

ANALISIS KEBUTUHAN CAPACITOR BANK BESERTA IMPLEMENTASINYA UNTUK MEMPERBAIKI FAKTOR DAYA LISTRIK DI POLITEKNIK KOTA MALANG

Muhammad Fahmi Hakim¹

Abstrak

Perbaikan faktor daya listrik Politeknik Kota Malang (Poltekcom) diharapkan mampu memperbaiki kualitas listrik. Perbaikan ini diharapkan pula mampu memperkecil biaya tagihan listrik di Poltekcom. Untuk dapat melaksanakan perbaikan kualitas listrik tersebut, maka perlu dilakukan perhitungan terhadap daya reaktif yang harus dikompensasi untuk mendapatkan faktor daya terbaik, yaitu mendekati 1. Setelah dilakukan perhitungan tersebut, maka dilakukan penentuan *capacitor bank* yang akan digunakan yang selanjutnya akan dilaksanakan uji coba terhadap *capacitor bank* tersebut. Dengan melakukan tahap-tahap kegiatan di atas maka diharapkan *capacitor bank* yang terpasang mampu meningkatkan kualitas listrik di

Kata-kata kunci: *capacitor bank*, faktor daya listrik, kualitas listrik.

Abstract

Power factor improvement of Politeknik Kota Malang (Poltekcom) is expected to improve the quality of electricity. Moreover, this improvement is also expected to reduce the cost of electricity bills of the Poltekcom. To improve the quality of electricity, it is necessary to calculate the reactive power that has to be compensated to get the best power factor, which is close to 1. After the calculation is done, bank capacitor that is going to be used is determined. Next, the bank capacitor is tested. By performing the steps above, it is expected that the bank capacitor is able to improve the quality of electricity at the Poltekcom.

Keywords: *bank capacitor, power factor, quality of electricity.*

¹ *Muhammad Fahmi Hakim. Dosen Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Kota Malang*

1. PENDAHULUAN

Upaya penghematan terhadap penggunaan daya listrik pada saat ini mutlak diperlukan di industri, institusi, maupun rumah tangga. Hal ini dikarenakan semakin berkurangnya sumber energi tidak terbarukan. Salah satu upaya penghematan yang bisa dilakukan adalah dengan perbaikan faktor daya listrik. Seperti yang telah diketahui pada umumnya, faktor daya listrik adalah nilai perbandingan antara daya aktif terhadap daya nyata. Faktor daya dikatakan baik apabila mempunyai nilai mendekati satu. Peningkatan nilai faktor daya dapat dilakukan dengan mengatur nilai dari daya reaktif karena nilai dari daya aktif selalu konstan dengan menggunakan metode kompensasi daya reaktif. Metode tersebut diaplikasikan pada sebuah alat yang bernama *capacitor bank*.

Kondisi di Politeknik Kota Malang pada saat ini cukup banyak terdapat beban induktif berupa mesin-mesin listrik sehingga menimbulkan daya reaktif yang pada akhirnya akan menurunkan nilai dari faktor daya. Akibat selanjutnya dari hal tersebut adalah peningkatan dari tagihan listrik yang harus dibayar oleh Politeknik Kota Malang. Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka perlu dilakukan untuk perbaikan faktor daya listrik pada instalasi di Politeknik Kota Malang dengan pemasangan *capacitor bank*. Selain perbaikan faktor daya, diharapkan juga tagihan listrik dari PLN juga akan berkurang setelah terpasang *capacitor bank* yang sesuai.

2. KAJIAN PUSTAKA

Pemasangan *capacitor bank* pernah diaplikasikan pada listrik rumah tangga yang disebut *mini capacitor bank*. Pemasangan *mini capacitor bank* pada listrik rumah tangga menghasilkan peningkatan *power factor* dari 0.95 lagging menjadi 0.99 lagging, mengurangi drop tegangan karena turunnya arus dari 4,13 A menjadi 3,89 A, dan mengurangi daya total yang ditarik dari jala-jala PLN dari 900 VA menjadi 850 VA. Namun, pemasangan *mini capacitor bank* pada rumah tangga tidak mengurangi tagihan listrik bulanan. (Harpawi, 2010).

