

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Menghitung Nilai Faktor Kerja, Arus, dan Kompensasi Daya Reaktif**

Faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Karena sebagian besar beban bersifat induktif, maka bertambahnya beban dapat mengakibatkan komponen arus maupun tegangan bertambah besar. Hal tersebut dapat mengaibatkan adanya *losses* (rugi tegangan) yang mengaibatkan kerugian pada listrik. Adanya *losses* disebabkan karena adanya perubahan daya kompleks dari  $\cos \varphi$ , sehingga faktor daya menjadi kecil seiring dengan penambahan beban induktif.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Sebelum melakukan analisa perhitungan data, hal yang perlu dilakukan adalah harus mengetahui terlebih dahulu data-data apa saja yang diperlukan dalam perhitungan yang akan di lakukan. Skedul beban LVMDP yaitu panel utama setelah trafo yang berada di power house, berisi MCCB utama dari gedung. Berikut ini adalah tabel skedul beban LMDP lengkap :

Tabel 4.1 Skedul Beban LVMDP

NO	PANEL / FUNGSI	LOKASI	BEBAN TERSAMBUNG					FK %	BEBAN NORMAL					BEBAN EMERGENCY				
			(KVA)	(KW)	R	S	T		(KVA)	(KW)	R	S	T	(KVA)	(KW)	R	S	T
1	SDP EMERGENCY	LANTAI ATAP	145,8	105,0	220,9	220,9	220,9	0,5	66,0	44,3	100,1	100,1	100,1	122,3	89,3	185,3	185,3	185,3
2	SDP.AC	LANTAI BASEMENT 1	1110,0	761,3	1687,2	1678,5	1679,9	0,8	861,5	588,7	1309,3	1302,7	1303,7	-	-	-	-	-
3	LP.B.3	LANTAI BASEMENT 3	8,1	6,9	12,6	11,8	12,6	0,7	5,7	4,8	8,8	8,2	8,8	-	-	-	-	-
4	LP.B.2	LANTAI BASEMENT 2	6,4	5,4	10,0	9,5	9,6	0,7	4,5	3,8	7,0	6,6	6,7	-	-	-	-	-
5	LP.B.1	LANTAI BASEMENT 1	7,2	6,1	10,9	11,3	10,7	0,7	5,1	4,3	7,6	7,9	7,5	-	-	-	-	-
6	PP.ELEKTRONIKA	LANTAI LOWER GROUND	8,9	7,6	15,0	13,4	12,3	0,7	6,3	5,3	10,5	9,4	8,6	-	-	-	-	-
7	LP.LG	LANTAI LOWER GROUND	11,7	10,0	17,6	17,4	18,4	0,7	8,2	7,0	12,3	12,2	12,9	-	-	-	-	-
8	PP.LG	LANTAI LOWER GROUND	45,6	38,8	67,9	70,9	68,4	0,7	31,9	27,1	47,5	49,6	47,9	-	-	-	-	-
9	PP.LAB	LANTAI LOWER GROUND	52,8	42,2	80,0	80,0	80,0	0,7	37,0	29,6	56,0	56,0	56,0	-	-	-	-	-
10	PP.RADIOLOGI	LANTAI LOWER GROUND	320,0	256,0	484,8	484,8	484,8	0,5	160,0	128,0	242,4	242,4	242,4	-	-	-	-	-
11	PK.ESKALATOR 1	LANTAI DASAR	16,9	11,0	25,6	25,6	25,6	1,0	16,9	11,0	25,6	25,6	25,6	-	-	-	-	-
12	PK.ESKALATOR 2	LANTAI DASAR	16,9	11,0	25,6	25,6	25,6	0,75	12,7	8,3	19,2	19,2	19,2	-	-	-	-	-
13	LP.D	LANTAI DASAR	7,1	6,0	9,2	11,1	11,9	0,7	4,9	4,2	6,4	7,8	8,3	-	-	-	-	-
14	PP.D	LANTAI DASAR	29,9	25,4	47,1	44,4	44,4	0,7	20,9	17,8	32,9	31,1	31,1	-	-	-	-	-
15	LP.1	LANTAI 1	6,3	5,4	9,2	9,7	9,8	0,7	4,4	3,8	6,4	6,8	6,8	-	-	-	-	-
16	PP.1	LANTAI 1	24,8	21,1	37,7	36,1	39,0	0,7	17,4	14,8	26,4	25,3	27,3	-	-	-	-	-
17	LP.2	LANTAI 2	6,7	5,7	9,9	11,1	9,3	0,7	4,7	4,0	6,9	7,8	6,5	-	-	-	-	-

18	PP.2	LANTAI 2	26,9	22,9	41,2	41,4	39,6	0,7	18,8	16,0	28,8	29,0	27,7	-	-	-	-	-
19	PP.KEMOTERAPI	LANTAI 2	7,7	6,6	12,8	11,2	11,0	0,7	5,4	4,6	9,0	7,9	7,7	-	-	-	-	-
20	LP.3	LANTAI 3	6,0	5,1	9,0	9,5	8,8	0,7	4,2	3,6	6,3	6,6	6,2	-	-	-	-	-
21	PP.3	LANTAI 3	34,8	29,6	52,7	52,9	52,4	0,7	24,3	20,7	36,9	37,1	36,7	-	-	-	-	-
22	LP.4	LANTAI 4	26,3	29,6	40,1	39,6	39,6	0,7	18,4	20,7	28,1	27,7	27,8	-	-	-	-	-
23	SDP.ATAP	LANTAI ATAP	17,9	13,5	27,5	27,5	26,4	0,7	12,6	9,6	19,4	19,4	18,5	-	-	-	-	-
24	PP.PH	POWER HOUSE	1,6	1,4	3,5	2,7	1,3	0,7	1,1	0,98	2,5	1,9	1,0	-	-	-	-	-

