

# Analisis Perencanaan Pembagian Beban Elektrikal pada Panel SDP Gedung Universitas Sutomo

Barru Arrosyid<sup>1</sup>, Wisnu Ayodya<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

Jl. Raya Puspitek, Buaran, Pamulang, Tangerang Selatan, Banten 15310 INDONESIA

Email: <sup>2</sup>wisnuayd98@gmail.com

*Abstract- Sub Distribution Panel (SDP) is a panel that functions as a divider of electricity flow from the main low voltage panel (LVMDP) to other panels in smaller areas or units. However, in SDP panel planning there is a problem related to unbalanced load sharing between its phases. This can certainly lead to several problems, such as: the emergence of currents on the neutral side which can result in power losses, damage to electrical equipment, and increased temperature in the conductor cable line. The purpose of this research is to ensure that each phase in the SDP panel has an even and balanced load in order to minimize interference by using a calculation formula that is in accordance with electrical standards. This research uses quantitative methods and data collection is done by interview, observation, and documentation. The results of this study obtained the total power requirements of the 2nd floor of Sutomo University which amounted to 162,801 Watt. The type of conductor used in the SDP panel is a copper busbar (Cu) with a size of 30x5 mm<sup>2</sup>. The safety rating as the main safety of the SDP panel uses MCCB 3P/400 A. The load imbalance value in the SDP panel of 0.6% is in accordance with the IEEE 1159-2009 standard, which states that the value of load imbalance between phases is a maximum of 30%. The results of the analysis and calculation in this study can be used as a reference for the design of the SDP panel of the Sutomo University building.*

*Abstrak- Sub Distribution Panel (SDP) merupakan panel yang berfungsi sebagai pembagi aliran listrik dari panel utama tegangan rendah (LVMDP) ke panel lainnya di area atau unit yang lebih kecil. Tetapi, pada perencanaan panel SDP terdapat suatu permasalahan terkait pembagian beban yang tidak seimbang antar fasanya. Hal tersebut tentu dapat mengakibatkan beberapa masalah, seperti: timbulnya arus pada sisi netral yang dapat mengakibatkan rugi-rugi daya, kerusakan peralatan kelistrikan, dan meningkatnya suhu pada saluran kabel penghantar. Tujuan penelitian ini untuk memastikan bahwa setiap fasa pada panel SDP memiliki beban yang merata dan seimbang demi meminimalisir gangguan dengan menggunakan rumus perhitungan yang sesuai dengan standar kelistrikan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, observasi, dan dokumentasi. Hasil dari penelitian ini didapatkan total kebutuhan daya lantai 2 Universitas Sutomo yaitu sebesar 162.801 Watt. Jenis penghantar yang digunakan pada panel SDP yaitu busbar tembaga (Cu) dengan ukuran 30x5 mm<sup>2</sup>. Rating pengaman sebagai pengaman utama panel SDP menggunakan MCCB 3P/400 A. Nilai ketidakseimbangan beban pada panel SDP sebesar 0,6% telah sesuai dengan standar IEEE 1159-2009, yang menyatakan bahwa nilai ketidakseimbangan beban antar fasa yaitu maksimal 30%. Hasil dari analisis dan perhitungan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk perancangan panel SDP gedung Universitas Sutomo.*

**Kata Kunci:** SDP, pembagian beban, ketidakseimbangan beban, perancangan panel SDP.

## I. PENDAHULUAN

SDP merupakan panel yang berfungsi sebagai pembagi aliran listrik dan mendistribusikan listrik dari panel utama tegangan rendah (LVMDP) ke area atau sub-sub panel yang lebih kecil [1]. Selain itu, panel SDP juga berfungsi sebagai pengaman sirkit dan peralatan listrik dari gangguan-gangguan yang dapat terjadi, dengan mekanisme pengamanan yaitu dengan mematikan daya listrik dengan cepat [2].

Panel SDP menjadi hal terpenting dalam hal distribusi daya listrik pada suatu gedung, karena untuk mendistribusikan aliran listrik dari sumber tenaga listrik ke peralatan listrik yang digunakan [3]. Gedung Universitas Sutomo saat ini belum memiliki panel SDP untuk menyalurkan daya listrik ke beban atau peralatan listrik yang digunakan pada lantai 2 gedung Universitas Sutomo. Universitas Sutomo merupakan salah satu perguruan tinggi swasta baru yang terletak di Kota Serang, Banten.