Filani (2011) mengembangkan *capacitor bank* yang dilengkapi dengan *power factor regulator* untuk memperbaiki faktor daya pada instalasi rumah tangga 2200 VA. Setelah dilakukan proses penelitian, maka diperoleh hasil antara lain *capacitor bank* dapat dikombinasikan secara seri maupun paralel untuk mendapatkan hasil kompensasi faktor daya yang lebih optimal, sensing arus dan tegangan haruslah valid agar didapatkan nilai beda fasa yang benar sehingga didapatkan nilai $\cos \phi$ yang sesuai dengan pembacaan alat ukur, dan pada saat beban nol, alat ini menyerap daya sekitar 50 Watt dan faktor daya turun menjadi 0,79.

Pada tahun 2012 Handriyani melakukan analisa perbaikan faktor daya untuk penghematan biaya listrik di KUD Tani Mulyo Lamongan. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap nilai kapasitansi yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya dan juga dilakukan perhitungan terhadap tagihan listrik yang dibayar oleh KUD tersebut per bulan setelah pemasangan *capacitor bank*. Hasil yang diperoleh adalah untuk memperbaiki faktor daya dari 0,65 menjadi 0,85 dilakukan pemasangan kapasitor sebesar 9,18 KVAR, dengan pemasangan kapasitor, tagihan listrik PLN pada KUD Tani Desa dapat berkurang sebesar Rp 4.863.952 per bulan, dan dengan investasi pembelian sebuah kapasitor 9,18 KVAR seharga Rp. 2.500.000, investasi kapasitor akan mengalami BEP setelah satu bulan.

2.1 Daya Listrik

Daya listrik adalah laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas, cahaya, energi kinetik, dan suara.

Daya listrik terdiri dari tiga macam, yaitu:

1. Daya Aktif (P)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Persamaan untuk mendapatkan nilai daya aktif dalam sistem satu fasa adalah:

$$P = V_{eff} \times I_{eff} \times \cos \phi = I_{eff}^2 \times R = \frac{V_{eff}^2}{R} \quad (1)$$

Sedangkan persamaan untuk mendapatkan nilai daya aktif dalam sistem tiga fasa adalah:

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluksmedan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var. Persamaan untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem satu fasa adalah:

$$Q = V_{eff} \times I_{eff} \times \sin \varphi = I_{eff}^2 \times X = \frac{V_{eff}^2}{X} \quad (3)$$

Sedangkan persamaan untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem tiga fasa adalah:

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

3. Daya Nyata (S)

Daya nyata (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan *root mean square* (rms) dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.

2.1 Faktor Daya

Faktor daya atau *power factor* (pf) merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA). Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen.

$$\text{Faktor Daya} = \text{Daya Aktif (P)} / \text{Daya Nyata (S)} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &= \text{kW/kVA} \\ &= V \cdot I \cos \varphi / V \cdot I \\ &= \cos \varphi \end{aligned}$$

Jika pf lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Akibat menurunnya pf maka akan timbul beberapa persoalan di antaranya:

- membesarnya penggunaan daya listrik kWH karena rugi – rugi;
- membesarnya penggunaan daya listrik kVAR; dan
- mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan (*voltage drops*).

Beberapa strategi untuk koreksi faktor daya adalah:

- meminimalkan operasi dari beban motor;
- menghindari operasi dari peralatan listrik di atas tegangan rata – ratanya;
- mengganti motor – motor yang sudah tua; dan
- memasang kapasitor pada jaringan AC untuk menurunkan medan dari daya reaktif.

Metode yang digunakan untuk pemasangan *capacitor bank* yaitu:

1. Metode terpusat; pada metode terpusat, *capacitor bank* ditempatkan di sisi primer dan sekunder transformator atau bisa juga ditempatkan di bus pusat pengontrol.
2. Metode tersebar; pada metode tersebar, *capacitor bank* ditempatkan di feeder kecil, rangkaian pada cabang, ataupun langsung di beban.

Terdapat beberapa metode untuk melakukan perhitungan kebutuhan *capacitor bank*.

1. Metode Perhitungan

Data yang diperlukan antara lain adalah daya aktif (P), pf sebenarnya ($\text{Cos } \phi_1$), dan pf yang diinginkan ($\text{Cos } \phi_2$). Daya reaktif yang dikompensasi oleh *capacitor bank* (Q_c) adalah:

$$Q_c = P (\text{Tan } \phi_1 - \text{Tan } \phi_2) \quad (2.6)$$

2. Metode Tabel Kompensasi

Untuk menghitung besarnya daya reaktif dapat dilakukan melalui tabel kompensasi, tabel ini menyajikan suatu data dengan input pf sebenarnya ($\text{Cos } \phi_1$), dan pf yang diinginkan ($\text{Cos } \phi_2$) maka besarnya faktor pengali dapat dilihat melalui tabel kompensasi.