1946,3	1433,3	2957,9	2946,9	2942,4		1352,8	982,7	2056,4	2048,2	2045,0	122,3	89,3	185,3	185,3	185,3
KVA	KW	A	A	A		KVA	KW	A	A	A	KVA	KW	A	A	A

**TOTAL BEBAN LISTRIK NORMAL    TOTAL BEBAN LISTRIK EMERGENCY**

TOTAL KVA	1352,8	TOTAL KVA	122,3
TOTAL KW	982,7	TOTAL KW	89,3

Tabel 4.2 Data Beban SDP *Emergency*

NO	PANEL / FUNGSI	LOKASI	BEBAN TERSAMBUNG					FK %	BEBAN NORMAL					BEBAN EMERGENCY				
			(KVA)	(KW)	R	S	T		(KVA)	(KW)	R	S	T	(KVA)	(KW)	R	S	T
1	PP PRESS FAN	MESIN LIFT	56,3	45,0	85,2	85,2	85,2	-	-	-	-	-	-	56,3	45,0	85,2	85,2	85,2
2	PK LIFT 1	MESIN LIFT	22,4	15,0	33,9	33,9	33,9	1	22,4	15,0	33,9	33,9	33,9	22,4	15,0	33,9	33,9	33,9
3	PK LIFT 2	MESIN LIFT	22,4	15,0	33,9	33,9	33,9	0,75	16,8	11,3	25,4	25,4	25,4	16,8	11,3	25,4	25,4	25,4
4	PK LIFT 3	MESIN LIFT	22,4	15,0	33,9	33,9	33,9	0,6	13,4	9,0	20,4	20,4	20,4	13,4	9,0	20,4	20,4	20,4
5	PK LIFT 4	MESIN LIFT	22,4	15,0	33,9	33,9	33,9	0,6	13,4	9,0	20,4	20,4	20,4	13,4	9,0	20,4	20,4	20,4

145,8	105,0	220,9	220,9	220,9		66,0	44,3	100,1	100,1	100,1	122,3	89,3	185,3	185,3	185,3
KVA	KW	A	A	A		KVA	KW	A	A	A	KVA	KW	A	A	A

*TOTAL BEBAN LISTRIK NORMAL**TOTAL BEBAN LISTRIK EMERGENCY*

TOTAL KVA	66,0	TOTAL KVA	122,3
TOTAL KW	44,3	TOTAL KW	89,3

Pada tabel 4.2 merupakan tabel dari LVMDP fungsi dari SDP Emergency yang ada pada tabel 4.1. Pada SDP Emergency terdapat panel fungsi PP Press Fan, PK Lift1, PK Lift2, PK Lift3 dan PK Lift4. Pada beban SDP Emergency dibuat pada panel sendiri karena pada beban ini merupakan beban yang mempunyai daya yang cukup besar dan juga merupakan beban yang banyak mengandung beban non linier, maka dari itu pada beban SDP Emergency dibikin pada panel yang sendiri.

Tabel 4.3 Data Beban SDP Atap

NO	PANEL / FUNGSI	LOKASI	BEBAN TERSAMBUNG					FK %	BEBAN NORMAL				
			(KVA)	(KW)	R	S	T		(KVA)	(KW)	R	S	T
1	PP.A	R.MESIN LIFT	12,6	9,9	20,2	19,5	17,7	0,8	10,1	7,9	16,1	15,6	14,2
2	PK.BOOSTER PUMP	R.MESIN LIFT	5,7	4,0	8,7	8,7	8,7	0,5	2,9	2,0	4,3	4,3	4,3

18,4	13,9	28,8	28,2	26,4		13,0	9,9	20,5	20,0	18,5
KVA	KW	A	A	A		KVA	KW	A	A	A

**TOTAL BEBAN LISTRIK NORMAL    TOTAL BEBAN LISTRIK EMERGENCY**

TOTAL KVA	13,0	TOTAL KVA	118,2
TOTAL KW	9,9	TOTAL KW	83,8

Pada tabel 4.3 adalah tabel dari LVMDP fungsi dari SDP Atap yang ada pada tabel 4.1, dimana pada SDP Atap hanya terdiri dari PP Atap dan PK Booster. Pada SDP Atap sendiri dibuat panel sendiri karena pada SDP ini berfungsi untuk mesin pompa serta penerangannya. Pada SDP Atap dibuat panel sendiri karena pada mesin pompa sendiri termasuk dalam beban non linier dan juga beban 3 fasa.

Tabel 4.4 Data Beban SDP AC

NO	PANEL / FUNGSI	LOKASI	BEBAN TERSAMBUNG					FK %	BEBAN NORMAL				
			(KVA)	(KW)	R	S	T		(KVA)	(KW)	R	S	T
1	PPAC.B3	BASEMENT 3	27,1	19,0	41,1	41,1	41,1	0,7	19,0	13,3	28,8	28,8	28,8
2	PPAC.B2	BASEMENT 2	27,1	19,0	41,1	41,1	41,1	0,7	19,0	13,3	28,8	28,8	28,8
3	PPAC.B1	BASEMENT 1	21,7	15,2	32,9	32,9	32,9	0,7	15,2	10,6	23,0	23,0	23,0
4	PPAC.LG	LANTAI LOWER GROUND	46,5	36,5	70,2	68,3	73,1	0,7	32,6	25,6	49,2	47,8	51,2
5	PPAC.D	LANTAI DASAR	25,8	20,6	37,6	44,5	35,3	0,7	18,1	14,4	26,3	31,2	24,7
6	PPAC.1	LANTAI 1	24,8	19,7	38,9	33,0	41,0	0,7	17,4	13,8	27,2	23,1	28,7
7	PPAC.2	LANTAI 2	28,1	22,1	40,4	44,2	43,1	0,7	19,7	15,4	28,3	31,0	30,2
8	PPAC.3	LANTAI 3	24,7	19,4	40,9	35,1	36,1	0,7	17,3	13,6	28,6	24,5	25,3
9	PPAC.4	LANTAI 4	39,8	31,7	62,0	60,5	58,4	0,7	27,9	22,2	43,4	42,3	40,9
10	PPAC.A	LANTAI ATAP	844,3	558,1	1282,0	1277,8	1277,8	0,8	675,4	446,5	1025,6	1022,3	1022,3