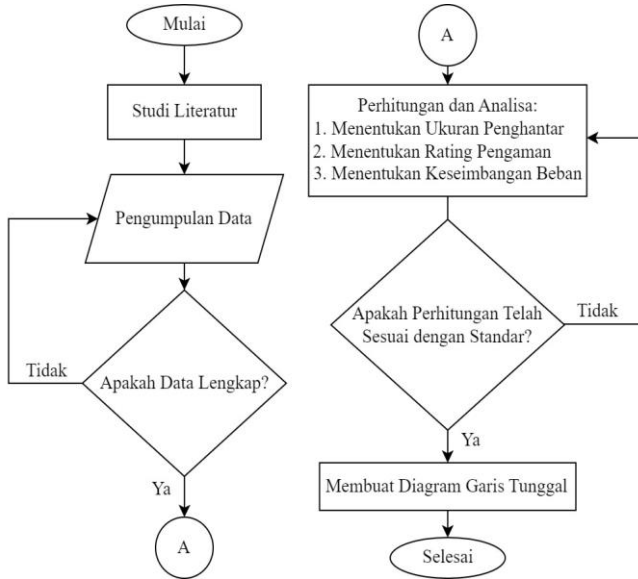
Pada perancangan panel SDP terdapat beberapa masalah terkait kerapihan jalur instalasi listrik dan pembagian beban yang tidak seimbang antar fasanya [4]. Beban yang tidak seimbang adalah kondisi di mana nilai arus atau tegangan pada salah satu fasa R-S-T mengalami perbedaan. Beban yang tidak seimbang ini umumnya disebabkan karena tidak meratanya distribusi pembagian beban [5].

Hal ini tentu dapat menyebabkan beberapa masalah, seperti: timbulnya arus pada sisi netral yang dapat mengakibatkan rugi-rugi daya, kerusakan peralatan kelistrikan, meningkatnya suhu pada saluran kabel penghantar, dan kurang efisien mengingat daya listrik yang di dapat tidak digunakan sebagaimana mestinya [6]. Dalam kondisi beban seimbang, nilai arus pada netral adalah 0, sedangkan dalam beban tidak seimbang nilai arus pada netral  $\neq 0$  [7].

Oleh sebab itu pada perencanaan ini dibutuhkan metode perhitungan yang sesuai dalam perancangan panel SDP guna memastikan bahwa setiap fasa R-S-T pada panel SDP mempunyai beban yang seimbang demi meminimalisir gangguan atau kerusakan yang dapat terjadi. Adapun metode yang digunakan ini bertujuan untuk menentukan kabel penghantar yang digunakan, kapasitas rating pengaman yang digunakan, dan keseimbangan beban pada setiap fasa R-S-T pada panel SDP.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, yaitu metode penelitian yang pengumpulan dan analisis data berupa angka (numerik) untuk mendapatkan hasil objektif yang terukur. Tahapan-tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



GAMBAR 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 di atas merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yang meliputi beberapa tahapan, antara lain:

A. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data atau informasi yang relevan dengan pokok bahasan yang akan diteliti melalui berbagai macam sumber, seperti: jurnal, artikel, dan buku.

B. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan berbagai macam metode, seperti: wawancara, observasi, dan dokumentasi.

1) *Wawancara*: yaitu pengumpulan data dengan cara berbicara secara langsung dengan pihak penanggung jawab di lapangan, dalam hal ini yaitu pihak yang merencanakan instalasi listrik pada gedung Universitas Sutomo.

2) *Observasi*: yaitu pengumpulan data dengan cara survei secara langsung ke tempat yang akan diteliti, yaitu Universitas Sutomo. Universitas Sutomo berlokasi di Jl. Raya Jakarta No. 6, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183.

3) *Dokumentasi*: yaitu pengumpulan data dengan cara memeriksa laporan atau dokumen yang berhubungan dengan objek yang diteliti, yaitu denah gedung dan spesifikasi beban.

C. Perhitungan dan Analisa

Perhitungan dan analisa pada penelitian ini yaitu diawali dengan menghitung total beban terpasang pada lantai 2 gedung Universitas Sutomo. Selanjutnya, menghitung arus nominal untuk menentukan ukuran dan jenis kabel penghantar, rating pengaman, dan keseimbangan beban antar fasa pada panel SDP.

Dari hasil analisis data tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk perancangan panel SDP pada lantai 2 gedung Universitas Sutomo.

1) Arus Nominal ( $I_n$ )

Arus nominal adalah total arus listrik yang mengalir di sirkit atau rangkaian listrik dalam keadaan biasa atau kondisi beban normal. Arus nominal umumnya digunakan untuk menentukan ukuran kabel penghantar dan rating pengaman MCB yang digunakan dalam instalasi listrik [8]. Rumus perhitungan yang digunakan untuk menentukan arus nominal adalah sebagai berikut [9]:

- Sistem 1 fasa:

$$I_n = \frac{P}{V_{L-N} \times \cos\phi} \tag{1}$$

- Sistem 3 fasa:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\phi} \tag{2}$$

2) Menentukan Ukuran Penghantar

Untuk menentukan ukuran dan jenis penghantar yang digunakan perlu diketahui terlebih dahulu KHA (Kapasitas Hantar Arus) yang dapat dilalui penghantar tersebut. KHA penghantar adalah kemampuan maksimal dari suatu penghantar apabila dialiri arus listrik secara kontinu [10]. Menurut standar PUIL 2011 ayat 2.2.8.3, KHA penghantar yang dibebani arus lebih adalah 125% dari arus pengenal beban maksimal [11]. Nilai KHA penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3) berikut ini [12]:

$$I_{KHA} = 125\% \times I_n \tag{3}$$

3) Menentukan Rating Pengaman

Untuk menentukan rating pengaman yang digunakan pada panel SDP, terlebih dahulu mencari nilai arus rating. Arus rating adalah jumlah arus maksimal yang dapat ditangani oleh suatu komponen listrik dengan aman tanpa mengalami kerusakan [13]. Menurut standar PUIL 2011 ayat 2.2.8.3, Gawai Proteksi Arus Lebih (GPAL) setidaknya-tidaknyanya adalah 110% - 115% dari arus pengenal beban. Nilai rating pengaman dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (4) sebagai berikut [14]:

