

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Rencana Sistem Kelistrikan Gedung Admisi UMY

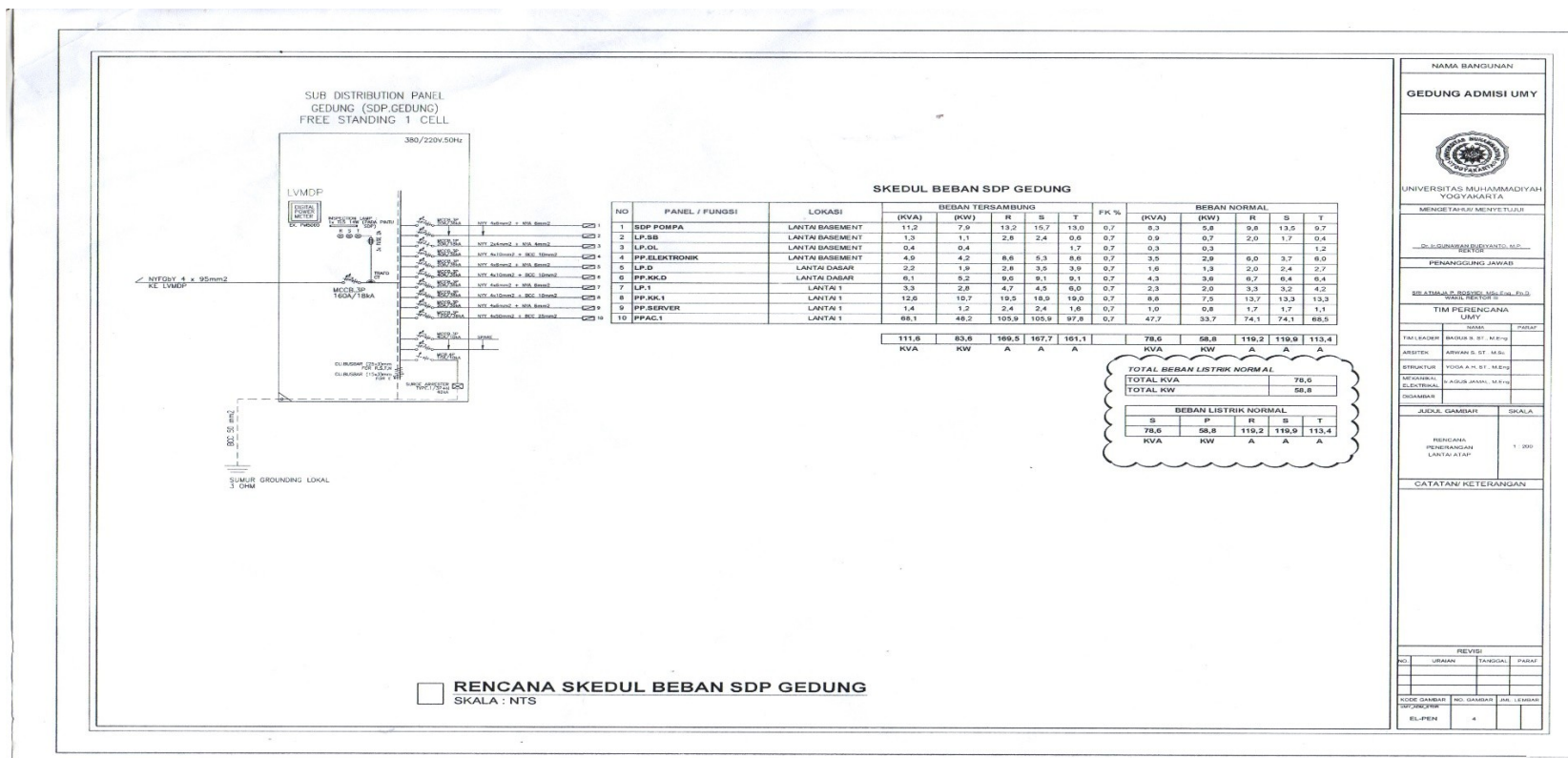
Gedung bertingkat admisi UMY merupakan gedung yang akan digunakan sebagai pusat pelayanan penerimaan mahasiswa baru Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Gedung yang dibangun di kompleks Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini memiliki tiga lantai yang akan dialiri beban listrik. Macam-macam jenis beban yang akan didistribusikan ke masing-masing lantai pada gedung admisi ini antara lain yaitu beban stop kontak, AC, pompa air, beban elektronik, beban penerangan di dalam dan di luar ruangan serta beban tenaga dan beban lainnya.

