

PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK PASAR KLEWER SURAKARTA MENGUNAKAN SOFTWARE SIMARIS

Muhammad Zulkaromi^{*)}, Hermawan, and Juningtyastuti

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

^{*)}*Email : muhammadzulkaromi@gmail.com*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi kelistrikan saat ini sangatlah pesat, hal ini sejalan dengan berkembangnya teknologi peralatan pendukung konsumen baik untuk bidang industri maupun rumah tangga. Perancangan yang matang dibutuhkan untuk sistem instalasi listrik bangunan agar dapat memberikan suplai listrik ke beban listrik sesuai kebutuhan. Selain itu mampu mengatasi gangguan yang terjadi pada beban listrik, peralatan listrik dan melindungi konsumen yang berperan sebagai operator dari kemungkinan bahaya yang terjadi. Untuk mendapatkan sistem instalasi listrik yang baik diperlukan perancangan yang memperhatikan kebutuhan daya listriknya, ukuran kabel penghantar yang digunakan, besar pengaman yang dibutuhkan, jatuh tegangan, kemungkinan besar arus hubung singkat yang akan terjadi, dan lain sebagainya. Error checking yang bertahap pada perhitungan manual dapat dipermudah dengan bantuan sebuah software. Dalam hal ini penulis merancang instalasi listrik Pasar Klewer Surakarta menggunakan bantuan software SIMARIS dengan tujuan membandingkan hasil analisis SIMARIS dengan hasil perhitungan manual. Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa software SIMARIS dapat digunakan dalam sebuah perancangan bangunan dengan jatuh tegangan dibawah 4%.

Kata kunci : perancangan, instalasi listrik, ukuran kabel penghantar, hubung singkat, jatuh tegangan, SIMARIS.

Abstract

Well-planned design for electrical installation system in a building is necessary in order to provide electricity supply to the electrical load as needed. And also capable to overcome the disruption that occur in electrical loads, electrical equipments and to protect consumer as operator from possible safety hazard. To achieve a well-planned electrical installation design the needs of electrical power, cross-sectional area of cables, the required protection, short-circuit current that will occur and voltage drop should put into account. The number of stages in manual calculations and error checking causes the overlong calculation. This can be simplified with the help of software. Using SIMARIS DESIGN software to designed the electrical installation of a building with the intention of comparing SIMARIS DESIGN analysis results with Indonesia General Requirement of Electrical Installation (PUIL) method based or manual calculations. The results of comparison will determine that the SIMARIS DESIGN software can be used in accordance of PUIL standart with the value of voltage drop below 4%.

Keyword : Electrical Installation Design, Cables cross-sectional area, Short-circuit, Voltage drop, SIMARIS Design.

1. Pendahuluan

Tenaga listrik memiliki peran yang sangat penting dalam suatu industri. Semakin berkembangnya industri semakin besar pula tenaga listrik yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri tersebut. Hal ini bisa kita lihat dalam kehidupan sehari – hari, hampir setiap bangunan membutuhkan energi listrik seperti sekolah atau kampu, perkantoran, rumah sakit, hotel, dan sebagainya. Dalam operasionalnya, gedung – gedung bertingkat tersebut pasti memerlukan sistem perancangan distribusi daya listrik yang baik dan berkualitas[1].

Belakangan ini banyak terjadi kasus kebakaran pada bangunan – bangunan perbelajaan dan pasar tradisional yang diduga karena hubung singkat. Kejadian ini banyak disebabkan oleh instalasi yang tidak sesuai dengan standar instalasi listrik yang sudah ditetapkan. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan Standar Nasional Indonesia sudah menetapkan standar dan tata cara instalasi baik dari segi kamanan dan juga segi estetika keindahannya[2].

Untuk mencegah hal tersebut pemerintah Surakarta melaksanakan program pembangunan kembali pasar – pasar yang sudah tua. Instalasi listrik dan konstruksi bangunan yang sudah tidak layak dapat membahayakan pembeli dan penjual yang ada didalam maupun disekitar pasar. Program ini ditujukan agar masyarakat dapat

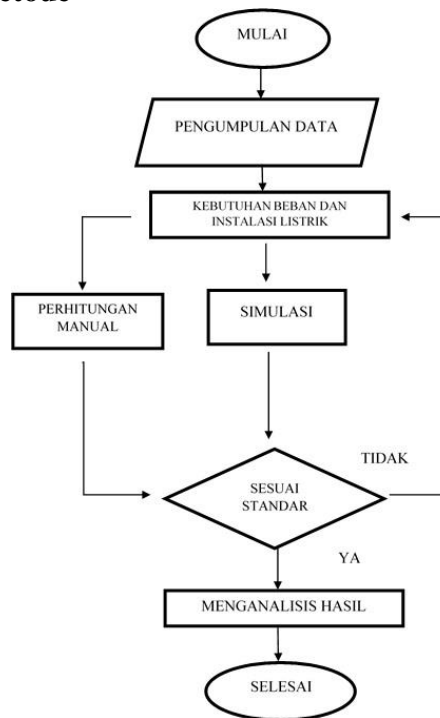
melakukan transaksi secara aman, nyaman, dan layak pakai.

Melihat hal tersebut, penulis merancang instalasi listrik Pasar Klewer Surakarta menggunakan bantuan software SIMARIS. Metode perhitungan dan analisa digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan spesifikasi komponen – komponen yang akan digunakan dengan mengacu pada PUIL 2011.

