

PERENCANAAN GAMBAR LISTRIK UNTUK RENOVASI KELISTRIKAN GEREJA “X” DI SURABAYA

James Limanto¹, Julius Sentosa Setiadji², Emmy Hosea³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Jl. Siwalankerto No. 121-131, Surabaya, 60236,
Indonesia

E-Mail: jameslimanto@gmail.com¹, julius@petra.ac.id², emmyho@petra.ac.id³

Abstrak – Gereja “X” berencana melakukan renovasi sistem kelistrikan bangunan. Renovasi sistem kelistrikan tersebut bertujuan untuk mengganti dan menata ulang sistem kelistrikan di bangunan gereja. Sebelum merancang sistem kelistrikan bangunan terlebih dahulu dilakukan penataan sistem pencahayaan dengan bantuan *software* *calculux indoor 5.0b* untuk mensimulasikan sistem pencahayaan yang baru. Hasil simulasi menunjukkan pencahayaan pada rancangan baru sudah memenuhi standar SNI pencahayaan dengan rata – rata selisih keseluruhan ruangan sebesar 3,22%. Dalam pengerjaan rancangan sistem kelistrikan yang baru, terdapat 5 panel meliputi 1 LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dan 4 SDP (*Sub Distribution Panel*). Untuk SDP, panel A dan B mengatur beban penerangan dan stop kontak lantai 1 dan 2, panel C mengatur beban yang menyala pada malam hari, panel D mengatur beban *air conditioner*.

Kata Kunci - Sistem Kelistrikan, pencahayaan, panel, beban listrik

I. PENDAHULUAN

Bangunan gereja “X” telah beberapa kali melakukan renovasi bangunan untuk mendukung kegiatan ibadah jemaat dan kegiatan administratif. Sistem peletakan instalasi listrik lama bangunan menggunakan sistem *inbow* (tanam dinding) yang masih digunakan hingga sekarang.

Pihak gereja “X” berencana melakukan renovasi untuk sistem kelistrikan bangunan gereja tersebut. Renovasi sistem kelistrikan tersebut bertujuan untuk mengganti dan menata ulang sistem kelistrikan di bangunan gereja. Dengan adanya renovasi sistem kelistrikan tersebut, selain untuk penggantian sistem kelistrikan yang sudah ada, pihak gereja juga berharap agar sistem kelistrikan yang dibuat mempermudah pekerjaan pihak-pihak gereja yang sering melakukan pengaturan, pengontrolan, dan perawatan sistem kelistrikan di gereja.

Mula-mula dilakukan penataan sistem pencahayaan dengan bantuan *software calculux indoor 5.0b* untuk mensimulasikan sistem pencahayaan yang baru. Setelah itu ditambahkan peralatan pengendali sistem pencahayaan dan stop kontak.

Setelah semua beban Listrik di tata maka dilakukan perancangan sistem kelistrikan yang baru yaitu membaginya dalam 5 panel yang meliputi 1 LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dan 4 SDP (*Sub Distribution Panel*). Untuk SDP, panel A dan B mengatur beban penerangan dan stop kontak lantai 1 dan 2, panel C mengatur beban yang menyala pada malam hari, panel D mengatur beban *air conditioner*. Setelah itu dilanjutkan dengan perancangan *Single Line Diagram* (SLD) masing – masing panel dengan melengkapi pengelompokan beban Listrik (*Grouping*), dan melengkapi setiap *grouping* dengan pemutus dan kabel sesuai

dengan PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) serta melengkapi setiap panel dengan pemutus utama dan kabel suplai masing – masing panel.

II. TEORI PENUNJANG

A. Desain Pencahayaan dengan Calculux Indoor 5.0b

Pendesainan titik dan jenis lampu yang digunakan pada ruangan di dalam bangunan dilakukan menggunakan *software calculux indoor 5.0b*. *Software* ini merupakan alat bantu bagi desainer pencahayaan untuk melakukan simulasi pencahayaan. Dari berbagai fitur yang disediakan, *software* ini dapat digunakan untuk mengetahui besar lux meliputi rata – rata, maksimal, minimal, dan pemerataan pencahayaan dari ruangan berdasarkan penataan lampu yang sudah dilakukan melalui fungsi – fungsi dalam program *calculux* [1].