3. Metode Kuitansi PLN

Metode ini memerlukan data dari kuitansi PLN selama satu periode (misalnya enam bulan sampai dengan satu tahun). Dari kuitansi PLN tersebut dapat diketahui daya aktif maupun

reaktifnya sehingga bisa dihitung faktor daya dan kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya.

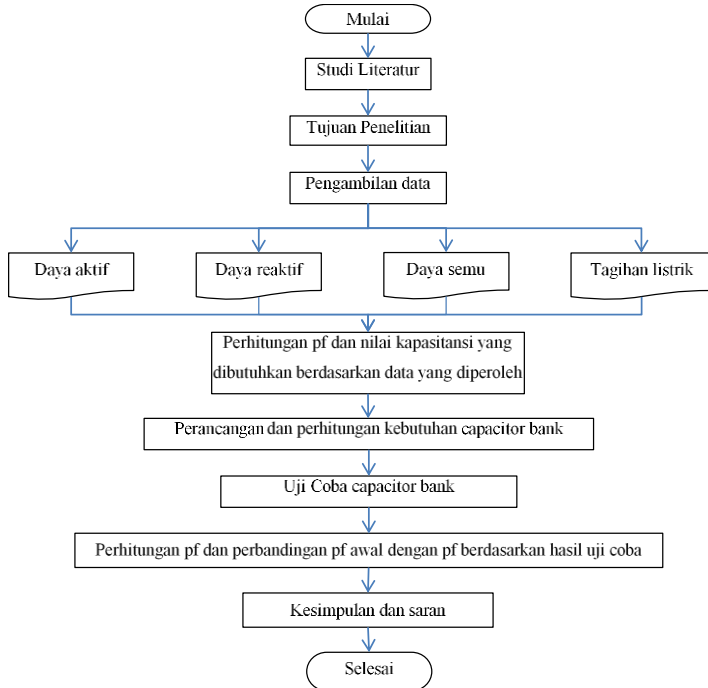
4. Metode Segitiga Daya

Metode ini dipakai jika data yang diketahui adalah Daya aktif (P) dan Daya nyata (S). Perhitungan metoda ini dilakukan dengan segitiga daya.

3. METODE

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan studi literatur tentang pengertian daya dan faktor daya beserta perbaikannya. Dari hasil studi ini didapatkan rumusan tujuan penelitian. Kemudian diambil data-data yang diperlukan yaitu daya listrik dan biaya tagihan listrik dalam satu bulan. Berdasarkan data-data tersebut maka dapat dilakukan perhitungan nilai dari faktor daya maupun nilai kapasitansi yang diperlukan untuk kompensasi agar faktor daya dapat diperbaiki. Setelah diperoleh daya kompensasi oleh kapasitor maka dilakukan penentuan spesifikasi *capacitor bank* dan dilakukan pemasangan *capacitor bank* pada instalasi listrik di Politeknik Kota Malang. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba terhadap *capacitor bank* sekaligus pengambilan data parameter kualitas listrik terutama faktor daya untuk diperbandingkan dengan pf awal. Kemudian diambil kesimpulan dan saran.



Gambar 1. Diagram Alur Proses Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Politeknik Kota Malang.

3.3 Pengamatan Peubah/Variabel

Berdasarkan pada variabel yang didapatkan dari penelitian terdahulu, maka variabel yang diamati dan diteliti pengaruhnya meliputi:

Variabel output:

Q_c : daya yang dikompensasi kapasitor (kVAR)

pf : faktor daya

Variabel input:

P : daya aktif (Watt)

Q : daya reaktif (VAR)

S : daya semu (VA)

Tagihan listrik PLN

3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh data primer berupa daya aktif, daya reaktif, dan daya nyata serta data sekunder berupa tagihan listrik PLN adalah menggunakan teknik observasi. Data awal diperoleh dari tagihan rekening listrik PLN selama enam bulan. Data selanjutnya, setelah *capacitor bank* terpasang, diperoleh dengan mengadakan pengukuran terhadap daya dan faktor daya.