Dalam penelitian ini, pembahasan dibatasi pada:

1. Deskripsi pemodelan perancangan diagram satu garis pasar Klewer Surakarta menggunakan software SIMARIS.
2. Tinjauan perancangan instalasi listrik mengacu pada Standar Nasional Indonesia PUIL 2011 dan Undang – Undang Ketenaga Listrikan 2002.
3. Perancangan menitik beratkan pada masalah teknis saja, tidak membahas biaya dan sisi mekanikal.
4. Perhitungan hanya pada sisi instalasi listrik yang terkait dengan beban kebutuhan listrik dan bukan pada peralatan yang digunakan atau spesifikasi yang digunakan
5. Tidak membahas penghantar netral dan penghantar proteksi (PE), hanya membahas persyaratan umum penghantar netral dan proteksi.
6. Tidak membahas jatuh tegangan dinamis dan harmonisa.

2. Metode



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari CV. PRIMA DISAIN selaku konsultan perencana dari Pasar Klewer Surakarta. Data – data yang didapatkan diantaranya adalah gambar arsitektur dan prakira kebutuhan beban Pasar Klewer Surakarta.

Tabel 1. Prakira Kebutuhan Beban Pasar Klewer Surakarta

Sumber	Panjang Penghantar Kabel (m)	Beban (watt)
LVMDP		
LVMDP KE SDP BASEMENT	36	14703,3
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	29	155155,26
LVMDP KE SDP LANTAI 1	24	166243,85
LVMDP KE SDP LANTAI 2	29	87669,35
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	40	4500
LVMDP KE SDP IPAL	50	17600
LVMDP KE SDP HYDRANT	48	104100
LVMDP KE SDP LIFT 1	40	44000
LVMDP KE SDP LIFT 2	140	33000
SDP BASEMENT		
PP LP1	45	3268
PP LP2	45	3240
PP LP3	70	3240
PP LP4	71	3250
PP OFFICE	10	884
EXHAUST FAN	24	600
FRESH AIR FAN	24	600
SDP SEMI BASEMENT		
PP LP AA	24	26928
PP LP BB	24	26928
PP LP CC	55	26928
PP LP DD	70	26928
PP LP EE	70	12236
PP LP FF	100	8424
PP LP GG	100	13832
PP LP HH	80	12960
SDP AIR BERSIH		
DEEP WELL	5	1500
POMPA TRANSFER 1	5	1500
POMPA TRANSFER 2	5	1500
SDP IPAL		
SUMPIT 1	24	2200
SUMPIT 2	24	2200
SUMPIT 3	65	2200
SUMPIT 4	65	2200
SUMPIT 5	90	2200
SUMPIT 6	90	2200
SUMPIT 7	140	2200
SUMPIT 8	140	2200
SDP LIFT 1		
LIFT 1	4	11000
LIFT 2	4	11000
ESCALATOR 1	10	11000
ESCALATOR 2	10	11000
SDP LIFT 2		
LIFT 3	10	11000
LIFT 4	10	11000
LIFT 5	10	11000
SDP HYDRANT		
HYDRANT	5	100000
JOCKEY PUMP	5	4100

3. Hasil dan Analisa

3.1. Hasil Simulasi Simaris

Dalam penelitian data prakira kebutuhan beban dimasukkan dalam program SIMARIS yang kemudian didapatkan besar trafo 800 kVA dan hasil simulasi seperti berikut :

Tabel 2. Luas Penampang dan Jatuh Tegangan menurut Simaris

SUMBER	KABEL (mm ²)			ΣΔV (%)
	FASA	NETRAL	PE	
KABEL INCOMING	3x300	-	300	0,074
KABEL OUTGOING	3x300	-	300	0,066
LVMDP				
LVMDP KE SDP BASEMENT	3x10	10	10	1,176
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	3x150	150	70	0,954
LVMDP KE SDP LANTAI 1	3x185	185	95	0,818
LVMDP KE SDP LANTAI 2	3x70	70	35	0,924
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	3x10	10	10	0,706
LVMDP KE SDP IPAL	3x10	10	10	1,966
LVMDP KE SDP HYDRANT	3x95	95	50	1,396
LVMDP KE SDP LIFT 1	3x25	25	16	1,593
LVMDP KE SDP LIFT 2	3x16	16	16	2,715
SDP BASEMENT				
PP LP1	3x4	4	4	1,714
PP LP2	3x4	4	4	1,709
PP LP3	3x4	4	4	2,48
PP LP4	3x4	4	4	2,008
PP OFFICE	3x4	4	4	1,205
EXHAUST FAN	3x4	4	4	1,234
FRESH AIR FAN	3x4	4	4	1,234
SDP SEMI BASEMENT				
PP LP AA	3x10	10	10	1,924
PP LP BB	3x10	10	10	1,914
PP LP CC	3x16	16	16	2,222
PP LP DD	3x16	16	16	2,729
PP LP EE	3x10	10	10	2,227
PP LP FF	3x10	10	10	2,179
PP LP GG	3x16	16	16	2,257
PP LP HH	3x10	10	10	2,495
SDP AIR BERSIH				
DEEP WELL	3x4	-	4	0,741
POMPA TRANSFER 1	3x4	-	4	0,741
POMPA TRANSFER 2	3x4	-	4	0,741
SDP IPAL				
SUMPIT 1	3x4	-	4	2,202
SUMPIT 2	3x4	-	4	2,202
SUMPIT 3	3x4	-	4	2,605
SUMPIT 4	3x4	-	4	2,605
SUMPIT 5	3x4	-	4	2,851
SUMPIT 6	3x4	-	4	2,851
SUMPIT 7	3x4	-	4	3,342
SUMPIT 8	3x4	-	4	3,342
SDP LIFT 1				
LIFT 1	3x4	-	4	1,775
LIFT 2	3x4	-	4	1,775
ESCALATOR 1	3x4	-	4	2,047
ESCALATOR 2	3x4	-	4	2,048
SDP LIFT 2				
LIFT 3	3x4	-	4	3,169
LIFT 4	3x4	-	4	3,619
LIFT 5	3x4	-	4	3,619
SDP HYDRANT				
HYDRANT	3x95	-	50	1,436
JOCKEY PUMP	3x4	-	4	1,514