<b>1110,0</b>	<b>761,3</b>	<b>1687,2</b>	<b>1678,5</b>	<b>1679,9</b>		<b>861,5</b>	<b>588,7</b>	<b>1309,3</b>	<b>1302,7</b>	<b>1303,7</b>
<b>KVA</b>	<b>KW</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>		<b>KVA</b>	<b>KW</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**TOTAL BEBAN LISTRIK  
NORMAL**

<b>TOTAL KVA</b>	<b>861,5</b>
<b>TOTAL KW</b>	<b>588,7</b>

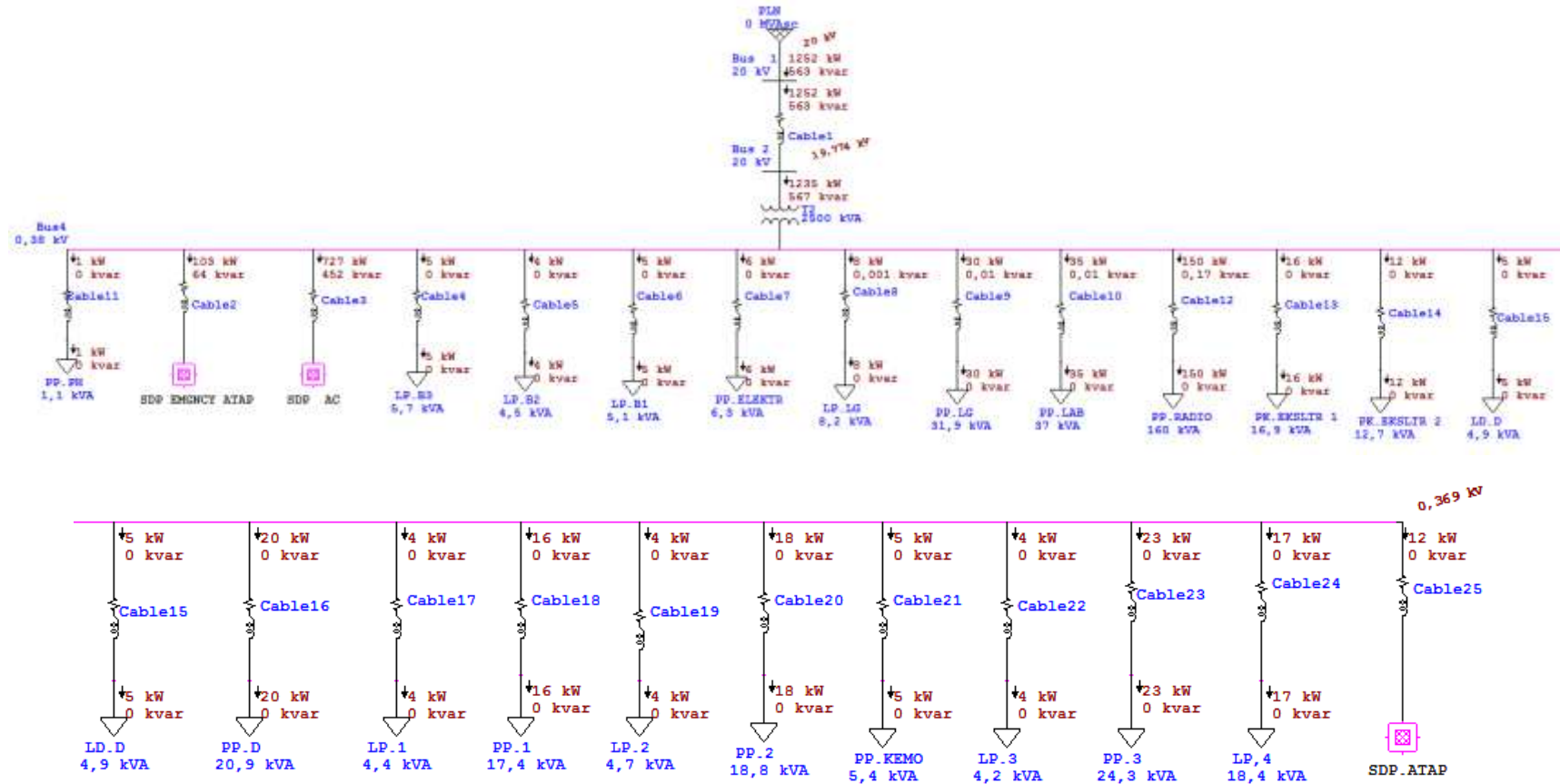
Pada tabel 4.4 merupakan tabel dari LVMDP fungsi panel dari SDP AC yang ada pada tabel 4.1. Pada SDP AC terdapat panel fungsi PPAC dari seluruh lantai. Pada beban SDP AC dibuat pada panel sendiri karena pada beban ini merupakan beban yang mempunyai daya yang cukup besar dan juga merupakan beban yang banyak mengandung beban non linier, maka dari itu pada beban SDP AC dibuat pada panel yang tersendiri untuk memudahkan jika akan dipasang proteksi atau peralatan untuk meredam efek dari beban non linier tersebut.

### 4.3 Pemodelan Pada ETAP 12.6.0

Setelah mengetahui keseluruhan data beban yang terpasang pada RS Panti Rapih kemudian melakukan penggambaran rancangan beban seperti yang ada pada gambar 4.1 dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan memasukkan data beban yang ada pada tabel 4.1, dimana pada *software* ini mampu mensimulasikan dalam keadaan *offline* dan dapat menganalisis data seperti jatuh tegangan, arus yang mengalir pada beban, daya aktif, reaktif, maupun daya semu yang mengalir. Pada gambar 4.1 dimana pemodelan pada sumber listrik (PLN) menggunakan *toolbar* power grid, dimana power grid pada ETAP merupakan sumber tegangan yang ideal dalam arti mampu mensuplai daya dengan tegangan tetap sekalipun daya yang diserap berubah-ubah, kemudian untuk beban yang tidak mengandung beban non linier menggunakan *static load*, *static load* pada ETAP merupakan beban yang tidak banyak mengandung motor listrik. Kemudian untuk beban yang banyak mengandung motor listrik menggunakan beban *lumped load*.