Fitur tersebut dapat dilihat pada tampilan hasil dan *quality figures* pada *software calculux*. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan standar SNI 03 – 6575 – 2001 tentang tata cara perancangan sistem cahaya buatan pada bangunan [2]. Banyak titik lampu dalam satu *grouping* disesuaikan dengan aturan PUIL 2011 (20 titik) [3].

B. Circuit Breaker

Untuk pemilihan *circuit breaker*, perlu ditentukan terlebih dahulu *rating* dan kapasitas *breaking* yang tepat.

Untuk menentukan *rating circuit breaker*, dapat dilihat dari arus nominal beban. Untuk menentukan arus nominal tersebut dapat digunakan rumus sebagai berikut [4]:

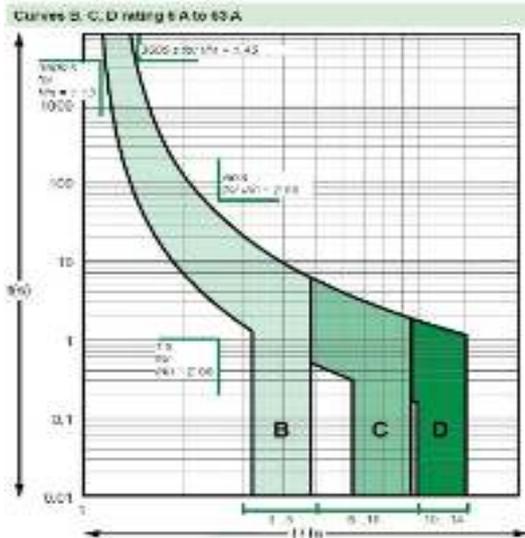
- Untuk beban 3 fasa
$$I_{nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

- Untuk beban 1 fasa
$$I_{nominal} = \frac{P}{V_{L-N} \cdot \cos \varphi} \quad (2)$$

Keterangan:

- $I_{nominal}$ adalah arus nominal yang dihitung (A)
- P adalah daya (W)
- V_{L-L} adalah tegangan *line to line* (V)
- V_{L-N} adalah tegangan *line to neutral* (V)
- $\cos \varphi$ adalah faktor daya.

Bila pada beban tersambung tersebut terdapat beban motor induksi dan sejenisnya, maka perlu dipertimbangkan adanya arus *start* dari beban yang nilainya 5 hingga 7 kali dari arus nominal selama 3 hingga 5 detik. Untuk itu, pemilihan *rating circuit breaker* khususnya MCB memerlukan data pada kurva *trip* yang digunakan pada *circuit breaker* tersebut (contoh kurva *trip* pada gambar 1).



Gambar 1. Contoh kurva *trip* pada *circuit breaker* [4]

Nilai arus hubung singkat dapat digunakan untuk menentukan nilai kapasitas *breaking* dari sebuah *circuit breaker*. Rumus untuk menentukan arus hubung singkat pada sisi sekunder trafo yaitu [5],

$$I_{sc} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \%Z \cdot V_{L-L}} \quad (3)$$

Keterangan:

- I_{sc} adalah arus hubung singkat yang dihitung (kA).
- S adalah daya semu transformator yang digunakan (kVA).
- $\%Z$ adalah persentase impedansi trafo (%).
- V_{L-L} adalah tegangan nominal antar fasa dari trafo dalam kondisi tanpa beban (V).

Berikut adalah rumus perhitungan arus hubung singkat pada panel – panel distribusi [5],

$$I_{sc} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}} \quad (4)$$

Keterangan:

- I_{sc} adalah arus hubung singkat yang dihitung (A).
- V_{L-L} adalah tegangan nominal antar fasa dari trafo dalam kondisi tanpa beban (V).
- R_t adalah resistansi total (Ω).
- X_t adalah reaktansi total (Ω).