Tabel 3. Kapasitas Pengaman CB menurut SIMARIS

SUMBER	RATING (A)	BREAKING CAPACITY (kA)	Isc (kA)
INCOMING	1.250	55	31,83
OUTGOING	1.250	55	30,76
LVMDP			
KE SDP BASEMENT	40	55	3,48
KE SDP SEMIBASEMENT	400	55	21,11
KE SDP LANTAI 1	400	55	22,93
KE SDP LANTAI 2	160	55	17,25
KE SDP AIR BERSIH	25	55	3,17
KE SDP IPAL	40	55	2,65
KE SDP LIFT 1	100	55	7,52
KE SDP LIFT 2	100	55	3,32
KE SDP HYDRANT	250	55	15,64
SDP BASEMENT			
PP LP1	25	55	0,887
PP LP2	25	55	0,87
PP LP3	25	55	0,62
PP LP4	25	55	0,62
PP OFFICE	25	55	2,09
PP EXHAUST FAN			1,35
PP FRESH AIR FAN			1,35
SDP SEMI BASEMENT			
PP LP AA	63	55	4,68
PP LP BB	63	55	4,68
PP LP CC	63	55	3,71
PP LP DD	63	55	2,74
PP LP EE	25	55	1,77
PP LP FF	25	55	1,26
PP LP GG	25	55	1,97
PP LP HH	25	55	1,56
SDP AIR BERSIH			
DEEP WELL	4	55	2,43
POMPA TRANSFER 1	4	55	2,43
POMPA TRANSFER 2	4	55	2,43
SDP IPAL			
SUMPIT 1	6,3	55	1,20
SUMPIT 2	6,3	55	1,20
SUMPIT 3	6,3	55	0,62
SUMPIT 4	6,3	55	0,62
SUMPIT 5	6,3	55	0,47
SUMPIT 6	6,3	55	0,47
SUMPIT 7	6,3	55	0,33
SUMPIT 8	6,3	55	0,33
SDP LIFT 1			
LIFT 1	25	55	4,80
LIFT 2	25	55	4,80
ESCALATOR 1	25	55	3,12
ESCALATOR 2	25	55	3,12
SDP LIFT 2			
LIFT 3	25	55	2,02
LIFT 4	25	55	2,02
LIFT 5	25	55	2,02
SDP HYDRANT			
HYDRANT	315	70	14,32
JOCKEY PUMP	25	55	6,77

3.2. Hasil Perhitungan Manual

3.2.1. Perhitungan Luas Penghantar Kabel

Untuk menghitung luas penghantar Kabel yang dibutuhkan kita dapat mencari dengan mengetahui Kuat Hantar Arus pada penghantar yang menuju beban.

Dengan beban Hydrant sebesar 100.000 watt dan cos phi sebesar 0,85, dengan menggunakan cara sebagai berikut:

$$I = \frac{100000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} \quad I = 178,75 \text{ Ampere}$$

Arus nominal pada Hydrant sebesar 178,75 Ampere, diperoleh KHA sebesar :

$$\begin{aligned} \text{KHA} &= 1,25 \times I_n \\ &= 1,25 \times 178,75 \text{ Ampere} \\ &= 223,43 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Sesuai dengan tabel penghantar PUIL 2011 maka diperoleh ukuran penghantar NYY 50mm² untuk berurat tunggal, dan 95 mm² untuk berurat 3 dan 4 (*multicore*).

Kabel Netral : dengan menggunakan persamaan S : N = 1 : 1 didapatkan luas penghantar kebel netral adalah :

$$N = 95 \text{ mm}^2$$

Kabel PE : karena S = 95 mm² menurut syarat kabel PE maka :

$$\begin{aligned} \text{PE} &= S/2 \\ &= 47,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dikarenakan luas penampang ukuran 47,5 mm² tidak ada, maka dipilih ukuran yang mendekati yaitu 50 mm².

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh luas penampang penghantar pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perhitungan Luas Penghantar Kabel

SUMBER	Luas Penampang Penghantar (mm ²)		
	Fasa	Netral	PE
KABEL INCOMING	3x400	240	120
KABEL OUTGOING	3x400	240	120
1. LVMDP			
LVMDP KE SDP BASEMENT	4	4	4
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	185	185	95
LVMDP KE SDP LANTAI 1	240	240	120
LVMDP KE SDP LANTAI 2	70	70	35
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	1,5	1,5	1,5
LVMDP KE SDP IPAL	4	4	4
LVMDP KE SDP HYDRANT	95	95	50
LVMDP KE SDP LIFT 1	16	16	16
LVMDP KE SDP LIFT 2	16	16	16
2. SDP BASEMENT			
PP LP1	1,5	1,5	1,5
PP LP2	1,5	1,5	1,5
PP LP3	1,5	1,5	1,5
PP LP4	1,5	1,5	1,5
PP OFFICE	1,5	1,5	1,5
EXHAUST FAN	1,5	1,5	1,5
FRESH AIR FAN	1,5	1,5	1,5
2. SDP SEMI BASEMENT			
PP LP AA	10	10	10
PP LP BB	10	10	10
PP LP CC	10	10	10
PP LP DD	10	10	10
PP LP EE	2,5	2,5	2,5
PP LP FF	1,5	1,5	1,5
PP LP GG	2,5	2,5	2,5
PP LP HH	2,5	2,5	2,5
5. SDP AIR BERSIH			
DEEP WELL	1,5	1,5	1,5
POMPA TRANSFER 1	1,5	1,5	1,5
POMPA TRANSFER 2	1,5	1,5	1,5
6. SDP IPAL			
SUMPIT 1	1,5	1,5	1,5

