

# EVALUASI PERENCANAAN SISTEM KELISTRIKAN RUMAH SAKIT “X” BERDASARKAN PUIL 2011 DAN APLIKASI ECODIAL

Edbert Ryan Kantonno<sup>1</sup>, Julius Sentosa Setiadji<sup>2</sup>, Emmy Hosea<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

E-Mail: edbertryan0301@gmail.com<sup>1</sup>, julius@petra.ac.id<sup>2</sup>, emmyho@petra.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – Pembangunan Rumah Sakit “X” membutuhkan evaluasi untuk rancangan sistem kelistrikan yang akan dipasang pada rumah sakit tersebut. Instalasi listrik yang akan dipasang meliputi bangunan rumah sakit 2 lantai dan sebuah gedung pendukung yang terpisah dari gedung utama. Untuk instalasi listrik yang akan dievaluasi memiliki total beban ± 200 kVA yang bersumber dari PLN 197 kVA dan genset dengan kapasitas 200 kVA. Evaluasi untuk pemilihan komponen kelistrikan dilakukan dengan menggunakan bantuan 2 sarana yaitu dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) dan aplikasi Ecodial dari *Schneider Electric*. Sedangkan untuk evaluasi pemilihan penangkal petir mengacu pada ketentuan pada SNI 03-7015-2004 tentang Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung. Dari hasil analisa menggunakan aplikasi Ecodial, ditemukan beberapa perbedaan dalam pemilihan komponen listrik. Dari hasil perbandingan antara gambar tender dan hasil perhitungan berdasarkan PUIL 2011 didapatkan beberapa perbedaan dalam pemilihan komponen yang meliputi pemilihan *circuit breaker*, kabel, dan busbar. Dari analisa pemilihan transformator dan genset didapatkan bahwa kapasitas pada rancangan tidak mencukupi kebutuhan. Untuk analisa *grouping* beban listrik ditemukan beberapa ketidaksesuaian seperti adanya *grouping* yang memiliki lebih dari 20 titik beban listrik. Dari evaluasi pemilihan penangkal petir, ternyata pemilihan penangkal petir pada rancangan telah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

**Kata Kunci** – instalasi listrik, penangkal petir, PUIL 2011, *grouping*, Ecodial

## I. PENDAHULUAN

Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) adalah dokumen SNI yang digunakan sebagai standar acuan dalam pemasangan instalasi tenaga listrik tegangan rendah untuk rumah tangga, gedung perkantoran, gedung publik dan bangunan lainnya. (“Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral”). PUIL yang digunakan saat ini adalah PUIL 2011.

Salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi sistem kelistrikan adalah Ecodial. Ecodial merupakan aplikasi yang digunakan untuk menghitung dan merencanakan sistem kelistrikan. Selain itu, Ecodial juga dapat berfungsi sebagai aplikasi untuk menganalisa sistem kelistrikan karena dapat melakukan perhitungan detail akan komponen-komponen dan sistem kelistrikan yang sudah ada.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi gambar listrik untuk tender berdasarkan PUIL 2011 dan dibantu dengan menggunakan aplikasi Ecodial untuk pemilihan komponen kelistrikan, dan SNI 03-7015-2004 untuk evaluasi penangkal petir. Hasil evaluasi yang diharapkan adalah ketepatan penentuan *grouping* beban listrik dan ketepatan pemilihan

komponen kelistrikan berdasarkan PUIL 2011 dan Ecodial, serta pemilihan penangkal petir yang benar berdasarkan SNI 03-7015-2004.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan evaluasi digunakan bantuan aplikasi Ecodial, PUIL 2011 dan SNI 03-7015-2004.

### A. *EcoStruxure Power Design - Ecodial*

*EcoStruxure Power Design* – Ecodial merupakan sebuah *software* yang berguna untuk mendesain instalasi tegangan rendah yang dikembangkan oleh Schneider Electric. Ecodial merupakan bagian dari Schneider Electric’s *Customer Lifecycle Software suite* dan terkoneksi dengan *EcoStruxure™ Power platform*. Ecodial akan menghitung dan mengoptimalkan desain instalasi listrik yang akan dibuat dengan memilih peralatan listrik yang paling optimal sesuai dengan ketentuan instalasi yang berlaku. Ecodial dapat digunakan untuk mendesain sistem kelistrikan pada bangunan seperti *supermarket*, kantor, rumah sakit, dan lain-lain[1].