Data yang dianalisis berupa data daya aktif, daya reaktif, daya semu, dan nominal tagihan listrik berupa denda kVAr yang harus dibayar. Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap kompensasi daya reaktif yang diperlukan dengan menggunakan metode perhitungan yang ada untuk mendapatkan nilai *capacitor bank* yang sesuai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Data-data yang diperoleh melalui informasi tagihan listrik PLN dapat dilihat pada Tabel 1 berupa nilai stand meter untuk pemakaian untuk daya aktif pada luar waktu beban puncak (LWBP) dan waktu beban puncak (WBP), serta daya reaktif (kVArh). Data diambil mulai bulan Januari 2013 sampai dengan bulan Juni 2013.

Tabel 1. Data Pemakaian Daya Aktif dan Daya Reaktif

ID Pelanggan	: 513140747925					
Tarif/Daya	: S3 / 240000					
FKT	: 400/400					
Bulan (2013)	Pembacaan Stand Meteran (Stand Lalu-Akhir)					
	LWBP		WBP		kVArh	
Januari	645,1	668,78	100,38	103,37	787,59	816,28
Februari	668,78	697,14	103,37	107,22	816,28	845,43
Maret	697,14	724,79	107,22	110,94	845,43	872,59
April	724,79	749,17	110,94	114,91	872,59	900,07
Mei	749,17	783,21	114,91	119	900,07	929,31
Juni	783,21	812,76	119	122,74	929,31	956,08

Pada Tabel 2 ditunjukkan biaya pemakaian untuk LWBP, WBP, dan kVARh serta total biaya pemakaian daya.

Tabel 2 Biaya Pemakaian Daya Listrik

Bulan	Biaya Pemakaian (dalam Rp)			
	LWBP	WBP	kVARH	Total
Januari	5.730.560	1.085.370	3.160.300	9.976.230
Februari	7.203.440	1.466.850	2.933.930	11.604.220
Maret	7.023.100	1.417.320	2.464.115	10.904.535
April	6.192.520	1.512.570	3.164.840	10.869.930
Mei	9.081.872	1.636.818	1.879.360	12.598.050
Juni	7.883.940	1.496.748	2.057.228	11.437.916
Rata-rata	7.185.905	1.435.946	2.609.962	11.231.814

4.2 Pembahasan

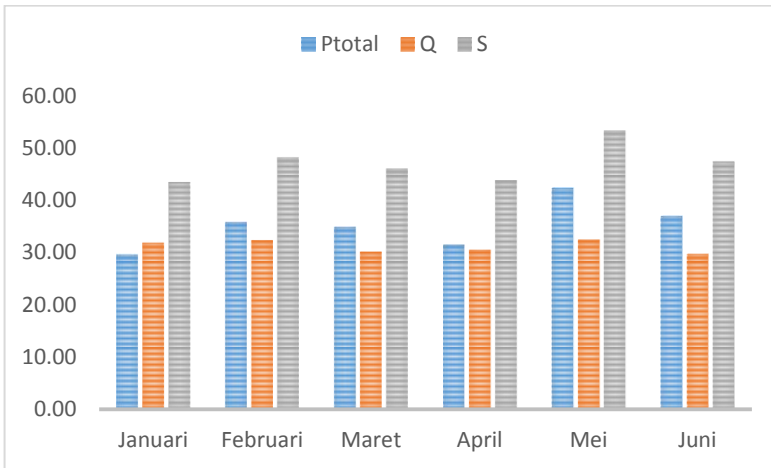
Perhitungan nilai kapasitansi yang diperlukan untuk mengkompensasi daya reaktif di Politeknik Kota Malang dilakukan dengan menggunakan metode kuitansi PLN.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dihitung total daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dengan mengalikan selisih stand dengan faktor kali 400. Diasumsikan tiap bulan rata-rata pemakaian daya listrik adalah selama 12 jam per hari dengan jumlah hari 30 hari. Dari Tabel 1 dapat dihitung pula daya nyata (S). Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa rata-rata daya aktif: 35,19 kW, rata-rata daya reaktif: 31,20 kVAr, dan rata-rata daya nyata: 47,13 kVA. Selain itu diketahui juga pemakaian daya aktif paling tinggi terdapat pada bulan Mei yaitu 42,37 kW dan pemakaian daya aktif terendah terdapat pada bulan Januari yaitu 29,63 kW. Sedangkan pemakaian daya reaktif paling tinggi terdapat pada bulan Mei yaitu 32,49 kVAr dan pemakaian daya reaktif terendah terdapat pada bulan Juni yaitu 29,74 kVAr. Sedangkan pemakaian daya nyata paling tinggi terdapat pada bulan Mei yaitu 53,39 kVA dan pemakaian daya nyata terendah terdapat pada bulan April yaitu 43,87 kVA. Dapat diketahui bahwa nilai faktor daya selalu berada di bawah 0,85 dengan nilai rata-rata faktor daya selama enam bulan tersebut adalah 0,74. Hal ini berarti bahwa Politeknik Kota Malang harus membayar denda kelebihan VAR dikarenakan nilai faktor daya kurang dari 0,85. Sedangkan nilai denda kelebihan VAR tidak kecil, yaitu rata-rata Rp 2.609.962,- sesuai data pada Tabel 2.