Pada transformator, resistansi dan reaktansi dapat ditentukan dari rumus berikut [5],

$$R_{TR} = \frac{P_{cu} \cdot V_{L-L}^2 \cdot 10^{-3}}{S^2} \quad (5)$$

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2} \text{ dimana } Z_{TR} = \frac{V_{L-L}^2}{S} \cdot \frac{\%Z}{100} \quad (6)$$

Keterangan:

- R_{TR} adalah resistansi trafo (m Ω).
- V_{L-L} adalah tegangan nominal antar fasa dari trafo dalam kondisi tanpa beban (V).
- S adalah daya semu transformator yang digunakan (kVA).
- P_{cu} adalah rugi trafo dalam keadaan berbeban (W).
- X_{TR} adalah reaktansi trafo (m Ω).
- Z_{TR} adalah impedansi trafo (m Ω).

- $\%Z$ adalah persentase impedansi trafo (%).

Pada kabel, perhitungan resistansi dan reaktansi dapat dilakukan dengan rumus berikut [5],

$$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}, X_{Kabel} = 0.08 \cdot L \quad (7)$$

Keterangan:

- R_{Kabel} adalah resistansi kabel (Ω).
- X_{Kabel} adalah reaktansi kabel (m Ω).
- ρ adalah nilai hambatan berdasarkan bahan (ρ untuk tembaga bernilai $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega m$)
- L adalah panjang penghantar (m)
- A adalah luas penampang penghantar (m²)

Untuk busbar, berikut adalah rumus perhitungan resistansi dan reaktansinya [5],

$$R_{Busbar} = \rho \cdot \frac{L}{A}, X_{Busbar} = 0.15 \cdot L \quad (8)$$

Keterangan:

- R_{Busbar} adalah resistansi busbar (Ω).
- X_{Busbar} adalah reaktansi busbar (m Ω).

Untuk *circuit breaker*, resistansi dan reaktansi dapat diabaikan.

C. Kabel

Pemilihan jenis kabel harus mempertimbangkan penerapan pada instalasi, lokasi pemasangan kabel, jumlah inti yang diperlukan, dan ada tidaknya gangguan mekanis pada kabel yang berpotensi merusak kabel.

Untuk menghitung ukuran kabel perlu terlebih dahulu menentukan besar arus yang mengalir pada kabel (I_{kabel}).

$$I_{kabel} = I_{nominal} \times Safety Factor \quad (9)$$

Dimana, *Safety Factor* bernilai 1,3.

Nilai I_{kabel} akan digunakan dalam pemilihan ukuran kabel berdasarkan tabel *electrical data* kabel yang dipakai.

D. Genset

Genset berfungsi untuk menyediakan sumber listrik cadangan saat terjadi gangguan pada penyedia listrik utama (PLN) dan juga sebagai pembantu *supply* listrik menuju beban saat terjadi beban puncak, atau untuk memasok beban secara tetap.

Genset dalam pemakaiannya memiliki beberapa jenis rating antara lain:

- *Stand – By*
Digunakan untuk men-*supply* beban sewaktu-waktu ketika sumber penyedia listrik utama (PLN) mengalami gangguan atau pemadaman berkala. Tipe ini tidak mempunyai kapasitas beban lebih (*overload capability*).
- *Prime Power*
Digunakan untuk men-*supply* beban dalam kondisi *emergency* dan waktu beban puncak. Tipe ini memiliki waktu operasi tidak terbatas.
- *Base Load*
Digunakan untuk men-*supply* beban secara terus menerus secara konstan dalam jangka waktu tidak terbatas. Tipe ini tidak mempunyai kapasitas beban lebih.