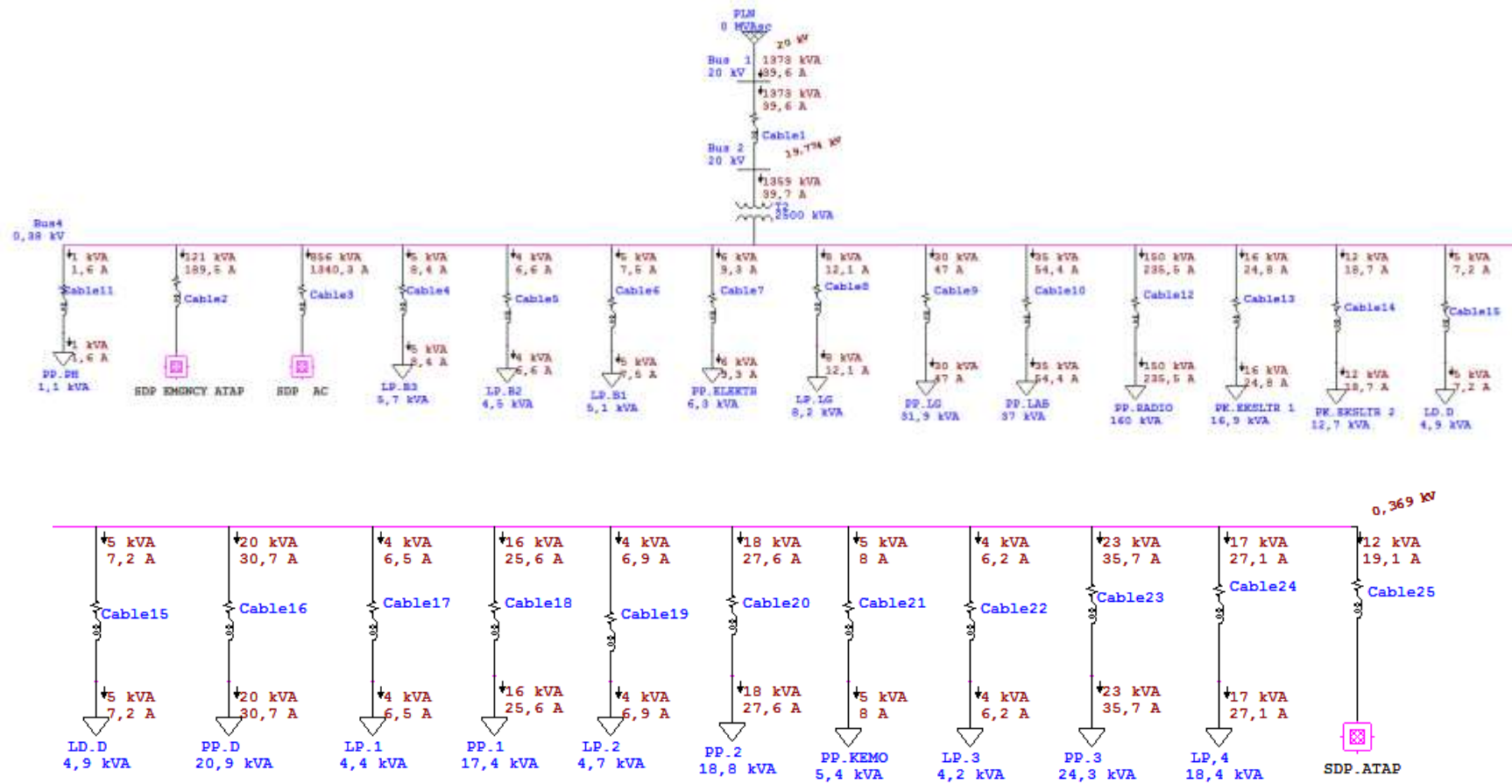
### 4.4 Pemodelan Pada ETAP Sebelum dipasang Kapasitor

Pada gambar 4.2 sampai dengan gambar 4.5 merupakan gambar LVMDP dengan simulasi perhitungan daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR) beban pada RS Panti Rapih, ketika sebelum dipasang kapasitor bank. Dapat dilihat semakin besar daya reaktif maka daya aktif yang dapat mengalir pada setiap beban akan semakin kecil dan akan menurunkan nilai  $\cos \phi$ , jika  $\cos \phi$  dibawah 0,85 maka akan dikenakan denda dari pihak PLN.



Gambar 4.1 Pemodelan Beban LVMDP pada ETAP Sebelum Penggunaan Kapasitor, Pengamatan Daya Aktif & Daya Reaktif





Gambar 4.2 Pemodelan Beban LVMDP pada ETAP Sebelum Penggunaan Kapasitor, Pengamatan Daya Semu dan Arus

Pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 merupakan gambar pemodelan sekaligus simulasi perhitungan daya aktif (kW), daya reaktif (kVAR), daya semu (kVA), arus dan juga tegangan yang ada pada beban RS Panti Rapih Yogyakarta sebelum pemasangan kapasitor bank menggunakan *software* ETAP 12.6.0. berdasarkan hasil simulasi daya semu (kVA) dan arus yang mengalir. Pada saat keadaan sebelum menggunakan kapasitor. Daya semu yang ada pada sumber tegangan dan tranformator cukup besar dan juga arus yang menngalir cukup besar, semakin besar arus yang mengalir maka semakin panas kabel yang dapat mengakibatkan penurunan usia kabel dan juga dapat merusak komponen proteksi lainnya. Dan data yang didapatkan sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Pengamatan Tegangan, Daya, dan Arus Sebelum Dipasang Kapasitor