$$I_{Rating} = 115\% \times I_n \tag{4}$$

4) Menentukan Keseimbangan Beban

Keseimbangan beban adalah suatu keadaan di mana ketiga fasa R-S-T pada sistem tiga fasa mempunyai nilai yang sama besarnya. Dalam keadaan seimbang, ketiga vektor arus atau tegangan memiliki nilai yang sama. Ketiga vektor membentuk titik 120° satu sama lain. Sebaliknya, dalam kondisi tidak seimbang adalah kondisi di mana tidak ada salah satu atau dua kondisi di atas terpenuhi [15]. Menurut standar IEEE 1159-2009, nilai ketidakseimbangan beban antar fasa yaitu maksimal 30% [16]. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut [17]:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \tag{5}$$

$$a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} \tag{6}$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} \tag{7}$$

$$c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \tag{8}$$

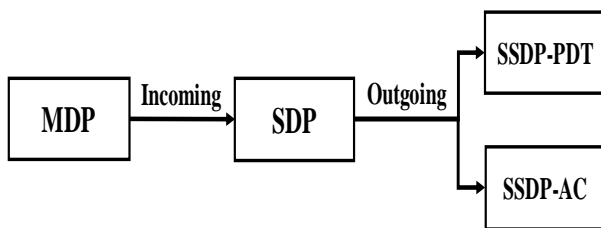
$$\text{Persentase} = \frac{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|}{3} \times 100\% \tag{9}$$

Jika sistem memiliki nilai ketidakseimbangan beban < 30%, maka sistem tersebut dapat dikatakan seimbang dan memenuhi standar IEEE 1159-2009 [18].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Distribusi Listrik Tegangan Rendah

Distribusi listrik tegangan rendah pada Universitas Sutomo dari panel utama tegangan rendah (LVMDP) ke beberapa sub panel distribusi yang dihubungkan langsung ke beban listrik ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



GAMBAR 2. DIAGRAM SISTEM DISTRIBUSI SDP

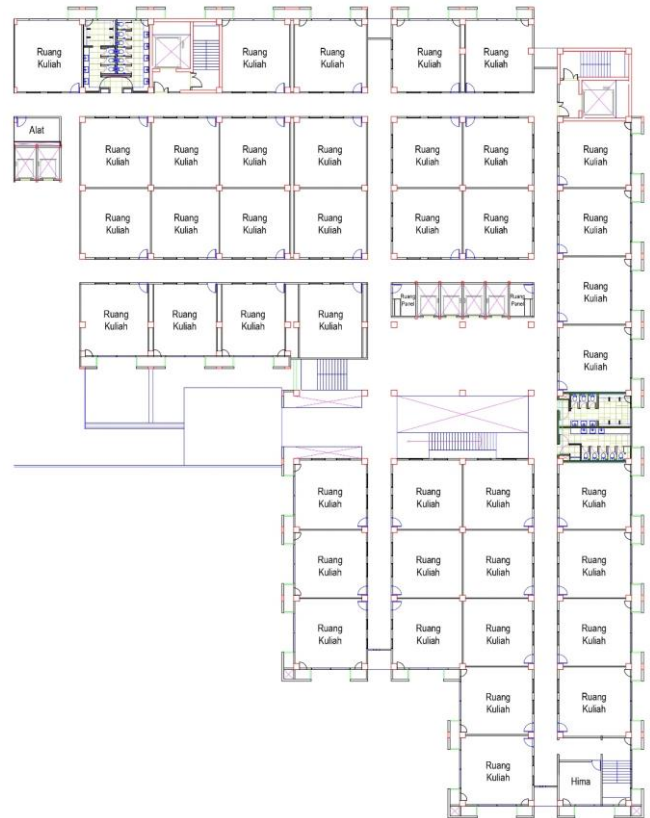
Gambar 2 menunjukkan sistem distribusi listrik tegangan rendah dari *incoming* sampai *outgoing* pada panel SDP Universitas Sutomo. *Incoming* dari LVMDP dihubungkan ke panel SDP. Selanjutnya dari SDP dibagi lagi pembagian bebannya ke sub-sub distribusi panel (SSDP) yang berfungsi mendistribusikan aliran listrik ke tiap-tiap beban. SSDP-PDT untuk beban penerangan dan kotak kontak, dan SSDP-AC untuk beban pendingin ruangan (AC).

#### B. Deskripsi Gedung Universitas Sutomo

Pada lantai 2 gedung Universitas Sutomo terdapat beberapa ruangan, diantaranya: 40 ruang kelas, 1 ruang hima, 2 ruang panel, 1 ruang alat, dan 2 toilet (pria dan wanita). Seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk peralatan listrik yang digunakan antara lain: lampu, kotak kontak, dan AC. Terkait besaran daya listrik yang digunakan, dijelaskan pada Tabel 1 di bawah ini.