Untuk menentukan kapasitas genset yang diperlukan untuk men-*supply* beban digunakan rumus:

$$S_{Genset} = \frac{P_{SLD} \cdot PB \cdot DF}{\cos\phi \cdot Eff_{genset}} \quad (10)$$

Dimana,

- S_{Genset} adalah kapasitas genset yang dicari (VA).
- PB adalah faktor perkembangan beban.
- DF adalah demand factor.
- Eff_{genset} adalah pembebanan optimal genset (%).
- $\cos \phi$ adalah faktor daya (asumsi bernilai 0,8).

E. Grounding

Pemilihan luas konduktor grounding dapat memakai tabel 1 berikut [3],

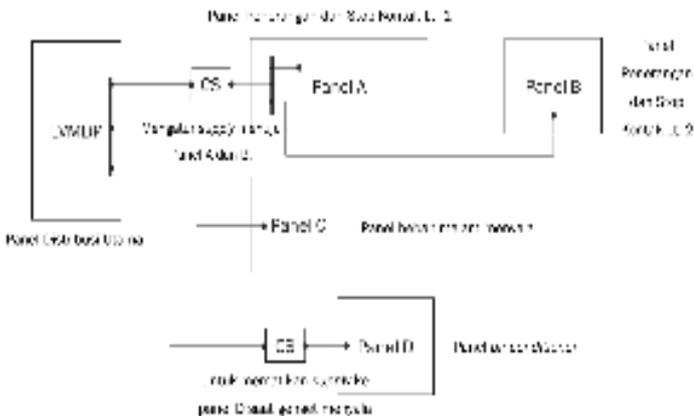
Tabel 1. Luas penampang konduktor grounding

Luas penampang konduktor 30 S mm ²	Luas penampang minimum konduktor proteksi terkait mm ²
	Jika konduktor proteksi berbahan sama seperti konduktor saluran
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

III. DATA DAN ANALISA

A. Penjelasan Sistem

Pada rancangan gambar listrik yang baru, beban di-supply melalui panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dari incoming PLN. Selain itu, beban juga di-supply oleh genset 40 kVA yang digunakan untuk men-cover beban-beban pada panel A, B, dan C. Supply PLN dan genset dipasang mekanisme *interlock* dengan *change over switch* supaya supply PLN dan genset tidak masuk ke beban secara bersamaan.



Gambar 2. Desain instalasi pada rancangan baru.

Untuk SDP (*Sub Distribution Panel*) dibagi menjadi 4 meliputi 2 panel stop kontak dan penerangan (Panel A dan Panel B), 1 panel beban yang masih menyala pada malam hari (Panel C), dan 1 panel untuk beban *air conditioner* (Panel D). Supply menuju panel A dan panel B dapat diatur melalui *cam switch* yang diletakkan dekat dengan panel A (sesuai permintaan pihak gereja "X").

B. Desain Pencahayaan

Untuk keperluan desain pencahayaan diperlukan data berupa panjang dan lebar ruang, beserta tinggi ruang dan tinggi bidang kerja ruang. Berikut adalah hasil dari survei dan pengukuran yang dilakukan:

Tabel 2. Hasil pengukuran ruang Gereja "X"

No	Nama Ruang	Ukuran				Keterangan
		Panjang	Lebar	Tinggi	Tinggi Bidang Kerja	
1	Area Mimbar	9,81	6,57	6,64	2,10	
2	Ruang Ibadah Utama	12,36	11,85	6,81	0,80	
3	Ruang Ibadah Bawah Balkon	9,81	9,31	3,20	0,80	
4	Ruang Ibadah Sayap Bawah	17,56	6,07	3,02	0,80	
5	Ruang Sidang	7,75	4,35	3,20	0,80	
6	Ruang Konsistori	5,75	3,15	3,20	0,60	
7	Ruang Sekretariat	7,75	4,35	3,20	0,60	
8	Joglo	7,21	5,16	3,02	0,60	
9	Dapur	2,46	1,69	3,02	0,60	
10	Gudang I	2,46	2,44	2,97	0,80	
11	Gudang II	2,46	2,44	2,97	0,80	
12	Lorong R. Penjaga	7,34	1,00	3,02	0,00	
13	Teras 1	14,94	1,98	3,02	0,00	Dekat joglo
14	Teras 2	19,79	3,75	3,02	0,00	Dekat lahan parkir
15	Teras 3	9,88	1,97	3,02	0,00	Bagian belakang bangunan
16	Kamar Mandi Pria	2,46	1,41	3,02	0,60	
17	Kamar Mandi Wanita 1	2,46	1,55	3,02	0,60	
18	Kamar Mandi Wanita 2	2,24	1,76	3,02	0,60	Di seberang kamar mandi wanita 1