### B. *Circuit Breaker*

Ada beberapa tipe *circuit breaker*, pada rancangan ini digunakan 3 tipe yaitu:

- *Miniature circuit breaker* (MCB)  
*Miniature Circuit Breaker* (MCB) merupakan peralatan pengamanan yang berfungsi sebagai pemutus dan proteksi terhadap arus beban lebih dan arus hubung singkat. MCB memiliki dua jenis *tripping unit* yang berfungsi untuk memutus arus yaitu *thermal* dan *magnetic*.
- *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)  
*Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB) merupakan pemutus yang memiliki fungsi yang sama dengan MCB dan biasanya memiliki rating arus pengenal yang lebih besar dari MCB.
- *Air Circuit Breaker* (ACB)  
*Air Circuit Breaker* (ACB) merupakan pemutus dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB biasanya digunakan untuk memproteksi sumber listrik.

Dalam memilih *circuit breaker* pertama-tama perlu dicari arus nominal yang akan digunakan. Menggunakan rumus sebagai berikut [2]:

Untuk beban 3 fasa:

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

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 *power factor*.

Jika pada *grouping* beban tersambung tempat *circuit breaker* terpasang tidak terdapat beban motor induksi dan sejenisnya, maka *rating circuit breaker* yang dipilih harus mendekati arus nominal dengan ketentuan harus lebih besar dari arus nominal yang sudah dihitung. Akan tetapi, apabila pada beban tersambung terdapat beban motor induksi dan sejenisnya, maka perhitungan harus disesuaikan karena adanya arus *start* dari beban yang biasanya berkisar antara 5 hingga 7 kali dari arus nominal selama 3 hingga 5 detik. Untuk itu, pemilihan *rating circuit breaker* memerlukan data pada kurva *trip* yang digunakan pada *circuit breaker* tersebut.

Selain arus nominal, dalam penentuan *circuit breaker* juga perlu untuk menghitung nilai arus hubung singkat. 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,

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

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,

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

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 ( $\Omega$ )
- $X_t$  adalah reaktansi total ( $\Omega$ )

Pada transformator, resistansi dan reaktansi dapat ditentukan dari rumus berikut:

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

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2} \quad (6)$$

$$\text{dimana } Z_{TR} = \frac{V_{L-L}^2}{S} \cdot \frac{\%Z}{100} \quad (7)$$

Keterangan:

- $R_{TR}$  adalah resistansi trafo (m $\Omega$ )
- $V_{L-L}$  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 $\Omega$ )
- $Z_{TR}$  adalah impedansi trafo (m $\Omega$ )
- %Z adalah persentase impedansi trafo (%)

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

$$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (8)$$

$$X_{Kabel} = 0.08 \cdot L \quad (9)$$

Keterangan:

- $R_{Kabel}$  adalah resistansi kabel ( $\Omega$ )
- $X_{Kabel}$  adalah reaktansi kabel (m $\Omega$ )
- $\rho$  adalah nilai hambatan berdasarkan bahan ( $\rho$  untuk tembaga bernilai  $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega m$ )
- L adalah panjang penghantar (m)
- A adalah luas penampang penghantar (m<sup>2</sup>)

Untuk busbar, berikut adalah rumus perhitungan resistansi dan reaktansinya,

$$R_{Busbar} = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (10)$$

$$X_{Busbar} = 0.15 \cdot L \quad (11)$$

Keterangan:

- $R_{Busbar}$  adalah resistansi busbar ( $\Omega$ )
- $X_{Busbar}$  adalah reaktansi busbar (m $\Omega$ )
- $\rho$  adalah nilai hambatan berdasarkan bahan ( $\rho$  untuk tembaga bernilai  $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega m$ )
- L adalah panjang penghantar (m)
- A adalah luas penampang penghantar (m<sup>2</sup>)

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

### C. Kabel

Pemilihan jenis kabel dilakukan dengan 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.

$$I_{kabel} = I_{nominal} \times \text{Safety Factor} \quad (12)$$

Dimana,

- $I_{kabel}$  adalah arus yang melewati kabel (A).
- $I_{nominal}$  adalah arus nominal pemutus (A).
- *Safety Factor* bernilai 1,3 – 1,7.