TABEL 1. SPESIFIKASI BEBAN

No	Jenis Beban	Daya (Watt)	
1	Lampu	TL	18 Watt
		DL	7,5 Watt & 21 Watt
2	Kotak Kontak	300 Watt	
3	AC	1 PK	750 Watt
		2 PK	1500 Watt



GAMBAR 3. DENAH LANTAI 2 GEDUNG UNIVERSITAS SUTOMO

#### C. Perhitungan Beban

Perhitungan beban ini bertujuan untuk mengetahui total beban yang akan dilayani oleh panel SDP. Kebutuhan beban untuk beban penerangan dan kotak kontak (PDT) ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

TABEL 2. KEBUTUHAN BEBAN PDT

No	Ruang	Beban	Watt	Qty	Jumlah Ruang	Total Watt
1	Kelas	Lampu	18	4	40	2.880
		KK	300	3		36.000
2	Hima	Lampu	18	2	1	36
		KK	300	2		600
3	Panel	Lampu	18	1	2	36
4	Alat	Lampu	18	1	1	18
5	Toilet	Lampu	7,5	20	2	300
6	Lorong 1	Lampu	18	4	1	72
		Lampu	21	21		441
		KK	300	2		600
7	Lorong 2	Lampu	18	6	1	108
		Lampu	21	18		378
8	Lorong 3	Lampu	21	11	1	231
9	Lorong 4	Lampu	18	2	1	36
		Lampu	21	15		315
<b>Total</b>						<b>42.051</b>

Besaran kebutuhan beban untuk penerangan dan kotak kontak pada lantai 2 yaitu sebesar 42.051 Watt. Untuk

kebutuhan beban pendingin ruangan (AC) pada lantai 2 ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

TABEL 3. KEBUTUHAN BEBAN AC

No	Ruang	AC		Jumlah Ruang	Total Watt
		750 Watt	1500 Watt		
1	Kelas		2	40	120.000
2	Hima	1		1	750
<b>Total</b>					<b>120.750</b>

Besaran kebutuhan beban untuk pendingin ruangan (AC) pada lantai 2 yaitu 120.750 Watt. Kebutuhan beban AC ini dibagi menjadi beberapa panel AC, seperti ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

TABEL 4. PEMBAGIAN PANEL AC

No	Jenis Beban	Total Daya (Watt)
1	Panel AC 1	18.000
2	Panel AC 2	18.000
3	Panel AC 3	12.750
4	Panel AC 4	18.000
5	Panel AC 5	21.000
6	Panel AC 6	18.000
7	Panel AC 7	15.000
<b>Total</b>		<b>120.750</b>

Tabel 4 merupakan pembagian panel AC pada lantai 2. Satu panel AC terdiri ± 12 unit AC. Total kebutuhan beban listrik pada lantai 2 untuk PDT dan AC ditunjukkan pada Tabel 5.

TABEL 5. KEBUTUHAN BEBAN TOTAL LANTAI 2

No	Jenis Beban	Total Daya (Watt)
1	PDT	42.051
2	AC	120.750
<b>Total</b>		<b>162.801</b>

**D. Perhitungan KHA Penghantar**

Kebutuhan beban total pada lantai 2 sebesar 162.801 Watt. Untuk menentukan ukuran dan jenis penghantar utama yang digunakan pada panel SDP terlebih dahulu mencari arus nominalnya menggunakan persamaan berikut:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\phi}$$

$$= \frac{162.801}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85}$$

$$= 291 \text{ A}$$

Setelah diketahui nilai arus nominalnya, selanjutnya menghitung KHA penghantar utama menggunakan persamaan berikut ini:

$$I_{KHA} = 125\% \times I_n$$

$$= 125\% \times 291$$

$$= 363,75 \text{ A}$$

Hasil perhitungan di atas didapatkan nilai KHA penghantar utama yaitu sebesar 363,75 A. Ukuran penghantar yang digunakan yaitu 30x5 mm<sup>2</sup> dan jenis penghantar yang dipakai yaitu busbar tembaga (Cu).

Dengan menggunakan rumus perhitungan yang sama seperti di atas, untuk ukuran dan jenis penghantar yang digunakan pada panel PDT dan panel AC 1 – 7 ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

TABEL 6. REKAPITULASI UKURAN DAN JENIS PENGHANTAR

No	Jenis Panel	Total (Watt)	Arus Nominal (A)	KHA (A)	Penghantar
1	PDT	42.051	75,17	93,96	NY Y (25mm <sup>2</sup> )
2	AC 1	18.000	32,18	40,22	NY Y (10mm <sup>2</sup> )
3	AC 2	18.000	32,18	40,22	NY Y (10mm <sup>2</sup> )
4	AC 3	12.750	22,79	28,49	NY Y (10mm <sup>2</sup> )
5	AC 4	18.000	32,18	40,22	NY Y (10mm <sup>2</sup> )
6	AC 5	21.000	37,54	46,92	NY Y (10mm <sup>2</sup> )
7	AC 6	18.000	32,18	40,22	NY Y (10mm <sup>2</sup> )
8	AC 7	15.000	26,81	33,51	NY Y (10mm <sup>2</sup> )

**E. Perhitungan Rating Pengaman**

Menentukan rating pengaman utama panel SDP terlebih dahulu mencari arus nominalnya menggunakan persamaan berikut:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\phi}$$

$$= \frac{162.801}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85}$$

$$= 291 \text{ A}$$

Setelah diketahui nilai arus nominalnya, selanjutnya menghitung arus rating pengaman utama SDP menggunakan persamaan berikut ini:

$$I_{Rating} = 115\% \times I_n$$

$$= 115\% \times 291$$

$$= 334,65 \text{ A}$$

Hasil perhitungan di atas didapatkan nilai rating pengaman utama SDP yaitu sebesar 334,65 A. Maka pengaman yang digunakan yaitu MCCB 3P/400 A.

