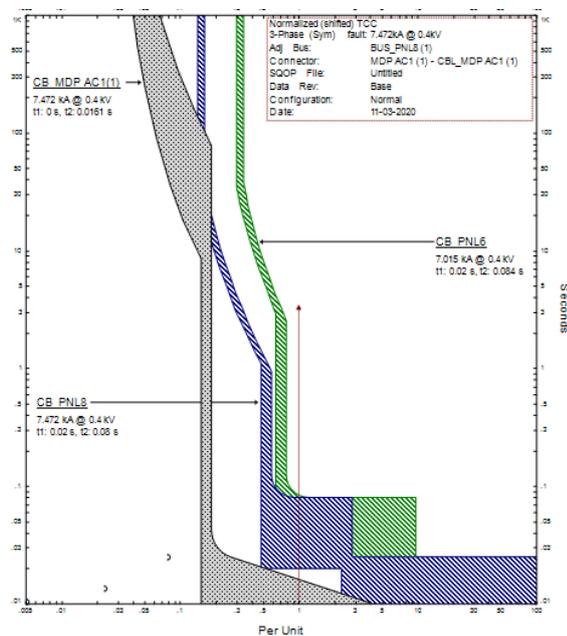
Dapat dilihat pada Gambar 4a. hingga 4c terdapat penggantian beban dan pemilihan kabel baru dan jumlah konduktor. Adapun untuk pemilihan kabel yang baru menyebabkan adanya impedansi kabel yang baru.

a. Perhitungan Arus Pengenal

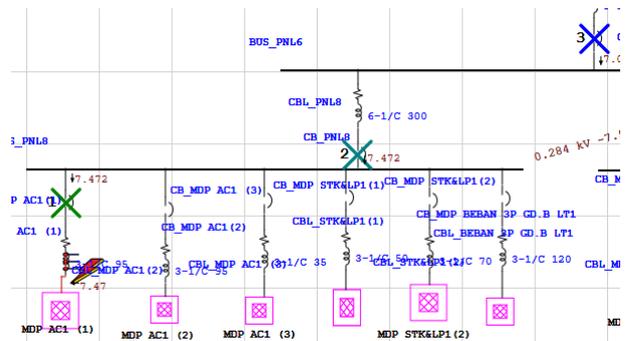
Perhitungan arus pengenal pada kondisi redesain secara garis cenderung lebih kecil dibandingkan saat kondisi eksisting. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan beban pada lampu yang semakin mengecil.

b. Simulasi Koordinasi LVCB

Simulasi koordinasi LVCB dilakukan dengan menggunakan perangkat bantu ETAP 16.0 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 LVMDP.



Gambar 5a. Plot Kurva Bus LVMDP



Gambar 5b. Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between MDP AC1 (1) & CBL_MDP AC1 (1). Adjacent bus: BUS_PNL8 (1)

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 11-03-2020

| Time (ms) | ID | If (kA) | T1 (ms) | T2 (ms) | Condition |
|-----------|--------------|---------|---------|----------|-----------|
| 16.1 | CB_MDP A... | 7.472 | 0.0 | 16.1 | |
| 80.0 | CB_PNL8 | 7.472 | 20.0 | 80.0 | Phase |
| 84.0 | CB_PNL6 | 7.015 | 20.0 | 84.0 | Phase |
| 1494 | CB_PNL 6 | 7.015 | 1154 | 1494 | Phase |
| 1494 | MCB_TR1 | 7.015 | 1154 | 1494 | Phase |
| 63241 | CB_MDP LI... | 0.283 | 50246 | 63241 | Phase |
| 187500 | CB_MDP LI... | 0.179 | 143789 | > 187500 | Phase |

Gambar 5c. Waktu Urutan Pemutusan Pada Gawai Proteksi

Dapat dilihat pada Gambar 5a bahwa ketika terjadi *fault* pada MDP AC 1, gawai proteksi yang pertama kali bekerja adalah *CB Outgoing* to MDP AC 1, lalu gawai proteksi pada *Outgoing* Panel 8 dan yang terakhir gawai proteksi *Incoming* Panel 6. Pada Gambar 5b terlihat tanda silang beserta angka disebelahnya yang merupakan tanda gawai proteksi tersebut bekerja dan urutan gawai proteksi tersebut bekerja. Sedangkan pada Gambar 5c menunjukkan waktu sebenarnya yang dibutuhkan gawai proteksi tersebut untuk bekerja. Dapat dilihat pada Gambar 5c bahwa pemutusan gawai proteksi dari masing-masing *Circuit Breaker* bekerja pada waktu yang berurutan.

4. Kesimpulan

Hasil kondisi eksisting pada Gedung RSUD Margono Unit Geriatri didapatkan 1 gawai proteksi yang tidak sesuai dengan standar PUIL 2011 dan 3 saluran yang tidak memiliki gawai proteksi.

Arus hubung singkat yang terjadi pada Gedung RSUD Margono Unit Geriatri pada kondisi eksisting memiliki rata-rata selisih antara perhitungan dan simulasi sebesar 11,49% pada fault 3 fasa, 11,45% pada 2 fasa, 11,73% pada 2 fasa tanah, dan 9,2% pada fasa tanah. Sedangkan pada kondisi redesain memiliki rata-rata selisih sebesar 18,44% pada fault 3 fasa, 17,15% pada 2 fasa, 17,75% pada 2 fasa tanah, dan 14,90% pada fasa tanah.

Gawai proteksi kondisi eksisting yang arus sensornya belum sesuai terdapat pada CB Incoming Trafo 1 dengan

FLA sebesar 1998,23 dan arus sensor sebesar 1600 A. Saluran yang tidak memiliki gawai proteksi kondisi eksisting yaitu outgoing panel 6, panel 8 dan panel 9. Pada kondisi redesain arus sensor sudah disesuaikan 2000 A dan saluran yang tidak memiliki gawai proteksi sudah disesuaikan.

Beberapa koordinasi gawai proteksi kondisi eksisting pada LVMDP masih belum sesuai standar IEEE 242-2001 dan pada koordinasi gawai proteksi kondisi eksisting sudah disesuaikan pada simulasi kondisi redesain dengan pemutusan gawai proteksi secara berurutan tiap MDP dan SDP ketika terjadi gangguan.

Referensi

- [1]. Pandjaitan, Bonar, *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta, Indonesia: CV ANDI OFFSET, 2012
- [2]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011
- [3]. L.G. Hewittson, *Practical Power System Protection*, Newnes, 2004
- [4]. IEEE Std 242-2001 TM, "*Low-Voltage Circuit Breakers*" dalam IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2001
- [5]. Stevenson, Willian D., *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, edisi keempat. Bandung, Indonesia : Erlangga, 1984.
- [6]. *Electrical Protection Relay*, British Standart 142-1983.
- [7]. IEC 60909-0, "*Calculation of current*" dalam Short Circuit currents in three phase a.c systems, International Electrotechnical Commission, Geneva, 2001.
- [8]. Adi, Fahri Zulfikar, "*Redesain Sistem Elektrikal Gedung Farmasi 1 PT. Konimex Solo*" Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015
- [9]. *Electrical Protection Relay*, British Standard 142-1983.