No.	Komponen	Tegangan (kV)	Daya			Arus (A)
			(kW)	(kVAR)	(kVA)	
1.	Busbar 20 kV	20	1252	563	1373	39,6
2.	Busbar 0,38 kV	0,369	1235	567	1359	39,7
3.	Busbar SDP Emergcnny	0,368	103	64	121	189,5
4.	Busbar SDP AC	0,365	727	452	856	1340,3
5.	Busbar SDP Atap	0,368	12	0	12	19,1

Pada tabel pengamatan 4.5, bahwa kondisi distribusi listrik yang terjadi pada RS Panti Rapih sebelum dipasang kapasitor bank adalah daya reaktif yang terjadi pada sumber tegangan dan transformator sangatlah besar, semakin besar daya reaktif maka faktor daya semakin kecil sengga dapat mengakibatkan kerugian daya (*losses*) sehingga dapat mengurangi keefektifan penyaluran daya pada sistem distribusi listrik yang ada pada RS Panti Rapihdan juga dapat mengakibatkan adanya denda dari PLN jika faktor daya kurang dari 0,85.

Maka dari itu perlu dilakukan perbaikan faktor daya dengan pemasangan kapasitor bank, adapun tujuan dari perbaikan faktor daya adalah untuk mengurangi besarnya rugi-rugi daya semu, mengurangi daya reaktif , meningkatkan daya aktif yang dapat mengalir pada beban, mengurangi jatuh tegangan, dan juga mengurangi

arus yang mengalir, jika semakin besar arus yang mengalir dapat memperpendek usia beberapa komponen seperti kabel.

#### 4.4 Analisis Perbaikan Faktor Daya

Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.4 dimana besarnya daya semu dan daya aktif telah diketahui, maka dapat menghitung besarnya daya reaktif dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Dimana,

S = Daya semu (VA);

P = Daya aktif (Watt), dan

Q = Daya reaktif (VAr).

Dalam menentukan perbaikan faktor daya, nilai daya semu dan daya aktif dikalikan dengan faktor kebersamaan, sehingga daya reaktif dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$S = 1352,8 \text{ kVA}$$

$$P = 982,7 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{1352,8 \text{ kVA}^2 - 982,7 \text{ kW}^2}$$

$$Q = 931,2 \text{ kVAR}$$

Nilai Cos Phi sebelum perbaikan faktor daya yaitu nilai daya aktif (P = 982,7 kW) dibagi dengan nilai daya semu (S = 1352,8 kVA) , sehingga dapat diperoleh nilai cos phi sebesar 0,73. Dengan cos phi awal sebesar 0,73 dan cos Phi yang diinginkan pada gedung RS Panti Rapih Yogyakarta yaitu sebesar 0,9. Sehingga perhitungan kapasitor bank yang akan dipasang adalah :

$$S_1 = \frac{P}{0,9}$$

$$S_1 = \frac{982,7 \text{ kW}}{0,9} = 1092 \text{ kVA}$$

Sehingga;

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{1092 \text{ kVA}^2 - 982,7 \text{ kW}^2}$$

$$Q_1 = 476,2 \text{ kVAR}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya reaktif dengan  $\cos \phi$  0,9 , untuk menghitung jumlah kebutuhan *rating* besar kapasitor bank yang akan dipasang menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = Q - Q_1$$

$$C = 931,2 \text{ kVAR} - 476,2 \text{ kVAR}$$

$$C = 455 \text{ kVAR}$$

Maka nilai *rating* kapasitor bank yang dibutuhkan pada RS Panti Rapih adalah sebesar 455 kVAR untuk mengurangi jatuh tegangan serta mengurangi *losses* yang ada pada penyaluran listrik pada gedung. Jenis kapasitor bank dengan spesifikasi *rating* kVAR yang ada pada pasaran dapat dilihat pada tabel 4.6