No	Nama Ruang	Ukuran				Keterangan
		Panjang	Lebar	Tinggi	Tinggi Bidang Kerja	
1	Ruang Ibadah Balkon	9,84	9,31	3,21	1,00	
2	Ruang Ibadah Sayap Atas	18,02	6,07	3,53	0,70	
3	Ruang Remaja	10,25	3,44	2,30	0,30	
4	Ruang Vikar	4,43	4,34	2,88	0,60	Ruang untuk calon pendeta
5	Ruang Tamu	3,28	2,83	2,88	0,60	
6	Ruang Balita	10,54	7,75	2,88	0,30	
7	Ruang Sound System dan Komputer	2,15	2,01	2,20	0,80	
8	Kamar Mandi Ruang Remaja	2,24	1,76	2,81	0,60	
9	Kamar Mandi Vikar	1,75	1,29	2,88	0,30	Di depan Ruang Vikar

Berikut adalah evaluasi dari hasil simulasi yang dilakukan menggunakan *calculus indoor* dibandingkan dengan standar yang berlaku [2]

Tabel 3. Evaluasi hasil simulasi *calculus indoor* dengan standar yang berlaku

No	Nama Ruang	Lux		Evaluasi		Keterangan
		Hasil Simulasi Lux Rata - Rata	Standar	Selisih	%	
1	Area Mimbar	211,00	200,00	11,00	5,50	Memenuhi
2	Ruang Ibadah Utama	200,00	200,00	0,00	0,00	Memenuhi
3	Ruang Ibadah Bawah Balkon	190,00	200,00	10,00	5,00	Memenuhi
4	Ruang Ibadah Sayap Bawah	201,00	200,00	1,00	0,50	Memenuhi
5	Ruang Sidang	302,00	300,00	2,00	0,67	Memenuhi
6	Ruang Konsistori	229,00	230,00	1,00	0,43	Memenuhi
7	Ruang Sekretariat	365,00	350,00	15,00	4,29	Memenuhi
8	Joglo	124,00	120,00	4,00	3,33	Memenuhi
9	Dapur	249,00	250,00	1,00	0,40	Memenuhi
10	Gudang I	102,00	100,00	2,00	2,00	Memenuhi
11	Gudang II	102,00	100,00	2,00	2,00	Memenuhi
12	Lorong R. Penjaga	98,30	100,00	1,70	1,70	Memenuhi
13	Teras 1	66,50	60,00	6,50	10,83	Memenuhi
14	Teras 2	68,40	60,00	8,40	14,00	Memenuhi
15	Teras 3	64,90	60,00	4,90	8,17	Memenuhi
16	Kamar Mandi Pria	254,00	250,00	4,00	1,60	Memenuhi
17	Kamar Mandi Wanita 1	255,00	250,00	5,00	2,00	Memenuhi
18	Kamar Mandi Wanita 2	251,00	250,00	1,00	0,40	Memenuhi
Rata - Rata Selisih				4,47	3,49	