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

### D. Busbar

Busbar merupakan sebuah batang tembaga atau aluminium yang berfungsi untuk menyalurkan listrik di dalam panel menuju ke beban. Untuk menentukan busbar yang akan digunakan, dapat menggunakan arus nominal yang akan mengalir pada busbar dan mencocokkannya dengan tabel pemilihan busbar sesuai dengan PUIL 2011 [3].

Tabel 1. Tabel Pemilihan Busbar

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)															
			Arus bolak-balik						Arus searah									
			Dilapisi lapisan konduktif			Telanjang			Dilapisi lapisan konduktif			Telanjang						
m	mm <sup>2</sup>	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
12 x 2	24	0.23	125	225	-	-	110	200	-	-	130	230	-	-	120	210	-	-
15 x 2	30	0.27	155	270	-	-	140	240	-	-	160	260	-	-	145	255	-	-
15 x 3	45	0.40	195	330	-	-	170	300	-	-	195	335	-	-	175	305	-	-
20 x 2	40	0.36	205	350	-	-	185	315	-	-	210	370	-	-	190	330	-	-
20 x 3	60	0.53	245	425	-	-	220	380	-	-	250	435	-	-	225	395	-	-
20 x 5	100	0.89	325	550	-	-	290	495	-	-	330	570	-	-	300	515	-	-
25 x 3	75	0.67	300	510	-	-	270	460	-	-	300	530	-	-	275	465	-	-
25 x 5	125	1.11	385	670	-	-	350	600	-	-	400	680	-	-	360	620	-	-
30 x 3	90	0.80	350	600	-	-	315	540	-	-	360	630	-	-	325	570	-	-
30 x 5	150	1.34	450	780	-	-	400	700	-	-	475	800	-	-	425	725	-	-
40 x 3	120	1.07	460	780	-	-	420	710	-	-	470	820	-	-	425	740	-	-
40 x 5	200	1.78	600	1000	-	-	520	900	-	-	600	1030	-	-	550	985	-	-
40 x 10	400	3.56	835	1599	2060	2800	760	1350	1650	2500	870	1550	2180	-	800	1395	1950	-
50 x 5	250	2.23	700	1200	1750	2310	630	1100	1550	2100	740	1270	1670	-	660	1150	1700	-
50 x 10	500	4.46	1025	1800	2450	3330	920	1630	2200	3000	1070	1900	2700	-	1000	1700	2400	-
60 x 5	300	2.67	825	1400	1983	2650	750	1300	1800	2400	870	1500	2200	2700	780	1400	1900	2500
60 x 10	600	5.34	1200	2100	2800	3800	1100	1860	2500	3400	1250	2200	3100	3900	1100	2000	2800	3500
80 x 5	400	3.56	1600	2450	3300	4300	1150	1650	2700	2800	1150	2000	2800	3500	1000	1600	2500	3200
80 x 10	800	7.12	2500	3450	4600	6000	1400	2300	3100	4200	1650	2800	4000	5100	1450	2300	3600	4500
100 x 5	500	4.45	1310	2200	2950	3800	1200	2000	2800	3400	1400	2500	3400	4300	1250	2250	3000	3900
100 x 10	1000	8.90	1880	3100	4000	5400	1700	2700	3600	4800	2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5500

CATATAN :  
- Suhu sekitar 30 - 35 °C.  
- Suhu konduktor tembaga maksimum 65 °C.

E. Transformator

Penentuan kapasitas transformator dapat ditentukan berdasarkan beban yang dilayani. Persentase pembebanan transformator idealnya adalah 80% dari kapasitas transformator tersebut. Menurut Warman (2004), penentuan rating transformator dapat dihitung dengan menggunakan rumus Rating Trafo = beban (kVA) / 0,8. Selain itu, dalam pemilihan trafo perlu untuk memperhatikan peramalan beban yang dapat dilihat dari Load Factor. Di mana Load Factor = beban puncak / beban rata-rata.