Sistem kelistrikan di gedung admisi UMY memiliki dua sumber utama, yaitu sumber dari PLN dan dari generator set (genset). Daya dari PLN sebagai sumber utama dengan kapasitas 1250 KVA. Distribusi daya listrik dari PLN ini dilakukan melalui panel distribusi tegangan menengah 20 KV. Kemudian dari panel distribusi tegangan menengah diturunkan menjadi 380/220 V dengan menggunakan satu buah transformator *step down* yang memiliki kapasitas 1250 KVA. Setelah itu kemudian disalurkan ke panel-panel distribusi.

Di samping mendapatkan suplai daya listrik dari PLN, gedung admisi UMY juga mempunyai sumber daya listrik cadangan dari generator set dengan kapasitas 1000 KVA. Generator ini berfungsi sebagai sistem suplai *back-up* daya listrik dari PLN. Dengan demikian dalam pengoperasian generator set tersebut

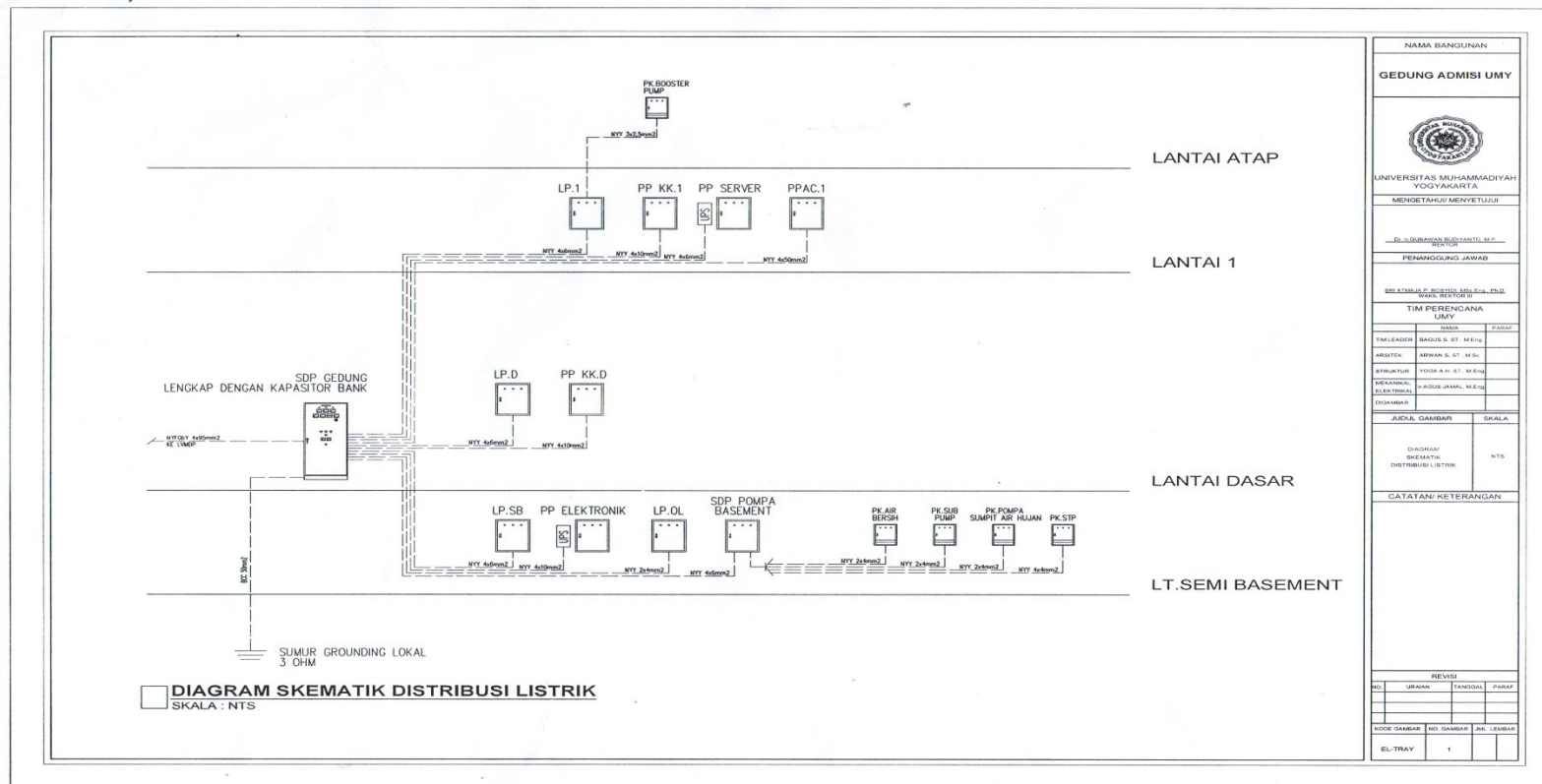
dipasang paralel dengan tegangan 380 V line to line fasa frekuensi 50 Hz. Pada gambar 4.1 dan 4.2 di bawah ini dapat kita lihat rekapitulasi dayanya serta tata letak pembagian panel distribusi pada masing-masing lantai.