No	Nama Ruang	Lux		Evaluasi		Keterangan
		Hasil Simulasi Lux Rata - Rata	Standar	Selisih	%	
1	Ruang Ibadah Balkon	210,00	200,00	10,00	5,00	Memenuhi
2	Ruang Ibadah Sayap Atas	201,00	200,00	1,00	0,50	Memenuhi
3	Ruang Remaja	257,00	250,00	7,00	2,80	Memenuhi
4	Ruang Vikar	183,00	180,00	3,00	1,67	Memenuhi
5	Ruang Tamu	123,00	120,00	3,00	2,50	Memenuhi
6	Ruang Balita	241,00	250,00	9,00	3,60	Memenuhi
7	Ruang Sound System dan Kom	164,00	160,00	4,00	2,50	Memenuhi
8	Kamar Mandi Ruang Remaja	251,00	250,00	1,00	0,40	Memenuhi
9	Kamar Mandi Vikar	246,00	250,00	4,00	1,60	Memenuhi
Rata Rata Selisih 2 Lantai				4,57	2,89	

Berdasarkan perhitungan selisih hasil simulasi dengan standar pada kedua lantai, didapatkan selisih rata – rata lux sebesar 4,57 atau 2,89%.

Hasil simulasi berupa titik dan jenis lampu yang digunakan di simulasi *calculus indoor* kemudian diterapkan pada rancangan gambar denah beban listrik.

C. Circuit Breaker

Pada rancangan baru, *circuit breaker* dan kabel akan dilakukan penggantian. Dalam penentuan komponen *circuit breaker*, untuk beban penerangan dapat langsung ditentukan melalui arus nominal beban dalam satu *grouping*, namun untuk beban

yang memiliki komponen motor, perlu dipertimbangkan adanya arus *start*.

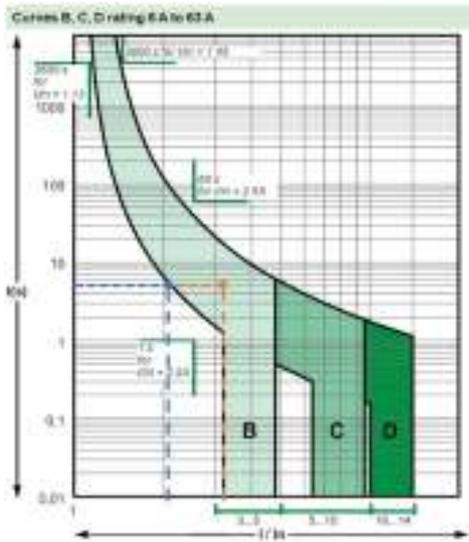
Contoh pada beban *air conditioner* dengan beban berupa AC 1,5 pk atau setara sebesar 1170 Watt.

$$I_{nominal} = \frac{1170}{220 \cdot 0,8} = 6,64 \text{ A}$$

Dipilih *rating* MCB sebesar 10 Ampere. Karena ada arus *start* sebesar 5 – 7 kali arus nominal selama 3 – 5 detik, maka perlu di cek apakah *breaker* tersebut trip pada saat arus *start* terjadi. Untuk menentukan arus *start* maka dipakai arus nominal tersebut dikalikan 5.

$$I_{start} = 6,64 \times 5 = 33,2 \text{ A}$$

Hasil arus *start* tersebut dibagi *rating* MCB yang dipilih sebelumnya untuk menentukan *rated current* (I/In). Berdasarkan *rating* MCB yang sudah dipilih sebelumnya, maka nilai *rated current* (I/In) = 33,2 : 10 = 3,32. Nilai tersebut dicocokkan dengan grafik kurva *trip* dengan posisi t(s) pada titik 5 detik.



Gambar 3. Penggunaan kurva trip.

Karena posisi titik tersebut (warna jingga) berada di area trip, maka *rating* MCB tersebut dinaikkan menjadi 16 A kemudian dicari ulang *rated current*-nya. Dengan langkah yang sama, didapatkan *rated current* $I/In = 33,2 : 16 = 2,075$.

Berdasarkan *rated current* yang baru, dilakukan cek ulang pada grafik di atas. Didapatkan posisi titik berada di bawah grafik (warna biru). Hal tersebut berarti pada saat arus *start* pada AC 1 PK terjadi, MCB tidak akan trip terlebih dahulu. Oleh karena itu, dipilahlah *rating* 16 A.