Tabel 3. Perhitungan Nilai Tiap-Tiap Daya

Bulan (2013)	P_{total} (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	$\cos \varphi$	I_L (A)
Januari	29,63	31,88	43,52	0,68	108,81
Februari	35,79	32,39	48,27	0,74	120,67
Maret	34,86	30,18	46,10	0,75	115,26
April	31,5	30,53	43,87	0,71	109,67
Mei	42,37	32,49	53,39	0,79	133,47
Juni	36,99	29,74	47,46	0,78	118,66
Rata-rata	35,19	31,20	47,13	0,74	117,76

Jika data ketiga daya pada Tabel 3 ditampilkan dalam bentuk grafik maka dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Tiap-Tiap Daya

Nilai faktor daya dapat ditingkatkan dengan memasang kompensator daya reaktif pada sistem instalasi. Jika faktor daya diseting pada nilai 0,85, maka nilai kompensasi daya reaktif berdasarkan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4. Pada Tabel 4, untuk mendapatkan nilai kompensasi daya reaktif dihitung pula nilai S_2 dan Q_2 yaitu nilai daya nyata dan daya reaktif jika nilai faktor daya 0,85. Sedangkan Q_c adalah besarnya nilai kompensasi daya reaktif. Rata-rata kompensasi daya reaktif

yang dibutuhkan Politeknik Kota Malang adalah minimal sebesar 9,39 kVar dan maksimal sebesar 53,01 kVar.

Tabel 4. Perhitungan Nilai Kompensasi Daya Reaktif

Bulan (2013)	P (kW)	S ₂ (kVA)	Q ₂ (kVAr)	Q _{c(min)} (kVAr)	Q _{c(max)} (kVAr)
Januari	29,63	34,86	18,36	13,51	50,24
Februari	35,79	42,10	22,18	10,21	54,57
Maret	34,86	41,00	21,60	8,58	51,78
April	31,5	37,06	19,52	11,01	50,05
Mei	42,37	49,84	26,25	6,23	58,74
Juni	36,99	43,52	22,92	6,82	52,67
Rata-rata	35,19	41,40	21,81	9,39	53,01

Sedangkan besarnya kapasitansi yang dibutuhkan dapat dihitung dengan mencari nilai reaktansi kapasitifnya terlebih dahulu. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa rata-rata selama enam bulan nilai kapasitansi minimal yang dibutuhkan adalah sebesar 207,07 μ F dan maksimal 1.169 μ F.

Tabel 4.5 Perhitungan Nilai Kapasitansi

No.	Bulan (2013)	X _c		C (μ F)	
		min	maks	min	maks
1.	Januari	10.686,25	2.874,04	297,89	1.107
2.	Februari	14.144,48	2.646,20	225,04	1.203
3.	Maret	16.837,21	2.788,76	189,05	1.141
4.	April	13.113,70	2.884,81	242,73	1.103
5.	Mei	23.169,29	2.458,06	137,38	1.295
6.	Juni	21.170,57	2.741,70	150,35	1.161
	Rata-rata	16.520,25	2.732,26	207,07	1.169

4.3 Perancangan Capacitor Bank

Berdasarkan perhitungan pada subbab 4.2 maka dapat dihitung kebutuhan *capacitor bank* pada saat ini di instalasi Politeknik Kota Malang untuk mendapatkan cos phi ideal. Dengan memperhatikan nilai P dan Q tertinggi yaitu pada bulan ke-5, maka nilai kompensasi daya reaktif berada pada nilai 6,23 kVAr sampai dengan 58,74 kVAr. Sehingga nilai kapasitansi yang diperlukan adalah sebesar 137,38 μ F sampai dengan 1.295

μF . Dengan mempertimbangkan perhitungan-perhitungan di atas maka nilai kompensasi daya reaktif dari *capacitor bank* yang dipilih adalah sebesar 30 kVAr dengan nilai kapasitansi sebesar 661 μF . *Capacitor bank* dipasang dengan menggunakan metode terpusat pada panel utama instalasi listrik untuk mendapatkan kompensasi secara menyeluruh.