SUMPIT 2	1,5	1,5	1,5
SUMPIT 3	1,5	1,5	1,5
SUMPIT 4	1,5	1,5	1,5
SUMPIT 5	1,5	1,5	1,5
SUMPIT 6	1,5	1,5	1,5
SUMPIT 7	1,5	1,5	1,5
SUMPIT 8	1,5	1,5	1,5
7. SDP LIFT 1			
LIFT 1	2,5	2,5	2,5
LIFT 2	2,5	2,5	2,5
ESCALATOR 1	2,5	2,5	2,5
ESCALATOR 2	2,5	2,5	2,5
8. SDP LIFT 2			
LIFT 3	2,5	2,5	2,5
LIFT 4	2,5	2,5	2,5
LIFT 5	2,5	2,5	2,5
9. SDP HYDRANT			
HYDRANT	95	95	50
JOCKEY PUMP	1,5	1,5	1,5

3.2.2. Perhitungan Jatuh Tegangan

Untuk mencari jatuh tegangan pada Hydrant harus diketahui terlebih dahulu jatuh tegangan dari trafo hingga hydrant. Dengan menggunakan cara sebagai berikut :

1. Jatuh tegangan pada Incoming

$$\begin{aligned} \Delta u_{incoming} &= \frac{(0,1851 \cdot 0,85 + 0,2 \cdot 0,53) \cdot 1120,69 \cdot 10^{-3}}{219,5} \cdot 100\% \\ \Delta u_{incoming} &= 0,229\% \end{aligned}$$

2. Jatuh tegangan pada Outgoing

$$\begin{aligned} \Delta u_{incoming} &= \frac{(0,3702 \cdot 0,85 + 0,4 \cdot 0,53) \cdot 1120,69 \cdot 10^{-3}}{219,5} \cdot 100\% \\ \Delta u_{outgoing} &= 0,458\% \\ \sum \Delta u_{outgoing} &= \Delta u_{outgoing} + \Delta u_{incoming} = 0,687\% \end{aligned}$$

3. Jatuh tegangan pada SDP Hydrant

$$\begin{aligned} \Delta u_{SDP HYDRANT} &= \frac{(30,462 \cdot 0,85 + 3,84 \cdot 0,53) \cdot 186,08 \cdot 10^{-3}}{219,4} \cdot 100\% \\ \Delta u_{SDP HYDRANT} &= 0,982\% \\ \sum \Delta u_{SDP HYDRANT} &= \Delta u_{SDP HYDRANT} + \sum \Delta u_{outgoing} \\ &= 0,982 + 0,687 \\ &= 1,669\% \end{aligned}$$

4. Jatuh tegangan pada Hydrant

$$\begin{aligned} \Delta u_{HYDRANT} &= \frac{(3,173 \cdot 0,85 + 0,4 \cdot 0,53) \cdot 178,75 \cdot 10^{-3}}{219,4} \cdot 100\% \\ &= 0,098\% \\ \sum \Delta u_{HYDRANT} &= \Delta u_{HYDRANT} + \sum \Delta u_{SDP HYDRANT} \\ &= 0,237 + 2,772 \end{aligned}$$

$$= 1,776 \%$$

Dengan menggunakan cara yang sama seperti perhitungan diatas maka didapatkan perhitungan jatuh tegangan Pasar Klewer Surakarata seperti pada tabel 5. Berikut.

Tabel 5. Perhitungan Jatuh Tegangan

SUMBER	Panjang Kabel (meter)	Luas Penampang Penghantar (mm ²)	Drop voltage %	Total Drop Voltage %
KABEL INCOMING	5	3x400	0,229	0,229
KABEL OUTGOING	10	3x400	0,458	0,687
1. LVMDP				
LVMDP KE SDP BASEMENT	36	6	1,375	2,062
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	29	185	0,530	1,216
LVMDP KE SDP LANTAI 1	24	240	0,394	1,080
LVMDP KE SDP LANTAI 2	29	70	0,646	1,333
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	40	1,5	1,852	2,539
LVMDP KE SDP IPAL	50	10	1,384	2,071
LVMDP KE SDP HYDRANT	48	95	0,982	1,668
LVMDP KE SDP LIFT 1	40	16	1,753	2,439
LVMDP KE SDP LIFT 2	140	35	2,190	2,877
2. SDP				
BASEMENT				
PP LP1	45	4	0,571	2,632
PP LP2	45	4	0,566	2,627
PP LP3	70	4	0,880	2,942
PP LP4	71	4	0,895	2,957
PP OFFICE	10	1,5	0,091	2,153
EXHAUST FAN	24	1,5	0,148	2,210
FRESH AIR FAN	24	1,5	0,148	2,210
3. SDP SEMI				
BASEMENT				
PP LP AA	24	10	1,016	2,232
PP LP BB	24	10	1,016	2,232
PP LP CC	55	10	2,329	3,545
PP LP DD	70	16	1,877	3,093
PP LP EE	70	6	2,225	3,441
PP LP FF	100	6	2,189	3,405
PP LP GG	100	10	2,175	3,391
PP LP HH	80	10	1,631	2,847
6. SDP AIR				
BERSIH				
DEEP WELL	5	1,5	0,077	2,616
POMPA	5	1,5	0,077	2,616
TRANSFER 1				
POMPA	5	1,5	0,077	2,616
TRANSFER 2				
7. SDP IPAL				
SUMPIT 1	24	1,5	0,543	2,614
SUMPIT 2	24	1,5	0,543	2,614
SUMPIT 3	65	2,5	0,885	2,955
SUMPIT 4	65	2,5	0,885	2,955
SUMPIT 5	90	2,5	1,225	3,296
SUMPIT 6	90	2,5	1,225	3,296
SUMPIT 7	140	4	1,195	3,266
SUMPIT 8	140	4	1,195	3,266
8. SDP LIFT 1				
LIFT 1	4	2,5	0,272	2,712
LIFT 2	4	2,5	0,272	2,712
ESCALATOR 1	10	2,5	0,681	3,120
ESCALATOR 2	10	2,5	0,681	3,120
9. SDP LIFT 2				
LIFT 3	10	2,5	0,681	3,557
LIFT 4	10	2,5	0,681	3,557
LIFT 5	10	2,5	0,681	3,557
10. SDP HYDRANT				
HYDRANT	5	95	0,098	1,766
JOCKEY PUMP	5	1,5	0,211	1,879