Untuk pemilihan *breaking capacity* dari *circuit breaker*, dapat ditentukan dari besar arus hubung singkatnya. Berikut adalah contoh perhitungan arus hubung singkat,

Tabel 4. Perhitungan resistansi dan reaktansi total untuk perhitungan arus hubung singkat di Panel A

Peralatan Instalasi	Resistansi	Reaktansi
Trafo S = 100 kVA Pcu = 1750 W VL-L = 400 V %Z = 4%	$R_{TR} = \frac{P_{cu} \cdot V_{L-L}^2 \cdot 10^{-3}}{S^2}$ $R_{TR} = \frac{1750 \cdot 400^2 \cdot 10^{-3}}{100^2}$ $R_{TR} = 28 \text{ m}\Omega$	$Z_{TR} = \frac{V_{L-L}^2 \cdot \%Z}{S^2}$ $Z_{TR} = \frac{400^2 \cdot 4}{100^2}$ $Z_{TR} = 64 \text{ m}\Omega$ $X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2}$ $X_{TR} = \sqrt{64^2 - 28^2}$ $X_{TR} = 57,55 \text{ m}\Omega$
Kabel dari Trafo ke LVMDP $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$	$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}$	$X_{Kabel} = 0,08 \cdot L$ $X_{Kabel} = 0,08 \cdot 50$

$L = 50 \text{ m}$ (L dari hasil pengamatan) $A = 35 \text{ mm}^2$	$= 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{50}{35 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Kabel} = 2,46 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Kabel} = 24,6 \text{ m}\Omega$	$X_{Kabel} = 4 \text{ m}\Omega$
Busbar pada LVMDP $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 0,5 \text{ m}$ $A = 45 \text{ mm}^2$	$R_{Busbar} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $= 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,5}{45 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Busbar} = 0,0191 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Busbar} = 0,191 \text{ m}\Omega$	$X_{Busbar} = 0,15 \cdot L$ $X_{Busbar} = 0,15 \cdot 0,5$ $X_{Busbar} = 0,075 \text{ m}\Omega$
Kabel dari LVMDP ke Panel Junction $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 21 \text{ m}$ $A = 10 \text{ mm}^2$	$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $= 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{21}{10 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Kabel} = 3,612 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Kabel} = 36,12 \text{ m}\Omega$	$X_{Kabel} = 0,08 \cdot L$ $X_{Kabel} = 0,08 \cdot 21$ $X_{Kabel} = 1,68 \text{ m}\Omega$
Busbar pada Panel Junction $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 0,2 \text{ m}$ $A = 24 \text{ mm}^2$	$R_{Busbar} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $= 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,2}{24 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Busbar} = 0,0143 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Busbar} = 0,143 \text{ m}\Omega$	$X_{Busbar} = 0,15 \cdot L$ $X_{Busbar} = 0,15 \cdot 0,2$ $X_{Busbar} = 0,030 \text{ m}\Omega$
Kabel dari Panel Junction ke Panel A $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 0,5 \text{ m}$ $A = 6 \text{ mm}^2$	$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $= 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,5}{6 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Kabel} = 0,1433 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Kabel} = 1,433 \text{ m}\Omega$	$X_{Kabel} = 0,08 \cdot L$ $X_{Kabel} = 0,08 \cdot 1$ $X_{Kabel} = 0,08 \text{ m}\Omega$
Total	$R_t = 90,484 \text{ m}\Omega$	$X_t = 63,415 \text{ m}\Omega$

Dari perhitungan di atas, arus hubung singkat pada panel A yaitu,

$$I_{sc} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(90,484^2 + 63,415^2)}} = 2,09 \text{ kA}$$

Nilai arus hubung singkat tersebut dicocokkan pada katalog *circuit breaker* untuk menentukan kapasitas *breaking* yang sesuai.

D. Kabel

Ukuran kabel dapat ditentukan dari arus nominal dikalikan dengan *safety factor* (dipilih 1,3).