F. Genset

Generator Set (Genset) merupakan alat yang terdiri dari pembangkit atau generator dan mesin penggerak yang berfungsi untuk menghasilkan suatu tenaga listrik. Menurut ISO-8528-1, terdapat 6 jenis genset berdasarkan ratingnya, yaitu sebagai berikut:

- Emergency Standby Power (ESP)
- Prime Power (PRP)
- Limited-Time Running Power (LTP)
- Continuous Power (COP)
- Data Center Power (DCP)
- Maximum Power of Low-Power Generating Sets (MAX)

Untuk menentukan berapa kapasitas genset yang diperlukan untuk men-supply beban, berikut adalah rumus yang dapat digunakan adalah :

$$S_{Genset} = \frac{P_{SLD} \cdot PB \cdot DF}{\cos\phi \cdot Eff_{genset}} \quad (13)$$

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).

G. Penangkal Petir

Pengaturan sistem terminasi udara harus memenuhi persyaratan tabel II.4. Semua bangunan gedung kerangka baja yang mempunyai ketebalan lebih dari 4,8 mm dapat digunakan sebagai terminasi udara [4]. Metode proteksi terminasi udara sebaiknya dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan berikut ini:

- Metode sudut proteksi cocok untuk bangunan gedung atau bagian kecil dari bangunan gedung yang lebih besar.
- Metode ini tidak cocok untuk bangunan gedung yang lebih

tinggi dari radius bola gulir yang sesuai dengan tingkat proteksi SPP yang dipilih

- Metode bola gulir cocok untuk bentuk bangunan gedung berbentuk rumit
- Metode jala untuk keperluan umum dan khususnya cocok untuk proteksi permukaan datar.

Tabel 2. Hubungan Efisiensi SPP dan Tingkat Proteksi

Tingkat proteksi	Efisiensi SPP
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Tabel 3. Penempatan Terminasi Udara

Protection level	h (m)	R (m)				Mesh width (m)
		20	30	45	60	
Tingkat proteksi	R (m)	0	0	0	0	Lebar mata jala (m)
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

\* Rolling sphere and mesh only apply in these cases.  
\* Hanya menggunakan bola bergulir dan jala dalam kasus ini.

Tabel 4. Dimensi Minimum Bahan SPP

Tingkat proteksi	Bahan	Terminasi-udara (mm <sup>2</sup> )	Konduktor penyalur (mm <sup>2</sup> )	Terminasi-bumi (mm <sup>2</sup> )
I sampai IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

III. DATA DAN ANALISA DATA

Berdasarkan permintaan dan beberapa pertimbangan mengikuti standar yang berlaku, maka dilakukan evaluasi untuk pemilihan komponen instalasi meliputi circuit breaker, kabel, busbar, transformator dan juga genset. Hal ini digunakan untuk menjadi saran dan pertimbangan bagi kelancaran instalasi.

A. Data Kelistrikan PUTR

ACB 4P 350A - 400A (40kA); NYY 4 x 1c X 150 mm2 (Dari Genset); NYY 4 x 1c X 120 mm2 (Dari Trafo)

No.	Deskripsi	Breaker	Kabel	Load (W)	Connected Load		
					R	S	T
Fire/Genset							
1	PP - Elektronik	MCCB, 3P, 40kA, 25A	FRC 4 x 4 mm2 + BC 4 mm2	3000	3000		
2	PP - Hydrant	MCCB, 3P, 40kA, 160A	FRC 4 x 1c x 70 mm2 + BC 35 mm2	51000		51000	
3	PP - Fire Atap	MCCB, 3P, 40kA, 25A	FRC 4 x 6 mm2 + BC 4 mm2	3000			3000
4	SPARE						
5	SPARE						
					3000	51000	3000
					Daya (W)	57000	
					Arus	108,2531755	
PLN							
1	SDP - PLK	MCCB, 3P, 40kA, 125A	NYY 4 x 50 mm2	52063	52063		
2	SDP - AC	MCCB, 3P, 40kA, 200A	NYY 4 x 70 mm2 + BC 25 mm2	61900		61900	
3	SDP - Pompa	MCCB, 3P, 40kA, 80A	NYY 4 x 16 mm2 + BC 16 mm2	37800			37800
4	PHB-01	MCCB, 3P, 40kA, 32A	NYY 4 x 4 mm2 + BC 4 mm2	2561	2561		
5	PHB-04	MCCB, 3P, 40kA, 50A	NYY 4 x 16 mm2 + BC 4 mm2	21620	21620		
6	SDP GM	MCCB, 3P, 40kA, 32A	NYY 4 x 6 mm2 + BC 6 mm2	6500	6500		
7	SDP XR Medis	MCCB, 3P, 40kA, 100A	NYY 4 x 35 mm2 + BC 4 mm2	30000			30000
8	SPARE	MCCB, 3P, 40kA, 50A					
9	SPARE						
					82744	61900	67800
					PLN Load (W)	212444	
					Arus	403,4690809	