3.2.3. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Untuk menghitung arus hubung singkat pada Hydrant terlebih dahulu harus mengetahui impedansi sisi jaringan sisi atas, trafo, konduktor antara trafo dan lvmdp, dan SDP Hydrant.

Impedansi Jaringan Sisi Atas

Untuk mencari impedansi jaringan sisi atas dengan cara seperti berikut :

$$Z_{Qt} = \frac{c_{max} \cdot U_{nQ}^2}{S_{kQ}^2}$$

$$= \frac{1,1 \cdot 380^2}{500 \text{ MVA}^2} \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,317 \text{ m}\Omega$$

Yang kemudian nilai resistansi dan reaktasi didapatkan menggunakan cara seperti berikut:

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_{Qt}$$

$$= 0,315 \text{ m}\Omega$$

$$R_Q = 0,100 \cdot X_Q$$

$$= 0,032 \text{ m}\Omega$$

Impedansi trafo

Trafo yang digunakan pada Pasar Klewer Surakarta sebesar 800kVA dengan tegangan hubung singkatnya sebesar 4% maka didapatkan impedansi trafonya dengan menggunakan cara seperti berikut :

$$Z_T = \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \cdot \frac{u_{kr}}{100}$$

$$Z_T = 7,96 \text{ m}\Omega$$

Dan nilai resistansi dan reaktasi trafo didapatkan dengan menggunakan cara sebagai berikut :

$$R_T = 0,31 \cdot Z_T$$

$$= 2,467 \text{ m}\Omega$$

$$X_T = 0,95 \cdot Z_T$$

$$= 7,562 \text{ m}\Omega$$

Arus Hubung Singkat

Impedansi konduktor antar trafo dan LVMDP di lambangkan sebagai R_C dan X_C. Jika mencari arus hubung singkat pada sisi antara trafo dan lvmdp maka R_C dan X_C adalah 0. Dengan menggunakan cara di atas maka didapatkan nilai arus hubung singkatnya :

Pada sisi Incoming

$$I_{sc} = \frac{c_{max} \cdot U_0}{\sqrt{(R_Q + R_T + R_C + R_U + R_{1ph incoming})^2 + (X_Q + X_T + X_C + X_U + X_{ph incoming})^2}}$$

$$I_{sc} = \frac{1,1 \cdot 219,4}{\sqrt{(0,032 + 7,562 + 0 + 0 + 0,1851)^2 + (0,315 + 2,467 + 0 + 0 + 0,2)^2}}$$

$$I_{SC} = 27,644 \text{ kA}$$

Pada sisi Outgoing

Untuk sisi Outgoing nilai $R_c = R_{1ph \text{ incoming}}$ dan

$X_c = X_{ph \text{ incoming}}$.

$$I_{sc} = \frac{c_{max} \cdot U_0}{\sqrt{(R_Q + R_T + R_C + R_U + R_{1ph \text{ Outgoing}})^2 + (X_Q + X_T + X_C + X_U + X_{ph \text{ Outgoing}})^2}}$$

$$I_{sc} = \frac{1,1 \cdot 219,4}{\sqrt{(0,032 + 7,562 + 0,1851 + 0 + 0,3702)^2 + (0,315 + 2,467 + 0,2 + 0 + 0,4)^2}}$$

$$I_{SC} = 24,960 \text{ kA}$$

Untuk perhitungan arus hubung singkat setelah Outgoing nilai $R_c = R_{1ph \text{ incoming}} + R_{1ph \text{ Outgoing}}$ dan $X_c = X_{ph \text{ incoming}} + X_{ph \text{ outgoing}}$.

Arus hubung singkat SDP Hydrant

Dengan menggunakan cara yang sama maka didapatkan nilai arus hubung singkat pada SDP hydrant adalah :

$$I_{sc} = \frac{c_{max} \cdot U_0}{\sqrt{(R_Q + R_T + R_C + R_U + R_{1ph \text{ SDP HYDRANT}})^2 + (X_Q + X_T + X_C + X_U + X_{ph \text{ SDP HYDRANT}})^2}}$$

$$I_{sc} = \frac{1,1 \cdot 219,4}{\sqrt{(0,032 + 2,467 + 0,5552 + 0 + 30,462)^2 + (0,315 + 7,562 + 0,6 + 0 + 3,84)^2}}$$

$$I_{SC} = 12,402 \text{ kA}$$

Arus hubung singkat Hydrant

Nilai tahanan $R_{ph \text{ SDP HYDRANT}}$ menjadi R_U dan $X_{ph \text{ SDP HYDRANT}}$ menjadi X_U karena tahanan konduktor pada SDP Hydrant merupakan tahanan konduktor yang dilewati untuk mencapai sisi Hydrant.