Gambar 4.1 *schedule* beban pada panel SDP



Sumber: *Single line diagram* gedung admisi UMY

Gambar 4.2 Skematik distribusi listrik



NAMA BANGUNAN	
GEDUNG ADMISI UMY	
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA	
MENGETAHUI MENYETUJUI	
_____ DR. GUSMAN RAHANTO, M.P. PENANGGUNG JAWAB	
_____ DR. ADRIAN P. PURTILO, M.Eng., Ph.D. WAKIL REKTOR II	
TIM PERENCANA UMY	
NAMA	PARAF
TIM LADINA	BAGUS S. ST. M.Eng.
ARISTEN	ADWAN S. ST. M.Eng.
STRUKTUR	ROCK A.H. ST. M.Eng.
MEKANIKA	LAGUS JAMAL, M.Eng.
ELEKTIRAL	
DIAMBAR	
JUMLAH GAMBAR	SKALA
DIAGRAM SKEMATIK DISTRIBUSI LISTRIK	NTS
CATATAN/ KETERANGAN	

Sumber: Single line diagram gedung admisi UMY

4.2 Kebutuhan Daya Listrik

Untuk menghitung dan menganalisis kapasitas dari suatu distribusi daya listrik, terlebih dahulu harus mengetahui perkiraan keadaan beban yang terdapat pada gedung admisi UMY. Keadaan daya listrik di gedung admisi UMY meliputi antara lain:

- Beban terpasang
- Beban maksimum
- Beban rata-rata

4.2.1 Beban terpasang

Beban terpasang di sini adalah kapasitas daya tersambung yang terdapat di gedung admisi UMY. Berikut ini adalah data beban tersambung pada gedung admisi UMY:

Tabel 4.1 Data beban tersambung pada gedung admisi UMY

Lokasi	Panel	Beban (KVA)	Daya (KW)
Lantai Basement	SDP Pompa	11,2	7,9
	LP Basement	1,3	1,1
	LP Outdoor	0,4	0,377
	PP Elektronik	4,9	4,2
Lantai Dasar	LP Lt. Dasar	2,2	1,9
	PP Lt. Dasar	6,1	5,2
Lantai 1	LP Lt. 1	3,3	2,8
	PP Kotak Kontak Lt. 1	12,6	10,7
	PP Server	1,4	1,2
	PP AC Lt. 1	68,1	48,2
Total		111,6	83,6

Sumber: *Single line diagram* gedung admisi UMY

Dari data tabel 4.1 diketahui bahwa total beban tersambung pada gedung admisi UMY yaitu sebesar 111,6 KVA. Sedangkan untuk total daya yang tersambung yaitu 83,6 KW.

4.2.2 Beban Maksimum

Beban maksimum di sini adalah beban normal. Beban normal yaitu beban tersambung yang sudah terkena atau dikali faktor keserempakan (FK). Faktor keserempakan di sini diketahui sebesar 70% atau 0,7. Berikut ini adalah beban maksimum normal pada gedung admisi UMY:

Tabel 4.2 Data beban maksimum normal pada gedung admisi UMY

Lokasi	Panel	Beban (KVA)	Daya (KW)
Lantai Basement	SDP Pompa	8,3	5,8
	LP Basement	0,9	0,7
	LP Outdoor	0,3	0,3
	PP Elektronik	3,5	2,9
Lantai Dasar	LP Lt. Dasar	1,6	1,3
	PP Lt. Dasar	4,3	3,6
Lantai 1	LP Lt. 1	2,3	2,0
	PP Kotak Kontak Lt. 1	8,8	7,5
	PP Server	1,0	0,8
	PP AC Lt. 1	47,7	33,7
Total		78,6	58,8

Sumber: *Single line diagram* gedung admisi UMY

Dari data tabel 4.2 diketahui bahwa total beban maksimum normal pada gedung admisi UMY yaitu 78,6 KVA. Sedangkan untuk total daya maksimum normal sebesar 58,8 KW.