Dengan menggunakan rumus perhitungan yang sama seperti di atas, untuk rating pengaman yang digunakan pada panel SDP menuju panel PDT dan panel AC 1 – 7 ditunjukkan pada Tabel 7 sebagai berikut.

TABEL 7. REKAPITULASI RATING PENGAMAN

No	Jenis Panel	Total (Watt)	Arus Nominal (A)	Arus Rating (A)	Pengaman
1	PDT	42051	75,17	86,44	MCCB 3P/125A
2	AC 1	18000	32,18	37	MCCB 3P/63A
3	AC 2	18000	32,18	37	MCCB 3P/63A
4	AC 3	12750	22,79	26,21	MCCB 3P/63A
5	AC 4	18000	32,18	37	MCCB 3P/63A
6	AC 5	21000	37,54	43,17	MCCB 3P/63A
7	AC 6	18000	32,18	37	MCCB 3P/63A
8	AC 7	15000	26,81	30,83	MCCB 3P/63A

**F. Pembagian Beban Panel PDT dan AC**

Pembagian beban ini dilakukan untuk pemerataan beban antar fasa dan memudahkan pemasangan, pemeliharaan, dan perbaikan jika terjadi gangguan pada salah satu grup maka tidak akan mengganggu grup lainnya. Untuk pembagian beban penerangan dan kotak kontak ditunjukkan pada Tabel 8 berikut.

TABEL 8. PEMBAGIAN BEBAN PANEL PDT

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	L. Grup 1	297	297		
2	L. Grup 2	432		432	
3	L. Grup 3	576			576
4	L. Grup 4	333			333
5	L. Grup 5	420		420	
6	L. Grup 6	306	306		
7	L. Grup 7	372			372
8	L. Grup 8	258		258	
9	L. Grup 9	360	360		
10	L. Grup 10	321		321	
11	L. Grup 11	453	453		
12	L. Grup 12	723			723
13	KK Grup 1	2.700	2.700		
14	KK Grup 2	2.700		2.700	
15	KK Grup 3	2.700			2.700
16	KK Grup 4	2.700	2.700		
17	KK Grup 5	2.700		2.700	
18	KK Grup 6	3.000			3.000
19	KK Grup 7	1.800			1.800
20	KK Grup 8	1.800		1.800	
21	KK Grup 9	2.700	2.700		
22	KK Grup 10	2.700	2.700		
23	KK Grup 11	2.700		2.700	
24	KK Grup 12	2.700			2.700
25	KK Grup 13	2.700		2.700	
26	KK Grup 14	1.800			1.800
27	KK Grup 15	1.800	1.800		
<b>Pembagian Beban SSDP-PDT</b>			<b>14.016</b>	<b>14.031</b>	<b>14.004</b>
			<b>42.051 Watt</b>		

Untuk pembagian beban AC pada masing-masing ruangan ditunjukkan pada Gambar 4.



GAMBAR 4. GROUPING INSTALASI AC

Untuk lebih jelas terkait pembagian beban panel AC 1 ditunjukkan pada Tabel 9 sebagai berikut:

TABEL 9. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 1

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Kelas B1 (1)	1.500	1.500		
2	AC Kelas B1 (2)	1.500		1.500	
3	AC Kelas B2 (1)	1.500			1.500
4	AC Kelas B2 (2)	1.500	1.500		
5	AC Kelas B3 (1)	1.500		1.500	
6	AC Kelas B3 (2)	1.500			1.500
7	AC Kelas C1 (1)	1.500	1.500		
8	AC Kelas C1 (2)	1.500		1.500	
9	AC Kelas C2 (1)	1.500			1.500
10	AC Kelas C2 (2)	1.500	1.500		
11	AC Kelas C3 (1)	1.500		1.500	
12	AC Kelas C3 (2)	1.500			1.500
<b>Pembagian Beban SSDP-AC 1</b>			<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>
			<b>18.000 Watt</b>		

Untuk pembagian beban panel AC 2 ditunjukkan pada Tabel 10 sebagai berikut:

TABEL 10. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 2

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Kelas F1 (1)	1.500	1.500		
2	AC Kelas F1 (2)	1.500		1.500	
3	AC Kelas F2 (1)	1.500			1.500
4	AC Kelas F2 (2)	1.500	1.500		
5	AC Kelas F3 (1)	1.500		1.500	