$$I_{sc} = \frac{c_{max} \cdot U_0}{\sqrt{(R_Q + R_T + R_C + R_U + R_{1ph \text{ HYDRANT}})^2 + (X_Q + X_T + X_C + X_U + X_{ph \text{ HYDRANT}})^2}}$$

$$I_{sc} = \frac{1,1 \cdot 219,4}{\sqrt{(0,032 + 2,467 + 0,5552 + 30,462 + 3,173)^2 + (0,315 + 7,562 + 0,6 + 3,84 + 0,4)^2}}$$

$$I_{SC} = 12,272 \text{ kA}$$

Dengan menggunakan cara yang sama seperti perhitungan diatas maka akan didapatkan arus hubung singkat pada Pasar Klewer Surakarta pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Arus Hubung Singkat

SUMBER	Isc (kA)
KABEL INCOMING	27,644
KABEL OUTGOING	24,960
1. LVMDP	
LVMDP KE SDP BASEMENT	1,760
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	18,175
LVMDP KE SDP LANTAI 1	19,590
LVMDP KE SDP LANTAI 2	14,246
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	0,405
LVMDP KE SDP IPAL	2,096
LVMDP KE SDP HYDRANT	12,402
LVMDP KE SDP LIFT 1	4,014
LVMDP KE SDP LIFT 2	2,557
SDP BASEMENT	

PP LP1	0,625
PP LP2	0,625
PP LP3	0,460
PP LP4	0,455
PP OFFICE	0,849
EXHAUST FAN	0,491
FRESH AIR FAN	0,491
SDP SEMI BASEMENT	
PP LP AA	3,965
PP LP BB	3,965
PP LP CC	1,867
PP LP DD	2,305
PP LP EE	0,908
PP LP FF	0,640
PP LP GG	1,053
PP LP HH	1,306
SDP AIR BERSIH	
DEEP WELL	0,361
POMPA TRANSFER 1	0,361
POMPA TRANSFER 2	0,361
SDP IPAL	
SUMPIT 1	0,514
SUMPIT 2	0,514
SUMPIT 3	0,349
SUMPIT 4	0,349
SUMPIT 5	0,264
SUMPIT 6	0,264
SUMPIT 7	0,271
SUMPIT 8	0,271
SDP LIFT 1	
LIFT 1	2,552
LIFT 2	2,552
ESCALATOR 1	1,634
ESCALATOR 2	1,634
SDP LIFT 2	
LIFT 3	1,329
LIFT 4	1,329
LIFT 5	1,329
SDP HYDRANT	
HYDRANT	12,272
JOCKEY PUMP	2,714

3.3 Analisis

3.3.1. Perbandingan Luas Penampang Kabel

Berikut adalah hasil perhitungan arus hubung singkat pada simulasi simaris dan manual terlihat pada tabel

Tabel 7. Perbandingan Luas Penampang Kabel Simaris Terhadap Perhitungan Manual

SUMBER	Luas Penampang Penghantar (mm ²)						keterangan
	FASA		NETRAL		PE		
	Manua l	Simari s	Manua l	Simari s	Manua l	Simari s	
KABEL INCOMING	3x400	300	240	-	120	300	lebih kecil
KABEL OUTGOING	3x400	300	240	-	120	300	lebih kecil
LVMDP							
LVMDP KE SDP BASEMENT	6	10	6	10	6	10	lebih besar
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	185	150	185	150	95	70	lebih kecil
LVMDP KE SDP LANTAI 1	240	185	240	185	120	95	lebih kecil
LVMDP KE SDP LANTAI 2	70	70	70	70	35	35	sama
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	1,5	10	1,5	10	1,5	10	lebih besar
LVMDP KE SDP IPAL	10	10	10	10	4	10	sama

LVMDP KE SDP HYDRANT	95	95	95	95	50	50	sama
LVMDP KE SDP LIFT 1	16	25	16	25	16	16	lebih besar
LVMDP KE SDP LIFT 2	35	16	35	16	16	16	lebih kecil
BASEMENT PP LP1	4	4	4	4	4	4	sama
PP LP2	4	4	4	4	4	4	sama
PP LP3	4	4	4	4	4	4	sama
PP LP4	4	4	4	4	4	4	sama
PP OFFICE	1,5	4	1,5	4	1,5	4	lebih besar
EXHAUST FAN	1,5	4	1,5	4	1,5	4	lebih besar
FRESH AIR FAN	1,5	4	1,5	4	1,5	4	lebih besar
SEMI BASEMENT PP LP AA	10	10	10	10	10	10	sama
PP LP BB	10	10	10	10	10	10	sama
PP LP CC	10	16	10	16	10	16	lebih besar
PP LP DD	16	16	16	16	10	16	Sama
PP LP EE	6	10	6	10	6	10	lebih besar
PP LP FF	6	10	6	10	6	10	lebih besar
PP LP GG	10	16	10	16	10	16	lebih besar
PP LP HH	10	10	10	10	10	10	sama
SDP AIR BERSIH							
DEEP WELL	1,5	4	1,5	-	1,5	4	lebih besar
POMPA TRANSFER 1	1,5	4	1,5	-	1,5	4	lebih besar
POMPA TRANSFER 2	1,5	4	1,5	-	1,5	4	lebih besar
6. SDP IPAL							
SUMPIT 1	1,5	4	1,5	-	1,5	4	lebih besar
SUMPIT 2	1,5	4	1,5	-	1,5	4	lebih besar
SUMPIT 3	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
SUMPIT 4	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
SUMPIT 5	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
SUMPIT 6	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
SUMPIT 7	4	4	4	-	4	4	sama
SUMPIT 8	4	4	4	-	4	4	sama
SDP LIFT 1							
LIFT 1	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
LIFT 2	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
ESCALATOR R 1	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
ESCALATOR R 2	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
SDP LIFT 2							
LIFT 3	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
LIFT 4	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
LIFT 5	2,5	4	2,5	-	2,5	4	lebih besar
9. SDP HYDRANT							
HYDRANT JOCKEY PUMP	1,5	4	1,5	-	1,5	4	sama lebih besar