Tabel 6. Spesifikasi *Capacitor Bank*

TYPE	SL1D 30/32 kVAr 400/415 V 50 Hz
Qn	30/32 kVAr
Un	400/415 V
fn	50 Hz
In	43,3/44,9 A
Ui	4/12 kV
Temp. Cat.	-40/C ⁰ C
Connection	D
Standard	IEC 60831 1&2 (1996)

4.4 Pengujian *Capacitor Bank*

Pengujian dilakukan dengan mengambil data arus yang mengalir pada kapasitor (I_c) untuk mengetahui kinerja dari *capacitor bank*. Data lain yang diperlukan yaitu tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, daya aktif, dan daya reaktif. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa *clamp meter* pada pukul 11.00 yaitu waktu yang masih termasuk rentang waktu beban penuh yaitu. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Capacitor Bank*

No.	Parameter Kualitas Listrik	Sebelum dipasang PFC	Setelah dipasang PFC
1.	Arus PFC	-	43,1 A
2.	Tegangan	396 V	399 V
3.	Arus beban	129,6 A	108,4 A
4.	Frekuensi	50 Hz	49 Hz
5.	Cos ϕ	0,74 lagging	0,96 lagging
6.	Daya aktif	41,7 kW	41,5 kW
7.	Daya reaktif	32,7 kVAr lagging	4,6 kVAr lagging

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan uji coba yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai kapasitansi kompensasi daya reaktif pada instalasi di Politeknik Kota Malang adalah 137,38 μF sampai dengan 1.295 μF . Sedangkan daya reaktif yang dibutuhkan agar nilai faktor daya meningkat menjadi faktor daya ideal adalah 6,23 kVAr sampai dengan 58,74 kVAr. Sehingga rating *capacitor bank* yang dipilih adalah 30 kVAr dengan nilai kapasitansi yaitu 661 μF .
2. Pemasangan *capacitor bank* memperbaiki kualitas daya listrik Politeknik Kota Malang karena meningkatkan faktor daya menjadi 0,96 dan menurunkan daya reaktif menjadi 4,6 kVAr.
3. Dengan meningkatnya faktor daya di atas 0,85 maka otomatis tagihan listrik di rekening listrik PLN berupa denda kVAr akan hilang.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan untuk pengembangan penelitian ini antara lain:

1. Pengambilan data daya reaktif setelah terpasang *capacitor bank* hendaknya juga diperoleh berdasarkan tagihan listrik PLN sebagai perbandingan;
2. Data berupa daya aktif dan daya reaktif sebaiknya bisa ditampilkan secara *real time* dengan menggunakan tampilan pada LED.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Filani, H., Nasir, A., & Sunarno, E, 2011, Perbaikan Faktor Daya Pada Instalasi Rumah Tangga 2200 VA Dilengkapi Dengan Display dan Penstabil Tegangan, Surabaya: PENS.
- Handriyani, S., Soeprijanto, A., & Anam, S, 2012, Analisa Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Biaya Listrik di KUD Tani Mulyo Lamongan, Surabaya: ITS Library.
- Harpawi, N., Soeprijanto, A., & Anam, S, 2010, Analisis Pengaruh Pemasangan Mini Capacitor Bank Terhadap Kualitas Listrik di Rumah Tangga Serta Perancangan Filter

Aktif Menggunakan Kontroler Pi Sebagai Pelindung Kapasitor Dari Harmonisa, Surabaya: ITS Library.

Kadir, A, 2000, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, Jakarta: UI-Press.

Sumardjati, P, 2000, Instalasi Motor, Bandung: POLBAN.

Tinus, A, 2007, Studi Pengaruh Capasitor Bank Switching Terhadap Kualitas Daya Listrik Di Gardu Induk Waru PLN P3B, Surabaya: Universitas Kristen Petra.