4.2.3 Beban Rata-rata

Beban rata-rata yang akan dihitung berdasarkan standarisasi dari faktor karakteristik beban yang dapat dilihat pada tabel 4.3, pada faktor beban komersial diasumsikan sebesar 30% = 0,3. Maka dapat dihitung beban rata-rata dari beban kebutuhan daya maksimum normal dari panel SDP gedung yaitu:

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Beban maksimum total}}$$

Pada panel SDP gedung didapat beban maksimum normal sebesar 58.800 Watt, untuk mengetahui besaran daya rata-rata maka harus disesuaikan dengan hasil akhir dari perhitungan daya maksimum tiap lantainya. Berikut adalah perhitungan beban rata-rata:

- Beban rata-rata pada panel SDP gedung
Beban rata-rata = Faktor Beban x Total Daya Maksimum
= 0,3 x 58.800 Watt
= 17.640 Watt

4.3 Analisa Beban Terpasang

4.3.1 Pembagian Daya Listrik dan Perhitungan Pemutus Arus (Circuit Breaker)

Pada instalasi listrik sebuah gedung perlu diperhatikan setiap pembagian daya dan arusnya, terutama pada sistem 3 fasa. Arus setiap fasanya harus

seimbang, maka diperlukan analisa terhadap pembagian arus beban per fasa pada masing-masing panel yang ada di gedung admisi UMY. Selain itu juga dibutuhkan analisis mengenai perhitungan kapasitas pemutus arus (*circuit breaker*) untuk mengetahui berapa besaran nominal kapasitas pemutus arus yang digunakan. Pada perhitungan ini menggunakan faktor daya ($\text{Cos}\phi$) yang diasumsikan rata-rata sebesar 0,8 lagging, dan juga 125% untuk nilai toleransi kapasitas hantar arus kabel.

1. Panel SDP Pompa

- Total beban normal = 5800 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 13,2 A
 - b. Arus Fasa S = 15,7 A
 - c. Arus Fasa T = 13,0 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$= \frac{5800}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$= 11,0 \text{ A}$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 11,0 A dan dikalikan 125% maka didapat $11,0 \times 1,25 = 13,75 \text{ A}$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20 A.

2. Lighting Panel Basement

- Total beban terpasang = 1071 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 2,8 A
 - b. Arus Fasa S = 2,4 A
 - c. Arus Fasa T = 0,6 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$i \frac{1071}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i 2,0 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 2,0 A dan dikalikan 125% maka didapat
 $2,0 \times 1,25 = 2,5 A$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20
 A.

3. Lighting Panel Outdoor

- Total beban terpasang = 377 Watt
- Total beban 1 fasa = 1,7 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

$$i \frac{377}{380 \times 0,8}$$

$$i 1,2 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 1,2 A dan dikalikan 125% maka didapat
 $1,2 \times 1,25 = 1,5 A$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20
 A.

4. Power Panel Elektronik

- Total beban normal = 4200 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 8,6 A
 - b. Arus Fasa S = 5,3 A
 - c. Arus Fasa T = 8,6 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$$i = \frac{4200}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i = 7,9 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 7,9 A dan dikalikan 125% maka didapat
 $7,9 \times 1,25 = 9,8$ A. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 40
 A.

5. Lighting Panel Lantai Dasar

- Total beban normal = 1900 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 2,8 A
 - b. Arus Fasa S = 3,5 A
 - c. Arus Fasa T = 3,9 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$i = \frac{1900}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i = 3,6 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 3,6 A dan dikalikan 125% maka didapat
 $3,6 \times 1,25 = 4,5$ A. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20
 A.

6. Power Panel Lantai Dasar

- Total beban normal = 5200 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 9,6 A
 - b. Arus Fasa S = 9,1 A
 - c. Arus Fasa T = 9,1 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$i \frac{5200}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i 9,8 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 9,8 A dan dikalikan 125% maka didapat
 $9,8 \times 1,25 = 12,2 A$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar
 40 A.

7. Lighting Panel Lantai 1

- Total beban normal = 2838 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 4,7 A
 - b. Arus Fasa S = 4,5 A
 - c. Arus Fasa T = 6,0 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$i \frac{2838}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i 5,3 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 5,3 A dan dikalikan 125% maka didapat
 $5,3 \times 1,25 = 6,6 A$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20
 A.