Pada tabel 7 luas penampang penghantar sudah melalui penyesuaian terhadap jatuh tegangan agar tidak lebih dari 4% pada ujung beban dan tampak bahwa luas penampang SIMARIS lebih besar dibandingkan dengan perhitungan manual dengan rincian 53% lebih besar, 37% sama besar dan 10% lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pada simulasi SIMARIS pemilihan penghantar tidak hanya memperhatikan kuat hantar arus saja, namun juga

memperhatikan berbagai macam hal seperti faktor koreksi temperatur tanah, tingkatan beban, proporsi penampahan daya pada peralatan yang disebabkan oleh harmonisa, dan faktor akumulasi jarak diameter 1 kabel dalam kabel berinti banyak. Selain itu pengaturan minimal penghantar pada SIMARIS sebesar 4mm².

3.3.2. Perbandingan Jatuh Tegangan

Berikut adalah hasil perhitungan jatuh tegangan pada simulasi simaris dan manual terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Jatuh Tegangan Simaris Terhadap Perhitungan Manual

SUMBER	Total Drop Voltage (%)		Keterangan
	Manual	Simaris	
KABEL INCOMING	0,229	0,074	lebih kecil
KABEL OUTGOING	0,687	0,066	lebih kecil
1. LVMDP			
LVMDP KE SDP BASEMENT	2,062	1,176	lebih kecil
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	1,216	0,954	lebih kecil
LVMDP KE SDP LANTAI 1	1,080	0,818	lebih kecil
LVMDP KE SDP LANTAI 2	1,333	0,924	lebih kecil
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	2,539	0,706	lebih kecil
LVMDP KE SDP IPAL	2,071	1,966	lebih kecil
LVMDP KE SDP HYDRANT	1,668	1,396	lebih kecil
LVMDP KE SDP LIFT 1	2,439	1,593	lebih kecil
LVMDP KE SDP LIFT 2	2,877	2,715	lebih kecil
SDP BASEMENT			
PP LP1	2,632	1,714	lebih kecil
PP LP2	2,627	1,709	lebih kecil
PP LP3	2,942	2,48	lebih kecil
PP LP4	2,957	2,008	lebih kecil
PP OFFICE	2,153	1,205	lebih kecil
EXHAUST FAN	2,210	1,234	lebih kecil
FRESH AIR FAN	2,210	1,234	lebih kecil
SDP SEMI BASEMENT			
PP LP AA	2,232	1,924	lebih kecil
PP LP BB	2,232	1,914	lebih kecil
PP LP CC	3,545	2,222	lebih kecil
PP LP DD	3,093	2,729	lebih kecil
PP LP EE	3,441	2,227	lebih kecil
PP LP FF	3,405	2,179	lebih kecil
PP LP GG	3,391	2,257	lebih kecil
PP LP HH	2,847	2,495	lebih kecil
SDP AIR BERSIH			
DEEP WELL	2,616	0,741	lebih kecil
POMPA TRANSFER 1	2,616	0,741	lebih kecil
POMPA TRANSFER 2	2,616	0,741	lebih kecil
SDP IPAL			
SUMPIT 1	2,614	2,202	lebih kecil
SUMPIT 2	2,614	2,202	lebih kecil
SUMPIT 3	2,955	2,605	lebih kecil
SUMPIT 4	2,955	2,605	lebih kecil
SUMPIT 5	3,296	2,851	lebih kecil
SUMPIT 6	3,296	2,851	lebih kecil
SUMPIT 7	3,266	3,342	lebih besar
SUMPIT 8	3,266	3,342	lebih besar
SDP LIFT 1			
LIFT 1	2,712	1,775	lebih kecil
LIFT 2	2,712	1,775	lebih kecil
ESCALATOR 1	3,120	2,047	lebih kecil
ESCALATOR 2	3,120	2,048	lebih kecil
SDP LIFT 2			
LIFT 3	3,557	3,169	lebih kecil
LIFT 4	3,557	3,619	lebih kecil
LIFT 5	3,557	3,619	lebih kecil
10. SDP HYDRANT			
HYDRANT JOCKEY PUMP	1,766	1,436	lebih kecil
	1,879	1,514	lebih kecil

Dapat dilihat pada tabel 8 bahwa nilai jatuh tegangan pada SIMARIS lebih kecil dibandingkan perhitungan manual. Selisih terbesar antara hasil simulasi dan manual adalah 1% dan terkecil sebesar 0,3%. Nilai jatuh tegangan berbanding terbalik dengan luas penampang. Semakin kecil luas penampang, semakin besar nilai jatuh tegangannya. Namun nilai dari jatuh tegangan sesuai dengan rata – rata jatuh tegangan pada perhitungan manual sebesar 2,6% dan hasil simulasi sebesar 1,96% dimana batas maksimal yang diperbolehkan pada PUIL 2011 yaitu tidak boleh lebih dari 4%.