Gambar 1. Data Kelistrikan Rancangan Panel Utama Tegangan Rendah Rumah Sakit "X"

Untuk melakukan evaluasi, digunakan data yang tertera pada gambar tender instalasi listrik Rumah Sakit "X". Data kelistrikan dari panel utama tegangan rendah dapat dilihat pada gambar 1.

**B. Evaluasi Ecodial**

Evaluasi menggunakan aplikasi Ecodial untuk instalasi listrik Rumah Sakit 'X' memiliki beberapa keterbatasan yaitu:

- Jumlah sirkit maksimal yang dapat dibuat pada Ecodial kurang lebih hanya bisa 100 sirkit. Hal ini menyebabkan evaluasi pada Ecodial yang dapat dilakukan hanya bisa sampai ke panel SDP, tidak dapat melakukan evaluasi komponen yang terhubung dengan beban
- Perhitungan pada Ecodial dilakukan secara otomatis oleh Ecodial menyebabkan adanya penyimpangan hasil dikarenakan pada Ecodial tidak dapat didesain sampai ke beban per-grouping.

Untuk hasil evaluasi menggunakan Ecodial dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Ecodial

Name	Breaker Lama		Breaker Baru			Kabel Lama	Kabel Baru
	Rating (A)	Breaking capacity (kA)	Rating (A)	Breaking capacity (kA)	Circuit breaker	Phase CSA (mm <sup>2</sup> )	Phase CSA (mm <sup>2</sup> )
Breaker Trafo	350	40	400	36	NSX400F	150	300
Breaker Cap Bank	160	40	125	15	C120H	70	185
Breaker Genset	350	40	400	36	NSX400F	150	35
Breaker Feeder SDP PLK	125	40	250	25	NSX250B	50	70
Breaker Feeder SDP AC	200	40	160	16	NSXm160E	70	35
Breaker Feeder P.PU	80	40	63	15	IC60H	16	10
Breaker Feeder PHB 01	32	40	13	15	IC60H	4	1,5
Breaker Feeder PHB 04	50	40	40	15	IC60H	16	6
Breaker PC.GM	32	40	10	15	IC60H	6	1,5
Breaker PA.CT	100	40	63	15	IC60H	35	16

**C. Pembagian Grouping Beban Listrik**

Untuk penentuan grouping pada gambar tender sudah cukup bagus dimana telah ada grouping khusus untuk beban prioritas seperti ruang operasi. (Dibuatkan panel khusus PA.OK). Akan tetapi, kekurangannya adalah terdapat beberapa grouping yang tidak sesuai dengan aturan PUIL 2011 dimana batas jumlah beban dalam 1 grouping adalah 20 titik beban. (Contoh: Grouping L.2 panel PLK Lt.1 memiliki 26 titik beban).

**D. Pemilihan Circuit Breaker dan Kabel**

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 sebesar 5 hingga 7 kali arus nominal yang umumnya menyebabkan circuit breaker yang digunakan trip meskipun rating yang dipakai sudah sesuai dengan arus nominalnya.

Contoh pada panel AC Lt.1 untuk unit IU 1.3 yang merupakan AC 1,5 pk dengan daya sebesar 1125 Watt.