6	AC Kelas F3 (2)	1.500			1.500
7	AC Kelas F4 (1)	1.500	1.500		
8	AC Kelas F4 (2)	1.500		1.500	
9	AC Kelas G1 (1)	1.500			1.500
10	AC Kelas G1 (2)	1.500	1.500		
11	AC Kelas G2 (1)	1.500		1.500	
12	AC Kelas G2 (2)	1.500			1.500
<b>Pembagian Beban SSDP-AC 2</b>			<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>
			<b>18.000 Watt</b>		

Untuk pembagian beban panel AC 3 ditunjukkan pada Tabel 11 sebagai berikut:

TABEL 11. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 3

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Hima	750		750	
2	AC Kelas A1 (1)	1.500	1.500		
3	AC Kelas A1 (2)	1.500			1.500
4	AC Kelas A2 (1)	1.500	1.500		
5	AC Kelas A2 (2)	1.500		1.500	
6	AC Kelas A3 (1)	1.500			1.500
7	AC Kelas A3 (2)	1.500	1.500		
8	AC Kelas D1 (1)	1.500		1.500	
9	AC Kelas D1 (2)	1.500			1.500
<b>Pembagian Beban SSDP-AC 3</b>			<b>4.500</b>	<b>3.750</b>	<b>4.500</b>
			<b>12.750 Watt</b>		

Untuk pembagian beban panel AC 4 ditunjukkan pada Tabel 12 sebagai berikut:

TABEL 12. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 4

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Kelas D2 (1)	1.500	1.500		
2	AC Kelas D2 (2)	1.500		1.500	
3	AC Kelas D3 (1)	1.500			1.500
4	AC Kelas D3 (2)	1.500	1.500		
5	AC Kelas E1 (1)	1.500		1.500	
6	AC Kelas E1 (2)	1.500			1.500
7	AC Kelas E2 (1)	1.500	1.500		
8	AC Kelas E2 (2)	1.500		1.500	
9	AC Kelas E3 (1)	1.500			1.500
10	AC Kelas E3 (2)	1.500	1.500		
11	AC Kelas K2 (1)	1.500		1.500	
12	AC Kelas K2 (2)	1.500			1.500
<b>Pembagian Beban SSDP-AC4</b>			<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>
			<b>18.000 Watt</b>		

Untuk pembagian beban panel AC 5 ditunjukkan pada Tabel 13 sebagai berikut:

TABEL 13. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 5

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Kelas M1 (1)	1.500	1.500		
2	AC Kelas M1 (2)	1.500		1.500	
3	AC Kelas M2 (1)	1.500			1.500
4	AC Kelas M2 (2)	1.500	1.500		
5	AC Kelas M3 (1)	1.500		1.500	
6	AC Kelas M3 (2)	1.500			1.500

7	AC Kelas L1 (1)	1.500	1.500		
8	AC Kelas L1 (2)	1.500		1.500	
9	AC Kelas L2 (1)	1.500			1.500
10	AC Kelas L2 (2)	1.500	1.500		
11	AC Kelas L3 (1)	1.500		1.500	
12	AC Kelas L3 (2)	1.500			1.500
13	AC Kelas K3 (1)	1.500	1.500		
14	AC Kelas K3 (2)	1.500		1.500	
<b>Pembagian Beban SSDP-AC5</b>			<b>7.500</b>	<b>7.500</b>	<b>6.000</b>
			<b>21.000 Watt</b>		

Untuk pembagian beban panel AC 6 ditunjukkan pada Tabel 14 sebagai berikut:

TABEL 14. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 6

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Kelas H1 (1)	1.500	1.500		
2	AC Kelas H1 (2)	1.500		1.500	
3	AC Kelas H2 (1)	1.500			1.500
4	AC Kelas H2 (2)	1.500	1.500		
5	AC Kelas H3 (1)	1.500		1.500	
6	AC Kelas H3 (2)	1.500			1.500
7	AC Kelas I1 (1)	1.500	1.500		
8	AC Kelas I1 (2)	1.500		1.500	
9	AC Kelas I2 (1)	1.500			1.500
10	AC Kelas I2 (2)	1.500	1.500		
11	AC Kelas G3 (1)	1.500		1.500	
12	AC Kelas G3 (2)	1.500			1.500
<b>Pembagian Beban SSDP-AC6</b>			<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>
			<b>18.000 Watt</b>		

Untuk pembagian beban panel AC 7 ditunjukkan pada Tabel 15 sebagai berikut:

TABEL 15. PEMBAGIAN BEBAN PANEL AC 7

No	Beban	Daya (W)	Fasa		
			R	S	T
1	AC Kelas K1 (1)	1.500	1.500		
2	AC Kelas K1 (2)	1.500		1.500	
3	AC Kelas J1 (1)	1.500			1.500
4	AC Kelas J1 (2)	1.500	1.500		
5	AC Kelas J2 (1)	1.500		1.500	
6	AC Kelas J2 (2)	1.500			1.500
7	AC Kelas J3 (1)	1.500	1.500		
8	AC Kelas J3 (2)	1.500		1.500	
9	AC Kelas I3 (1)	1.500			1.500
10	AC Kelas I3 (2)	1.500			1.500
<b>Pembagian Beban SSDP-AC7</b>			<b>4.500</b>	<b>4.500</b>	<b>6.000</b>
			<b>15.000 Watt</b>		

G. Perhitungan Keseimbangan Beban

Untuk menghindari gangguan-gangguan yang dapat terjadi akibat beban yang tidak seimbang. Maka perlu dilakukan pembagian beban antar fasa R-S-T pada panel SDP seperti ditunjukkan pada Tabel 16 berikut.