3.3.3. Perbandingan Arus Hubung Singkat

Berikut adalah hasil perhitungan arus hubung singkat pada simulasi simaris dan manual terlihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Arus Hubung Singkat

SUMBER	Isc (kA)		keterangan
	manual	simaris	
KABEL INCOMING	27,64	31,836	lebih besar
KABEL OUTGOING	24,96	30,761	lebih besar
1. LVMDP			
LVMDP KE SDP BASEMENT	1,76	3,48	lebih besar
LVMDP KE SDP SEMI BASEMENT	18,18	21,107	lebih besar
LVMDP KE SDP LANTAI 1	19,59	22,932	lebih besar
LVMDP KE SDP LANTAI 2	14,25	17,247	lebih besar
LVMDP KE SDP AIR BERSIH	0,41	3,173	lebih besar
LVMDP KE SDP IPAL	2,10	2,652	lebih besar
LVMDP KE SDP HYDRANT	12,40	15,639	lebih besar
LVMDP KE SDP LIFT 1	4,01	7,517	lebih besar
LVMDP KE SDP LIFT 2	2,56	3,322	lebih besar
SDP BASEMENT			
PP LP1	0,62	0,874	lebih besar
PP LP2	0,62	0,874	lebih besar
PP LP3	0,46	0,617	lebih besar
PP LP4	0,45	0,617	lebih besar
PP OFFICE	0,85	2,96	lebih besar
EXHAUST FAN	0,49	1,347	lebih besar
FRESH AIR FAN	0,49	1,347	lebih besar
SDP SEMI BASEMENT			
PP LP AA	3,96	4,687	lebih besar
PP LP BB	3,96	4,687	lebih besar
PP LP CC	1,87	3,713	lebih besar
PP LP DD	2,31	2,745	lebih besar
PP LP EE	0,91	1,103	lebih besar
PP LP FF	0,64	1,263	lebih besar
PP LP GG	1,05	1,971	lebih besar
PP LP HH	1,31	1,565	lebih besar
SDP LANTAI 1			
PP LP A	4,05	4,801	lebih besar
PP LP B	4,05	4,801	lebih besar
PP LP C	3,19	2,808	lebih besar
PP LP D	2,33	2,789	lebih besar
PP LP E	1,50	1,065	lebih besar
PP LP F	0,91	1,793	lebih besar
PP LP G	1,06	1,271	lebih besar
PP LP H & Ai	1,06	1,271	lebih besar
PP LP Di & Ei	0,78	1,577	lebih besar
SDP LANTAI 2			
PP BLOK 1 & 2	1,66	2,857	lebih besar
PP BLOK 3 & 4	1,34	2,403	lebih besar
PP BLOK 5 & 6	1,34	2,403	lebih besar
PP BLOK 7 & 8	2,38	2,857	lebih besar
SDP AIR BERSIH			
DEEP WELL	0,36	2,433	lebih besar
POMPA TRANSFER 1	0,36	2,433	lebih besar
POMPA TRANSFER 2	0,36	2,433	lebih besar

SDP IPAL			
SUMPIT 1	0,51	1,198	lebih besar
SUMPIT 2	0,51	1,198	lebih besar
SUMPIT 3	0,35	0,619	lebih besar
SUMPIT 4	0,35	0,619	lebih besar
SUMPIT 5	0,26	0,477	lebih besar
SUMPIT 6	0,26	0,477	lebih besar
SUMPIT 7	0,27	0,328	lebih besar
SUMPIT 8	0,27	0,328	lebih besar
SDP LIFT 1			
LIFT 1	2,55	4,808	lebih besar
LIFT 2	2,55	4,808	lebih besar
ESCALATOR 1	1,63	3,119	lebih besar
ESCALATOR 2	1,63	3,119	lebih besar
SDP LIFT 2			
LIFT 3	1,33	2,021	lebih besar
LIFT 4	1,33	2,021	lebih besar
LIFT 5	1,33	2,021	lebih besar
SDP HYDRANT			
HYDRANT	12,27	14,323	lebih besar
JOCKEY PUMP	2,71	6,767	lebih besar

Dapat dilihat pada tabel 9 bahwa nilai dari Arus Hubung Singkat pada SIMARIS rata2 lebih besar dibandingkan perhitungan manual. Hal ini dikarenakan pada SIMARIS memperhatikan arus puncak yang dapat ditahan oleh motor sebelum terjadi kerusakan mekanis.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis diatas perbandingan perhitungan penghantar simaris rata –rata lebih besar dibandingkan penghantar manual, hal ini dikarenakan Simaris memperhatikan banyak varibel dalam perhitungan luas penampangnya yang hasilnya tidak jauh berbeda dengan perhitungan manual. Nilai jatuh tegangan hasil simulasi dengan rata- rata 1,96% sesuai dengan aturan PUIL yaitu tidak lebih dari 4% dan nilai arus hubung singkat lebih besar dari perhitungan manual dikarenakan arus puncak yang dapat ditahan motor dalam segi mekanikal sebelum terjadi kerusakan juga diperhitungkan. Hal ini menunjukkan bahwa SIMARIS dapat digunakan untuk membantu perancangan instalasi listrik pada bangunan.

Referensi

- [1] Nurfitri. *Studi Perencanaan Instalasi Listrik Pada Gedung Bertingkat ONIH BOGOR*. Skripsi. Pakuan Bogor. Universitas Pakuan, 2016.
- [2] Ismansyah. *Perancangan Instalasi Listrik Pada Rumah Dengan Daya Listrik Besar*. Skripsi. Jakarta: University of Indonesia, 2009
- [3] SNI 0225:2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. BSN. Jakarta, 2011
- [4] Barrie Rigby. 2005. *Design of Electrical Services for Buildings, 4th Edition*. London.
- [5] SIEMENS. 2012. *Application Models for the Power Distribution High-rise Buildings*. Germany
- [6] John Hauck. 2014. *Electrical Design of Commercial and Industrial Buildings*.
- [7] SIEMENS. 2016. *Planning of Electric Power Distribution*. germany
- [8] IEC 60228. *Conductor of insulated cables*.

- [9] IEC 60909 series. *Shor-circuit currents in three –phase a.c. systems.*
- [10] CENELEC. 2011. *Determination of cross sectional area of conductors and selection of protective device.*
- [11] IEC International Standard. 60364-5-52. Low-voltage electrical installations. Switzerland. 2009