8. Power Panel Kotak Kontak

- Total beban normal = 10740 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 19,5 A
 - b. Arus Fasa S = 18,9 A
 - c. Arus Fasa T = 19,0 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$i \frac{10740}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i 20,4 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 20,4 A dan dikalikan 125% maka didapat $20,4 \times 1,25 = 25,5 A$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 40 A.

9. Power Panel Server

- Total beban normal = 1200 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 2,4 A
 - b. Arus Fasa S = 2,4 A
 - c. Arus Fasa T = 1,6 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$i \frac{1200}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i 2,2 A$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 2,2 A dan dikalikan 125% maka didapat $2,2 \times 1,25 = 2,7 A$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20 A.

10. Power Panel AC lantai 1

- Total beban normal = 48200 Watt
- Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 105,9 A
 - b. Arus Fasa S = 105,9 A
 - c. Arus Fasa T = 97,8 A
- Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$i = \frac{48200}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$i = 91,5 \text{ A}$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 91,5 A dan dikalikan 125% maka didapat $91,5 \times 1,25 = 114,3 \text{ A}$. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 125 A.

4.3.2 Beban Terpasang Masing-Masing Lantai

1. Lantai Basement

Beban yang terpasang di panel lantai basement gedung admisi UMY terdiri dari beberapa panel yang berbagi lagi menjadi beberapa jalur instalasi listrik untuk mensuplai beban keseluruhan ke setiap ruangan basement. Pada lantai basement terdapat 4 buah sub panel distribusi, yaitu panel SDP pompa, panel penerangan ruangan dan outdoor, serta power panel elektronik. Berikut ini adalah perhitungan beban tersambung masing-masing panel pada lantai basement:

- Panel SDP Pompa

$$\text{Kapasitas tersambung} = \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,9 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$= 9,4 \% \text{ (dari total daya terpasang)}$$

- Panel lighting basement

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{1,071 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 1,28 \% \text{ (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

- Panel lighting outdoor

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{0,377 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 0,45 \% \text{ (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

- Power panel elektronik

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{4,2 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 5 \% \text{ (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

2. Lantai Dasar

Beban yang terpasang di panel lantai dasar gedung admisi UMY terdiri dari beberapa panel yang berbagi lagi menjadi beberapa jalur instalasi listrik untuk mensuplai beban keseluruhan ke setiap ruangan di lantai dasar. Pada lantai dasar terdapat 2 buah panel yaitu panel penerangan dan power

panel. Berikut ini adalah perhitungan beban tersambung masing-masing panel pada lantai dasar:

- Panel lighting

$$\text{Kapasitas terpasang} = \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,9\text{KW}}{83,6\text{KW}} \times 100\%$$

$$= 2,2\% \text{ (dari total daya terpasang)}$$

- Power panel

$$\text{Kapasitas tersambung} = \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,2\text{KW}}{83,6\text{KW}} \times 100\%$$

$$= 6,2\% \text{ (dari total daya terpasang)}$$

3. Lantai 1

Beban yang terpasang di panel lantai satu gedung admisi UMY terdiri dari beberapa panel yang berbagi lagi menjadi beberapa jalur instalasi listrik untuk mensuplai beban keseluruhan ke setiap ruangan di lantai satu. Pada lantai satu terdapat 4 buah sub panel distribusi yaitu panel penerangan, power panel, power panel server, dan power panel AC. Berikut ini adalah perhitungan beban tersambung masing-masing panel pada lantai satu:

- Panel lighting

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{2,838 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 3,3 \text{ \% (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

- Power panel kotak kontak

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{10,740 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 12,8 \text{ \% (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

- Power panel server

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{1,2 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 1,4 \text{ \% (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

- Power panel AC

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas terpasang} &= \frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\% \\ &= \frac{48,2 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 57,6 \text{ \% (dari total daya terpasang)} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat kita lihat bahwa kapasitas tersambung pada masing-masing panel masih sangatlah kecil terhadap total daya yang tersambung. Hal ini dikarenakan masih banyaknya *spare* daya pada panel-panel tersebut untuk penambahan beban dimasa mendatang.