**Tabel 4.6** Katalog Kapasitor Bank Merk schneider

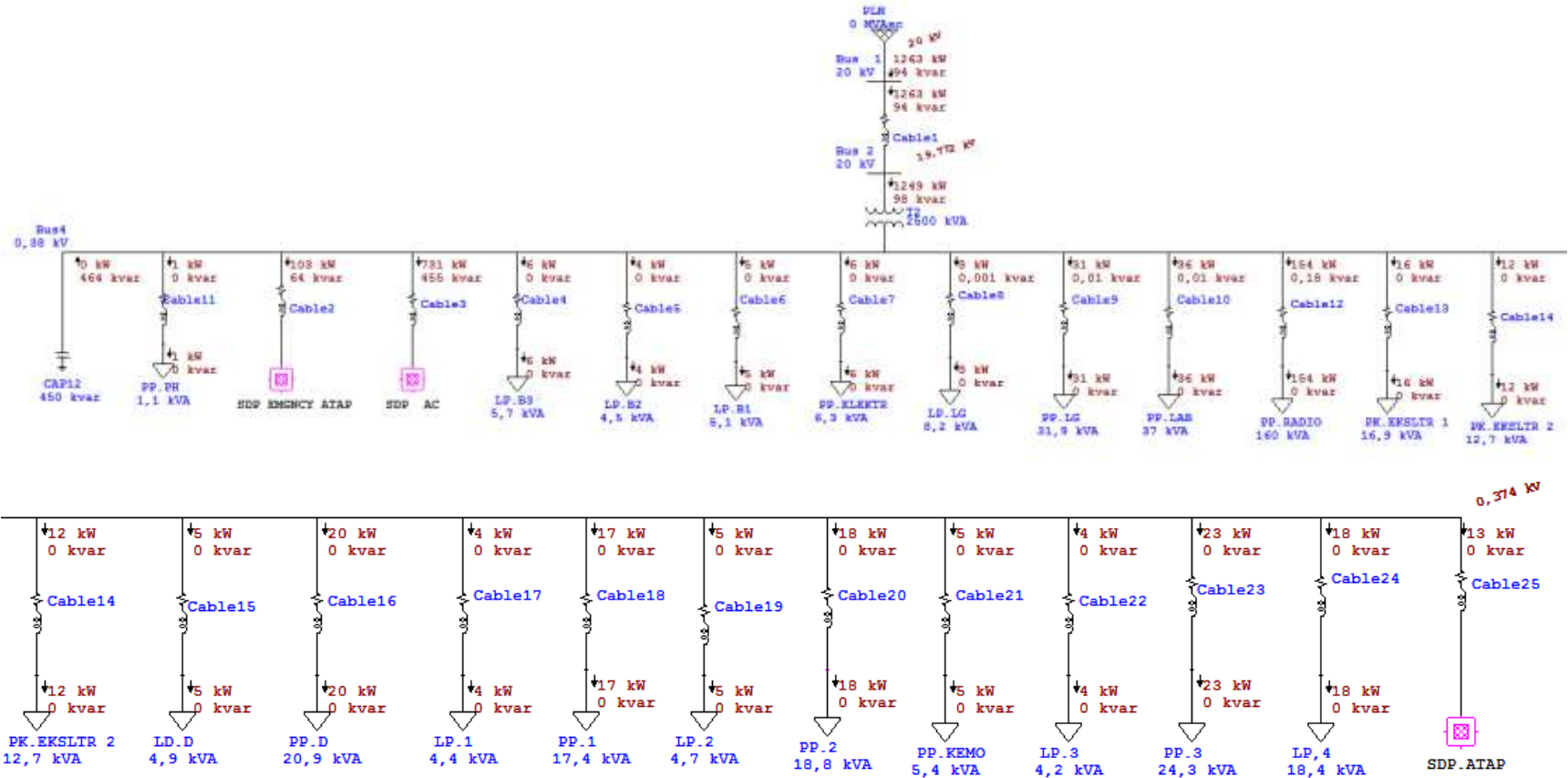
TIPE	Power (kVAR)	Smallest step	Steps	Enclosure size
VarplusCan Heavy Duty	350	50	50 + 3 x 100	91.5 x 30 x 36 inch (2324 x 762 x 915 mm)
	400	100	4 x 100	91.5 x 30 x 36 inch (2324 x 762 x 915 mm)
	450	50	50 +4 x 100	91.5 x 30 x 36 inch (2324 x 762 x 915 mm)

#### 4.5 Analisa Pengaruh Penggunaan Kapasitor Bank Pada ETAP 12.6.0

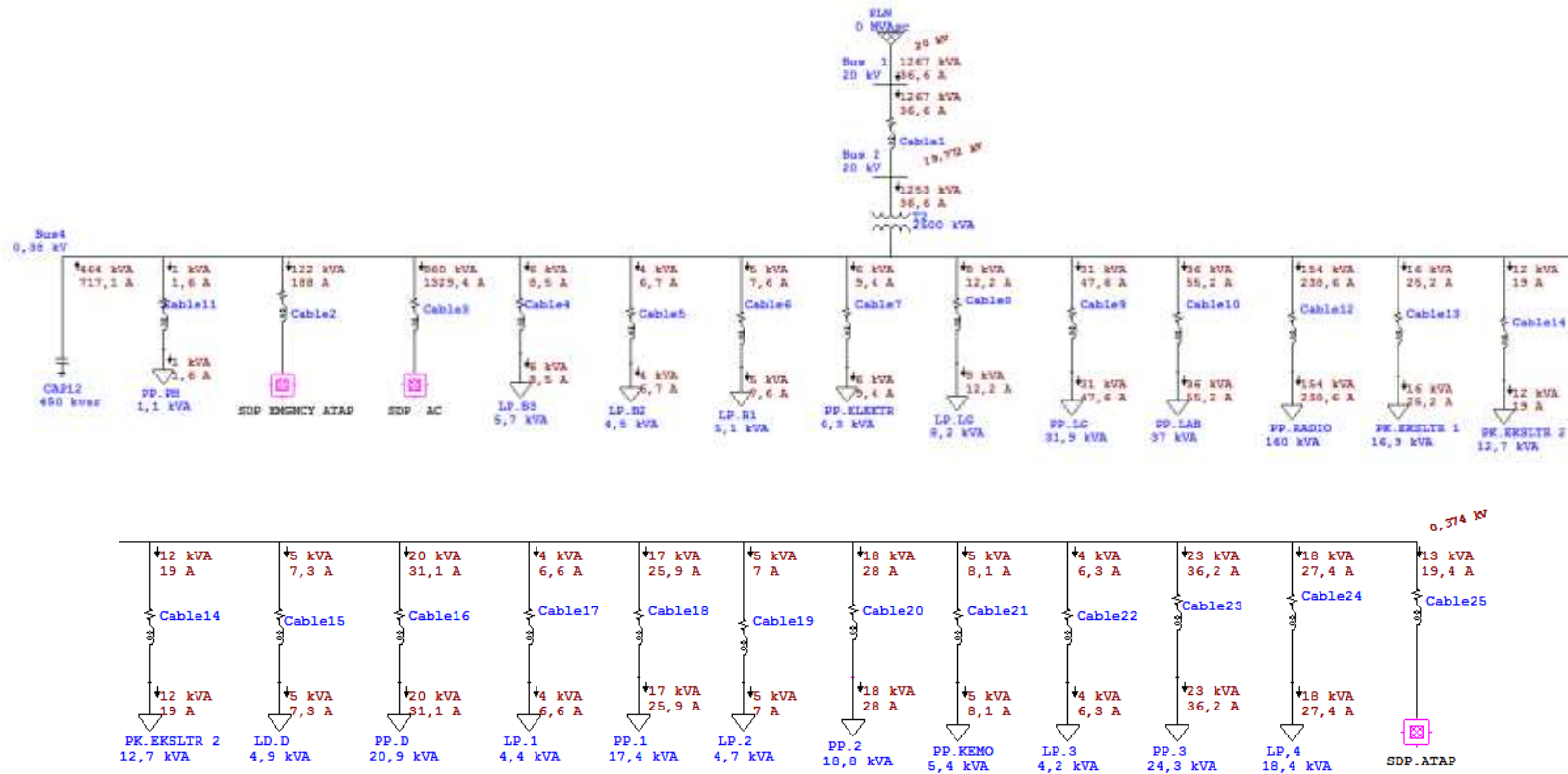
Setelah mengetahui kebutuhan kapasitor bank dengan perbaikan  $\cos \phi$  yang diinginkan dari semula 0,7 menjadi 0,9 dengan perhitungan, kemudian dilakukan simulasi penggunaan kapasitor bank pada saluran distribusi listrik RS