Contoh: *Grouping* beban penerangan dengan total daya 560 Watt

$$I_{nominal} = \frac{542}{220 \cdot 0,8} = 3,08 \text{ A}$$

$$I_{kabel} = I_{nominal} \times \text{Safety Factor} = 3,08 \times 1,3 = 4,004 \text{ A}$$

Pada katalog kabel, dipilih kabel ukuran 2 x 2,5 mm².

E. Genset

Pada desain baru, genset direncanakan untuk memasok kebutuhan beban di beberapa panel kecuali panel AC saat terjadi pemadaman listrik masih harus menyala. Panel tersebut meliputi,

- Panel A (Beban penerangan dan stop kontak lantai 1) dengan daya total sebesar 16.610 W
- Panel B (Beban penerangan dan stop kontak lantai 2) dengan daya total sebesar 13.103 W
- Panel C (Beban khusus pada malam hari masih menyala) dengan daya total sebesar 3.604 W

Total daya dari semua beban tersebut adalah 33.317 Watt. Dari data tersebut dapat dicari kapasitas genset yang diperlukan. Dengan asumsi pembebanan genset optimal sebesar 80% kapasitasnya, maka kapasitas genset yang dibutuhkan adalah,

$$S_{Genset} = \frac{P_{SLD} \cdot PB \cdot DF}{\cos\phi \cdot \text{Eff}_{genset}} = \frac{33.317 \cdot 1 \cdot 0,7}{0,8 \cdot 80\%} = 36.440 \text{ VA} = 36,44 \text{ kVA}$$

Oleh karena itu, dipilih kapasitas genset *stand by* tipe *silent* 40 kVA yang tersedia di pasaran.

F. Grounding

Berikut adalah contoh pemilihan *grounding*,

Panel LVMDP

Kabel yang digunakan adalah 4 x 35 mm² maka sesuai dengan tabel 1 dengan ukuran konduktor fasa S sebesar 16 < S ≤ 35, dapat dipilih ukuran konduktor *grounding* 16 mm².

Panel A

Kabel yang digunakan adalah $4 \times 16 \text{ mm}^2$ maka sesuai dengan tabel 1 dengan ukuran konduktor fasa S sebesar $S \leq 16$, dapat dipilih ukuran konduktor *grounding* 16 mm^2 .

IV. KESIMPULAN

Beban penerangan dan *stop* kontak dilakukan penataan kembali sesuai dengan permintaan pihak gereja “X”. Dari simulasi *calculux indoor*, hasil rancangan penerangan di semua ruang sudah memenuhi standar dengan selisih rata-rata seluruh ruangan sebesar 3,22%. Untuk panel, pada rancangan baru terdapat 5 panel meliputi 1 LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dan 4 SDP (*Sub Distribution Panel*). Panel A mengatur beban penerangan dan *stop* kontak lantai 1, panel B mengatur beban penerangan dan *stop* kontak lantai 2, panel C untuk mengatur beban yang masih menyala pada malam hari, dan panel D mengatur beban *air conditioner*. Panel A dan Panel B terhubung dengan *cam switch* untuk mengatur supply listrik menuju 2 panel tersebut. Untuk *circuit breaker* dan kabel perlu dilakukan penyesuaian sesuai dengan rancangan baru yang sudah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Project Channel Lighting Design and Application Center PT Philips Indonesia. (Langkah praktis menggunakan calculux indoor. Jakarta : PT Philips Indonesia, 2005.*
- [2] Badan Standardisasi Nasional. *SNI 03 – 6575 – 2001: Tata cara perancangan sistem cahaya buatan pada bangunan. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional, 2001*
- [3] Badan Standardisasi Nasional. *Persyaratan umum instalasi listrik (PUIL). Jakarta : Badan Standardisasi Nasional, 2011*
- [4] Schneider. *Acti9 tripping curves – Short circuit current limiting. Schneider Electric, 2012*
- [5] Schneider. *Electrical installation guide – according to IEC international standards, 2018. Retrieved from <https://www.se.com/id/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/>.*