4.4 Perhitungan Daya Reaktif Dan Perbaikan Faktor Daya

Pada suatu instalasi listrik gedung bertingkat dimana banyak terdapat beban-beban antara lain yaitu motor-motor, lampu *flourescent*/TL dengan *ballast* elektronik, dan peralatan elektronik lainnya (komputer dan lain-lain) maka akan menimbulkan beban induktif yang akan menyebabkan arus terbelakang (lagging) terhadap tegangan dengan sudut yang besar, sehingga nilai $\text{Cos}\varphi$ menjadi kecil dan akan menyebabkan besarnya daya reaktif (KVAR) yang sifatnya merugikan.

.Daya reaktif yaitu jumlah daya yang diperlukan untuk membentuk medan magnet sehingga menghasilkan fluks medan magnet. Daya reaktif sebenarnya merupakan beban listrik pada suatu sistem tenaga listrik. Untuk memperbaiki faktor daya ($\text{Cos}\varphi$) direncanakan menggunakan kapasitor bank. Perhitungan daya menggunakan data sekunder yaitu *single line diagram schedule* beban gedung admisi UMY dengan $\text{Sin}\varphi$ diasumsikan rata-rata sebesar 0,58.

- Daya reaktif beban tersambung

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sin}\varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \times 380 \times 169,5 \times 0,58$$

$$Q = 64705 \text{ VAR}$$

$$Q = 64,705 \text{ KVAR}$$

- Daya reaktif beban normal

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi$$

$$Q = \sqrt{3} \times 380 \times 119,9 \times 0,58$$

$$Q = 45771 \text{ VAR}$$

$$Q = 45,771 \text{ KVAR}$$
- Perhitungan jika diperlukan kapasitor bank

Beban maksimal normal (daya aktif P) : 58,8 KW

$\cos\phi$ sebelum perbaikan : 0,8 (36,869°)

$\cos\phi$ setelah perbaikan yang ingin dicapai : 0,95 (18,19°)

Jika daya reaktif sebelum perbaikan : Q1

Daya reaktif setelah perbaikan : Q2

Daya reaktif terkoreksi : Q = Q1 – Q2

$$Q1 = P \times \tan \phi^1$$

$$= 58,8 \times \tan 36,869^\circ$$

$$= 44,098 \text{ KVAR}$$

$$Q2 = P \times \tan \phi^2$$

$$= 58,8 \times \tan 18,19^\circ$$

$$= 19,321 \text{ KVAR}$$

$$Q = Q1 - Q2$$

$$= 44,098 - 19,321$$

$$= 24,777 \text{ KVAR}$$

Sesuai perhitungan di atas maka jika diperlukan kapasitor bank yang digunakan pada panel SDP gedung adalah sebesar 25 KVAR.

Tabel 4.3 Rekapitulasi daya gedung admisi UMY

No.	Panel	Beban Tersambung					FK %	Beban Normal					Hasil Perhitu ngan Arus Beban (A)	Presentas Beban Tersambu %
		(KVA)	(KW)	R	S	T		(KVA)	(KW)	R	S	T		
1	SDP Pompa	11,2	7,9	13,2	15,7	13,0	0,7	8,3	5,8	9,8	13,5	9,7	11,0	9,4
2	LP SB	1,3	1,1	2,8	2,4	0,6	0,7	0,9	0,7	2,0	1,7	0,4	2,0	1,28
3	LP OL	0,4	0,4			1,7	0,7	0,3	0,3			1,2	1,2	0,45
4	PP Elektronik	4,9	4,2	8,6	5,3	8,6	0,7	3,5	2,9	6,0	3,7	6,0	7,9	5
5	LP D	2,2	1,9	2,8	3,5	3,9	0,7	1,6	1,3	2,0	2,4	2,7	3,6	2,2
6	PP KKD	6,1	5,2	9,6	9,1	9,1	0,7	4,3	3,6	6,7	6,4	6,4	9,8	6,2
7	LP 1	3,3	2,6	4,7	4,5	6,0	0,7	2,3	2,0	3,3	3,2	4,2	5,3	3,3
8	PP KK 1	12,6	10,7	19,5	18,9	19,0	0,7	8,6	7,5	13,7	13,3	13,3	20,4	12,8
9	PP Server	1,4	1,2	2,4	2,4	1,6	0,7	1,0	0,8	1,7	1,7	1,1	2,2	1,4
10	PP AC 1	68,1	48,2	105,9	105,9	97,8	0,7	47,7	33,7	74,1	74,1	68,5	91,5	57,6
	Total	111,6	83,6	169,5	167,7	161,1		78,6	58,8	119,2	119,9	113,4	154,9	