Panti Rapih dengan pemasangan kapasitor bank dengan menggunakan metode *Global Compensation* yaitu pemasangan kapasitor bank pada induk panel, dimana metode ini berfungsi untuk dapat menerima lebih banyak daya aktif yang diperlukan. Pada gambar 4.10 sampai gambar 4.19 merupakan pemodelan gambar penempatan kapasitor bank sistem distribusi listrik yang ada pada RS Panti Rapih.

Pada gambar 4.10 sampai gambar 4.14 merupakan gambar LVMDP dengan simulasi perhitungan daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR) beban pada RS Panti Rapih, dimana keadaan ketika sesudah dipasang kapasitor bank menggunakan metode *Global Compensation*, yaitu dipasang pada induk panel. Bahwa daya reaktif yang ada pada sisi sumber tegangan dan transformator berkurang dan daya aktif meningkat dari keadaan sebelum dipasang kapasitor. Karena fungsi dari pemasangan kapasitor dengan metode *global compensation* adalah mengurangi *suplay* trafo dimana beban akan dapat menerima lebih banyak daya aktif yang diperlukan dan mengurangi tarif daya untuk konsumsi kVAR yang berlebih.



**Gambar 4.3** Pemodelan Beban LVMDP pada ETAP Sesudah Penggunaan Kapasitor, Pengamatan Daya Aktif & Daya Reaktif



Gambar 4.4 Pemodelan Beban LVMDP pada ETAP Sesudah Penggunaan Kapasitor, Pengamatan Daya Semu & Arus



Pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 merupakan gambar LVMDP beban dengan simulasi perhitungan perhitungan daya semu (kVA) dan arus yang mengalir. Pada saat keadaan sudah menggunakan kapasitor. Daya semu yang ada pada sumber tegangan dan tranformator berkurang dari keadaan sebelum menggunakan kapasitor bank. Berdasarkan data *report* dari simulasi ETAP 12.6.0 dari sumber tegangan PLN 20kv menuju pada beban-beban yang ada pada RS Panti Rapih dapat dilihat bahwa perbandingan *losses* daya aktif dan reaktif seperti pada tabel 4.7 sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Perbandingan *losses* dan faktor daya sebelum dan sesudah penggunaan kapasitor

No.	Keadaan	Losses	
		kW	kVAR
1.	Sebelum pemasangan kapasitor bank	17,0	50,8
2.	Sesudah pemasangan kapasitor bank	14,0	43,2

Berdasarkan tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari penggunaan kapasitor bank pada RS Panti Rapih dapat mengurangi *losses* dibuktikan dengan penurunan *losses* daya aktif sebesar 3,0 kW.

Berdasarkan simulasi yang terdapat pada gambar 4.1 sampai gambar 4.4 hasil perbandingan besarnya daya aktif, daya reaktif serta daya semu sebelum dan sesudah penggunaan kapasitor seperti pada tabel 4.8 berikut ini :

**Tabel 4.8** Perbandingan Nilai Tegangan, Arus dan Daya sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor

No.	Komponen	Tegangan (kV)		Arus (A)		Daya					
						Daya Reaktif (kVAR)		Daya Aktif (kW)		Daya Semu (kVA)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	Busbar 20 kV	20	20	39,7	36,6	563	94	1252	1263	1373	1267
2	Busbar 0,38 kV	0,369	0,374	2088,5	2083,8	567	98	1235	1249	1359	1253
3	Busbar SDP Emergency	0,368	0,373	189,5	188,0	64	64	103	103	121	122
4	Busbar SDP AC	0,365	0,37	1340,3	1329,4	452	455	727	731	856	860
5	Busbar SDP Atap	0,368	0,373	19,4	19,1	0	0	12	13	12	13

#### 4.6 Analisa Perhitungan Filter Harmonik Beban *Air Conditioner* (AC)

Penentuan kompensasi harmonik pada gedung baru memerlukan data tipe peralatan yang terkoneksi serta daya yang beroperasi. Datasheet yang digunakan pada RS Panti Rapih untuk menghitung komponen harmonik serta menentukan berapa persentase (%) arus harmonik pada *Air conditioner* (AC) yang mengalir pada beban menggunakan pedoman data dari *Schneider electric*. Perhitungan filter harmonik dapat dilakukan jika gedung belum diketahui *load list*nya, kompensasi dapat diperkirakan dengan mengetahui data-data awal seperti rating trafo yang digunakan dan mengestimasi pembebanan.