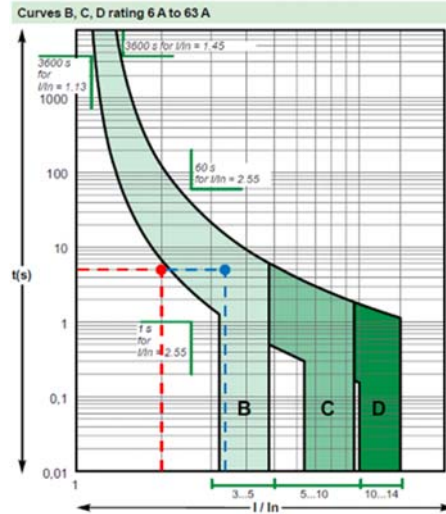
$$I_{nominal} = \frac{1125}{220 \cdot 0,8} = 6,39 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan di atas dipilih MCB dengan rating 10 A. Pada beban motor, terdapat arus start selama 3-5 detik. Oleh karena itu perlu ditentukan arus start, dalam contoh perhitungan digunakan perkalian arus nominal sebesar 5 kali.  $I_{start} = 6,39 \times 5 = 31,95 \text{ A}$

Hasil arus start tersebut dicocokkan dengan grafik kurva trip tipe C yang digunakan tipe MCB yang digunakan. Berdasarkan

grafik tersebut, supaya pada saat arus start masih mengalir ke peralatan, MCB yang dipakai tidak trip terlebih dahulu, maka dipilihlah rating 10 A. MCB tidak trip pada saat terjadi arus start karena nilai arus start dibagi dengan rating MCB masih dalam rentang kurva C (gambar 2).

Berikut rating MCB yang telah dipilih pada perhitungan di atas, maka didapatkan nilai rated current sebagai berikut  $I/In = 31,95 : 10 = 3,2$ . Untuk selanjutnya nilai ini dicocokkan dengan grafik dimana  $t(s) = 5s$ .



Gambar 2. Penggunaan Kurva Trip

Tabel 6. Perhitungan resistansi dan reaktansi total untuk Panel PLK Lt.1

Peralatan Instalasi	Resistansi	Reaktansi
Trafo $S = 400 \text{ kVA}$ $P_{cu} = 4600 \text{ W}$ $V_{L-L} = 400 \text{ V}$ $\%Z = 4\%$	$R_{TR} = \frac{P_{cu} \cdot V_{L-L}^2 \cdot 10^{-3}}{S^2}$ $R_{TR} = \frac{4600 \cdot 400^2 \cdot 10^{-3}}{400^2}$ $R_{TR} = 4,6 \text{ m}\Omega$	$Z_{TR} = \frac{V_{L-L}^2 \cdot \%Z}{S}$ $Z_{TR} = \frac{400^2 \cdot 4}{100}$ $Z_{TR} = 16 \text{ m}\Omega$ $X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2}$ $X_{TR} = \sqrt{16^2 - 4,6^2}$ $X_{TR} = 15,32 \text{ m}\Omega$
Kabel 1 (Trafo ke LVMDP) $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 15 \text{ m}$ (L dari hasil perhitungan) $A = 370 \text{ mm}^2$	$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $R_{Kabel} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{15}{370 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Kabel} = 0,069 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Kabel} = 0,69 \text{ m}\Omega$	$X_{Kabel} = 0,08 \cdot L$ $X_{Kabel} = 0,08 \cdot 15$ $X_{Kabel} = 1,2 \text{ m}\Omega$
Circuit Breaker 1 Busbar LVMDP $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 1 \text{ m}$ $A = 200 \text{ mm}^2$	$R_{Busbar} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $R_{Busbar} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Busbar} = 0,0086 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Busbar} = 0,086 \text{ m}\Omega$	$X_{Busbar} = 0,15 \cdot L$ $X_{Busbar} = 0,15 \cdot 1$ $X_{Busbar} = 0,15 \text{ m}\Omega$
Circuit Breaker SDP PLK Kabel SDP PLK $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 10 \text{ m}$ $A = 35 \text{ mm}^2$	$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $R_{Kabel} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{10}{35 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Kabel} = 0,49 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Kabel} = 4,9 \text{ m}\Omega$	$X_{Kabel} = 0,08 \cdot L$ $X_{Kabel} = 0,08 \cdot 10$ $X_{Kabel} = 0,8 \text{ m}\Omega$
Busbar SDP PLK $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 0,5 \text{ m}$ $A = 24 \text{ mm}^2$	$R_{Busbar} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $R_{Busbar} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,5}{24 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Busbar} = 0,0358 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Busbar} = 0,358 \text{ m}\Omega$	$X_{Busbar} = 0,15 \cdot L$ $X_{Busbar} = 0,15 \cdot 0,5$ $X_{Busbar} = 0,075 \text{ m}\Omega$
Circuit Breaker PL Lt.1 Kabel PL Lt.1 $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ $L = 70 \text{ m}$ $A = 6 \text{ mm}^2$	$R_{Kabel} = \rho \cdot \frac{L}{A}$ $R_{Kabel} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{70}{6 \cdot 10^{-6}}$ $R_{Kabel} = 20,067 \cdot 10^{-2} \Omega$ $R_{Kabel} = 143,3 \text{ m}\Omega$	$X_{Kabel} = 0,08 \cdot L$ $X_{Kabel} = 0,08 \cdot 50$ $X_{Kabel} = 4 \text{ m}\Omega$
Total	$R_t = 211,304 \text{ m}\Omega$	$X_t = 21,545 \text{ m}\Omega$