TABEL 16. PEMBAGIAN BEBAN ANTAR FASA PANEL SDP

No	SSDP	Fasa		
		R	S	T

1	PDT	14.016	14.031	14.004
2	AC 1	6.000	6.000	6.000
3	AC 2	6.000	6.000	6.000
4	AC 3	4.500	3.750	4.500
5	AC 4	6.000	6.000	6.000
6	AC 5	7.500	7.500	6.000
7	AC 6	6.000	6.000	6.000
8	AC 7	4.500	4.500	6.000
<b>Daya Aktif (Watt)</b>		<b>54.516</b>	<b>53.781</b>	<b>54.504</b>
<b>Arus (A)</b>		<b>97,45</b>	<b>96,13</b>	<b>97,43</b>
		<b>162.801 Watt</b>		

Berdasarkan Tabel 16 di atas, diketahui nilai arus pada masing-masing fasa R-S-T pada panel SDP. Untuk menghitung persentase ketidakseimbangan beban pada panel SDP terlebih dahulu menghitung arus rata-rata menggunakan persamaan berikut:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{97,45 + 96,13 + 97,43}{3}$$

$$= 97 \text{ A}$$

Setelah didapatkan nilai arus rata-rata, selanjutnya menghitung nilai koefisien a, b, dan c menggunakan persamaan berikut ini:

$$a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}}$$

$$= \frac{97,45}{97}$$

$$= 1,005 \text{ A}$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}}$$

$$= \frac{96,13}{97}$$

$$= 0,991 \text{ A}$$

$$c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}}$$

$$= \frac{97,43}{97}$$

$$= 1,004 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan nilai koefisien a = 1,005 A, nilai koefisien b = 0,991 A, dan nilai koefisien c = 1,004 A. Selanjutnya adalah menghitung persentase ketidakseimbangan beban menggunakan persamaan berikut ini:

$$Persen = \frac{[|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|]}{3} \times 100\%$$

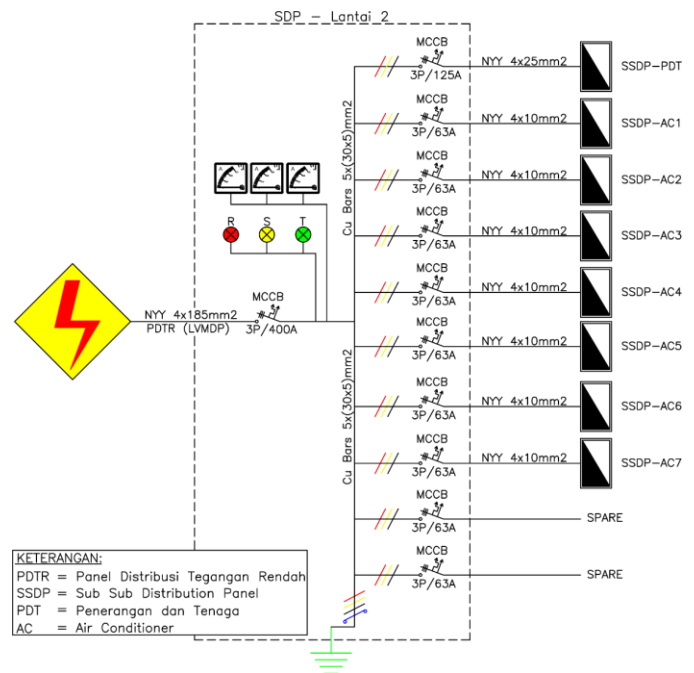
$$= \frac{[|1,005 - 1| + |0,991 - 1| + |1,004 - 1|]}{3} \times 100\%$$

$$= 0,6 \%$$

Hasil perhitungan di atas mengidentifikasi bahwa pembagian beban antar fasa pada panel SDP telah sesuai dengan standar IEEE 1159-2009, yang menjelaskan bahwa batas nilai ketidakseimbangan beban yaitu maksimal 30%.

H. Diagram Garis Tunggal SDP

Rancangan diagram garis tunggal panel SDP untuk lantai 2 gedung Universitas Sutomo ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.



GAMBAR 5. RANCANGAN DIAGRAM GARIS TUNGGAL PANEL SDP

Gambar 5 di atas merupakan rancangan diagram garis tunggal panel SDP lantai 2 Universitas Sutomo. Terdapat delapan jalur *outgoing* dari panel SDP menuju panel SSDP-PDT dan SSDP-AC1 s/d SSDP-AC7. Ditambahkan dengan dua cadangan (*spare*) apabila di masa depan ada penambahan beban pada lantai 2 Universitas Sutomo.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada penelitian ini didapatkan total kebutuhan beban yang di suplai oleh panel SDP untuk beban penerangan, kotak kontak, dan pendingin ruangan (AC) pada lantai 2 Universitas Sutomo yaitu sebesar 162.801 Watt. Jenis dan ukuran penghantar yang digunakan pada panel SDP yaitu busbar tembaga (Cu) dengan ukuran 30x5 mm<sup>2</sup>. Untuk rating pengaman sebagai pengaman utama panel SDP menggunakan MCCB 3P/400 A. Nilai persentase ketidakseimbangan beban sebesar 0,6% telah sesuai dengan standar IEEE 1159-2009, yang menyatakan bahwa nilai ketidakseimbangan beban yaitu maksimal 30%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga penelitian ini bisa diselesaikan dengan baik. Terima kasih disampaikan kepada pihak manajemen Universitas Sutomo yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di Universitas Sutomo. Terima kasih disampaikan kepada Tim JTE UNIBA yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini dan mempublikasikan penelitian ini.