Berdasarkan data *Schneider electric* AC memiliki THDi sebesar 37%, berdasarkan data THDi yang ada maka untuk menghitung komponen harmoniknya seperti yang ada pada tabel 4.9

**Tabel 4.9** Perhitungan THDi yang ada pada AC

TIPE PERALATAN	KETERANGAN	DAYA (W)	ARUS BEBAN TOTAL (A)	THDi	KOMPONEN HARMONIK (A) (Arus beban total*THDi)	
VRF AC	Indoor AC	AC.LG	22.200	43 A	37%	16
		AC.GF	14.300	29 A		11
		AC.L1	13.100	27 A		10
		AC.L2	13.500	26 A		9
		AC.L3	12.100	27 A		10
		AC.L4	21.800	43 A		16
	Outdoor AC	AC.Atap	558.100	1.282 A		474
Total Potensi Arus Harmonik					546 A	
Total Potensi Arus Harmonik dalam persen (%)					43%	
Kebutuhan kompensator (1,25xArus harmonik)					683 A	
Total Potensi Arus Harmonik dgn kompensator (%)					53%	

Berdasarkan tabel 4.9 yang ada, total potensi arus harmonik beserta dengan kompensator sebelum dikalikan dengan kebutuhan kompensator pada gedung baru untuk menentukan ukuran filter harmonik aktif pada AC yang dapat menyebabkan harmonik pada beban adalah sebesar 683 A, jadi pada RS Pantir Rapih filter aktif yang dibutuhkan adalah 800 A atau 4x200 A

**Tabel 4.10** Rating filter aktif (*Accusine PCS+*)

Sistem 3 kawat, ( <i>Accusine PCS+</i> )	Sistem 4 kawat, ( <i>Accusine SWP</i> )
60 A	20 A
120 A	30 A
200 A	45 A
300 A	60 A
	90 A
	120 A

#### 4.7 Dampak Harmonik pada RS Pantir Rapih

Dari data perhitungan yang ada pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa harmonik yang dihasilkan dari beban AC yang dapat ditimbulkan pada gedung tersebut melebihi standart IEEE 519-2014 yaitu sebesar 42% sedangkan berdasarkan standart IEEE THD yang ada pada instalasi listrik adalah >5,0%, sehingga dapat menimbulkan berbagai dampak yang dihasilkan, seperti :

1. Meningkatnya rugi tembaga dan besi pada transformator akibat pemanasan
2. Mengurangi kinerjanya dari kapasitor bank, bahkan dapat membakar kapasitor bank apabila nilai harmonik yang dihasilkan sangat besar
3. Mempengaruhi nilai arus netral yang dapat berakibat nilai arus netral menjadi meningkat yang dapat mempersingkat usia umur komponen osilator

4. Suhu kerja peralatan juga semakin tinggi yang berakibat dapat mengurangi usia pakai pada beban yang terpasang
5. meningkatnya rugi-rugi yang dapat mengurangi efisiensi peralatan

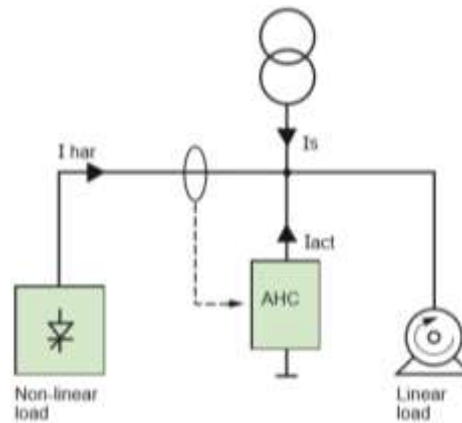
#### **4.8 Mengurangi distorsi harmonik**

Berdasarkan hasil asumsi perhitungan yang didapat berdasarkan data *shneider electric* maka arus THD pada gedung RS Panti Rapih lebih besar dari standar IEEE. Maka dari itu untuk meredam harmonik yang ada dan meminimalisir dampak yang dapat ditimbulkan karena besarnya arus harmonik maka dapat dilakukan dengan cara menggunakan *Detuned Reaktor* namun dianggap kurang efektif karena *Detuned Reaktor* hanya mampu meredam harmonik jika THD yang dihasilkan ( $20% < 30%$ ) maka jika menggunakan *Detuned Reaktor* dianggap belum dapat mengurangi nilai THD yang sesuai dengan standar IEEE yang ada. Maka dari itu untuk dapat mengurangi arus harmonik yang cukup besar dapat menggunakan filter aktif, filter aktif dapat meredam arus harmonik  $> 30%$ . Filter aktif pada umumnya digunakan pada beban yang berubah-ubah setiap saat seperti pembebanan pada Rumah Sakit.

##### **4.8.1 Filter aktif**

Untuk dapat meminimalisir adanya harmonik yang tidak diinginkan pada instalasi listrik RS panti Rapih maka dipilih filter aktif. Filter aktif dirancang untuk meredam arus harmonik, filter aktif dapat digunakan untuk mengurangi nilai frekuensi tertentu dari sebuah tegangan dan arus. Secara umum filter aktif dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan caranya yang dihubungkan pada sistem, yaitu filter aktif paralel (*shunt*), jika disusun secara paralel maka *losses* daya pada saat filter dapat diminimalisir, sedangkan filter aktif seri (*series*) akan timbul *losses* daya tambahan pada sistem. Komponen utama yang terdapat pada filter aktif merupakan kapasitor (C) dan induktor (L). Untuk pemasangannya filter aktif pada umumnya diletakkan dekat dengan

daya listrik hal ini bertujuan agar mencegah terjadinya harmonik yang menuju sumber dan kapasitor bank.



**Gambar 4.5** Pengaplikasian Filter Aktif

(Sumber: Schneider, electrical installation guide 2016)

Dalam menentukan kapasitas filter yang akan digunakan dibutuhkan data distorsi harmonik. Karena pada RS Pantir Rapih belum beroperasi maka dari itu tidak dapat diketahui berapa harmonik yang ada pada setiap orde. Data yang akan digunakan untuk menentukan pemilihan kebutuhan distorsi harmonik pada RS Pantir Rapih ini diambil dari beban AC (*Air Conditioner*), AC sendiri merupakan beban yang nantinya akan banyak mengandung harmonik, maka dari itu berdasarkan data beban AC dan berdasarkan asumsi data menggunakan data pada *schneider electric* AC dapat menyebabkan THD sebesar 37% dan setelah melakukan perhitungan berdasarkan data beban yang ada, arus harmonik yang dapat ditimbulkan dari beban AC yang ada pada RS Pantir Rapih adalah sebesar 42%.