Karena posisi titik tersebut (biru) berada di area trip, maka rating MCB yang dipilih dinaikan menjadi 16 A kemudian dicari ulang rated current-nya dan didapatkan rated current  $I/In = 31,95 : 16 = 1,99$ .

Cek ulang pada grafik menggunakan *rated current* yang baru. Didapatkan posisi titik berada di bawah grafik (merah). Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada saat arus *start* terjadi, MCB tidak akan trip terlebih dahulu. Oleh karena itu, dipilihlah MCB dengan *rating* 16 A.

P

Berikut perhitungan untuk pemilihan ukuran kabel untuk AC unit 1.3 pada panel AC Lt.1,

$$I = 6,39 \times 1,3 = 8,3 \text{ A}$$

Dari arus yang diperoleh, dapat ditentukan ukuran kabel yaitu NYM 3  $\times$  2,5 mm<sup>2</sup>.

Untuk pemilihan kapasitas breaking dari *circuit breaker*, dapat ditentukan dari besar arus hubung singkatnya. Untuk dapat menemukan arus hubung singkat, dibutuhkan total resistansi dan reaktansi total. Tabel 6 merupakan perhitungan resistansi dan reaktansi total untuk panel penerangan lantai 1 (PLK Lt.1). Dari perhitungan pada tabel 6, arus hubung singkat pada panel PLK Lt.1 yaitu,

$$I_{sc} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(211,304^2 + 21,545^2)}} = 1,09 \text{ kA}$$

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

#### E. Pemilihan Busbar

Untuk memilih busbar dapat dilihat pada tabel 1. Diambil contoh pemilihan busbar untuk panel PLK Lt. 1 di mana I nominalnya = 98.88 A. Setelah itu dapat dilihat pada tabel 1 pada bagian arus bolak-balik dan penampang telanjang. Dipilih jumlah batang 1, dan dilihat bahwa untuk arus 98.88 A, ukuran penampang yang memenuhi adalah 12 x 2 mm, atau 24 mm<sup>2</sup>.

#### F. Pemilihan Transformator dan Generator Set

Perhitungan Transformator

$$S_{genset} = \frac{P_{SLD} \cdot PB \cdot DF}{\cos\phi \cdot Eff_{genset}} = \frac{266444 \cdot 1 \cdot 0,85}{0,8 \cdot 80\%} = 353.870,94 \text{ VA} = 353,87 \text{ kVA}$$

Perhitungan Genset

$$S_{genset} = \frac{P_{SLD} \cdot PB \cdot DF}{\cos\phi \cdot Eff_{genset}} = \frac{266444 \cdot 1 \cdot 0,85}{0,8 \cdot 80\%} = 353.870,94 \text{ VA} = 353,87 \text{ kVA}$$

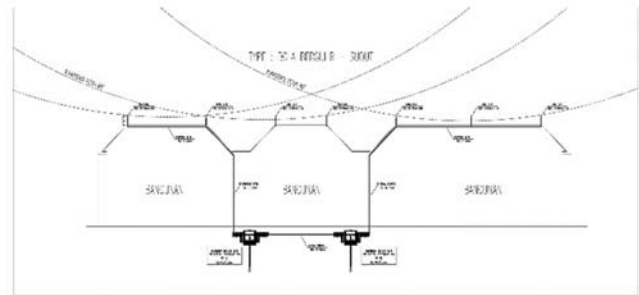
Pada gambar tender, terdapat keterangan 1 buah trafo 200 kVA dan 1 buah genset 200 kVA. Dari hasil perhitungan transformator dan genset, agar sistem dapat berjalan dengan baik diperlukan 1 trafo 400 kVA dan 1 buah genset *stand-by* 400 kVA untuk mensuplai ketika terjadi pemadaman listrik dan juga pada saat kebakaran.