REFERENSI

[1] S. A. Abdul Rohman, "Analisis Perencanaan Undrground Distribution Cluster Golf Residence 3 (Town House) Kawasan Perumahan Graha Candi Golf Semarang," *Elektrika*, vol. 3, 2019.

- [2] M. Ardiansyah and N. Rosyidi, "Analisa Pembebanan Daya Total Terhadap Transformator," *Progr. Stud. Tek. Elektro - ISTN Sinusoida*, vol. XXIII, no. 1, pp. 22–31, 2021.
- [3] F. Junaidi, T. Bini, and H. Rudito, "Studi Tata Letak Komponen Instalasi Penerangan dan Tenaga Pada Gedung Teknik Kimia Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang," *Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, pp. 29–36, 2020.
- [4] A. B. C. Dien, V. C. Poekoel, and M. Pakiding, "Redesain Instalasi Listrik Dikantor Pusat Universitas Sam Ratulangi," *Redesain Instal. List. Dikantor Pus. Univ. Sam Ratulangi*, vol. 7, no. 3, pp. 303–314, 2018.
- [5] G. A. K. Sari, "Analisa Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada PT.PLN (Persero) Rayon Blora," *Naskah Publ. Tek. Elektro Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 1–14, 2018.
- [6] M. F. A. Akbar, P. Iswahyudi, and L. S. Moonlight, "Rancang Bangun Kontrol Dan Monitoring Sistem Proteksi Beban Tidak Seimbang Berbasis Programmable Logic Controller," *SNITP*, vol. Vol. 2, No, no. September, pp. 1–6, 2018.
- [7] Z. Tharo, A. D. Tarigan, and R. Pulungan, "Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 10–15, 2018, doi: 10.30596/rele.v1i1.2256.
- [8] Arpiansyah, A. Asni, and A. Fattah, "Perencanaan Instalasi Listrik Sistem Pendingin Pada Kantor PT. Sanggar Sarana Baja Balikpapan," *JTE UNIBA*, vol. 3, no. 2, pp. 29–35, 2019.
- [9] U. A. AlFaruq, B. Santoso, and C. H. B. Apriboowo, "Perencanaan Sistem Elektrikal pada Apartemen Menara One Surakarta," *Mek. Maj. Ilm. Mek.*, vol. 17, no. 1, 2018, doi: 10.20961/mekanika.v17i1.35045.
- [10] A. E. P. Lestari and P. Oetomo, "Analisis Pemilihan Penghantar Tenaga Listrik Paling Efisien Pada Gedung Bertingkat," *Progr. Stud. Tek. Elektro - ISTN Sinusoida*, vol. XXIII, no. 2, pp. 61–68, 2021.
- [11] S. N. Indonesia, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Jakarta: BSN, 2011.
- [12] R. Gobel, S. Humena, F. E. P. Surusa, and A. R. F. Karinda, "Perancangan Sistem Elektrikal Gedung Asrama Terpadu Man 1 Kota Gorontalo," vol. 11, no. November, pp. 60–66, 2022.
- [13] S. Hardi, M. Adam, and I. Arisandy, "Analisis Kerja Rele Overall Diferensial Pada Generator Dan Transformator PLTG Paya Pasir PT. PLN Persero," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 58–65, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4418.
- [14] T. M. Mujahid, A. S. Setiyoko, and P. Darmajanti, "Analisis Teknis Dan Simulasi Load Flow Penerapan Shore Connection Di Pelabuhan Terminal Berlian-Surabaya," *Je-Unisla*, vol. 7, no. 2, p. 83, 2022, doi: 10.30736/je-unisla.v7i2.855.
- [15] M. S. Djalil and Suratno, "Analisis Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Losses Daya pada Penghantar Netral Gardu Induk Kota Bangun," *JTE UNIBA*, vol. 5, no. 2, 2021.
- [16] IEEE 1159-2009, *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Electric*. New York: IEEE.
- [17] J. Rumakat and D. Fauziah, "Analisis Beban Tidak Seimbang Terhadap Arus Netral dan Rugi-Rugi pada Penghantar Netral Transformator di Rayon Baguala Ambon," *Pros. Semin. Nas. Energi, Telekomun. dan Otomasi SNETO 2021*, pp. 334–345, 2021.
- [18] A. Hermawan, Mudjiono, C. Wiharya, and S. Seftiana, "Analisis Keseimbangan Beban dan Harmonisa Di Gedung Graha Polinema Politeknik Negeri Malang," *ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, vol. 8, no. 3, pp. 47–52, 2021, doi: 10.33795/elposys.v8i3.76.