#### G. Pemilihan Penangkal Petir

Pada gambar tender, dipilih sistem proteksi petir dengan menggunakan metode campuran antara bola gulir dan sudut proteksi. Dari gambar dapat dilihat bahwa peletakan penangkal petir sudah mencakup seluruh bangunan rumah sakit. Hal ini dikarenakan Metode Bola Gulir merupakan metode terminasi udara yang paling cocok jika digunakan pada bangunan gedung yang berbentuk rumit, sedangkan Metode Sudut Proteksi adalah metode terminasi udara yang cocok untuk digunakan pada bangunan gedung berukuran kecil dan sedang atau bagian kecil dari gedung yang besar.

Dari data pada gambar 4 dapat dilihat bahwa Palangkaraya memiliki tingkat proteksi petir pada level 4, hal ini dapat dilihat

dari efisiensi SPP yang berada pada 0,8 dan 0,89. Sistem proteksi petir yang dipilih ditentukan dengan metode gabungan bola bergulir dan sudut proteksi, dimana digunakan diameter bola bergulir 60 m dan sudut proteksi 55°. Hal ini sudah sesuai dengan ketentuan yang tertera pada tabel 3 dimana untuk bangunan dengan tinggi maksimal 20 m dan tingkat proteksi petir level IV maka digunakan bola bergulir dengan diameter 60 m dan sudut proteksi 55°. Sedangkan untuk pembumian petir sendiri dapat dilihat bahwa pemilihan pembumian menggunakan ROD BC 50 mm<sup>2</sup> sudah memenuhi ketentuan pada tabel 4.



Gambar 3. Penangkal Petir Rumah Sakit “X”

DATA GEDUNG :
PANJANG ATAP GEDUNG : 56 m
LEBAR ATAP GEDUNG : 17 m
TINGGI BANGUNAN GEDUNG : 11 m
HARI GURUH PALANGKARAYA : 209 / TAHUN
ANALISA DIDAPAT :
MASIH TERMASUK KATEGORI IV (0,8–0,89)
SISTEM PROTEKSI PETIR : GABUNGAN
(TYPE BOLA BERGULIR DAN SUDUT)
JUMLAH PENGHANTAR 2 (NYY-1Cx70 mm2)
DIAMETER BOLA BERGULIR : R. 60m
SUDUT PROTEKSI : 55°
SISTEM PEMBUMIAN PETIR : GABUNGAN
BESAR TAHAN PEMBUMIAN DIDAPAT : 0,84 ohm
JUMLAH PEMBUMIAN : 3 TITIK – 12 m
DIAMETER PEMBUMIAN : ROD BC 50 mm2
DIAMETER GRID : BCC 25 mm2

Gambar 4. Data Komponen Proteksi Rumah Sakit ‘X’ Menurut Rancangan

## IV. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan Ecodial untuk melakukan evaluasi instalasi yang terdiri lebih dari 100 sirkit kurang optimal karena adanya keterbatasan aplikasi. Dari hasil analisa *grouping* menurut PUIL ditemukan ketidaksesuaian dimana terdapat beberapa *grouping* yang terdiri lebih dari 20 titik beban. Sedangkan untuk pemilihan *circuit breaker* dan kabel terdapat beberapa pemilihan yang harus disesuaikan. Untuk trafo dan genset ditemukan bahwa pada rancangan, kapasitasnya tidak memenuhi kebutuhan. Pada pemilihan penangkal petir menurut SNI 03-7015-2004, pemilihan pada rancangan telah memenuhi syarat dari SNI.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schneider Electric. (n.d.). *EcoStruxure Power Design – Ecodial*. Retrieved from

<https://www.se.com/id/id/product-range/61013-ecostruxure-power-design---ecodial/#overview>.

- [2] Schneider. (2018). *Electrical installation guide – according to IEC international standards*. Retrieved from <https://www.se.com/id/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/>.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Panduan umum instalasi listrik (PUIL)*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 03-7015-2004: Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional