

## ANALISA PENGGUNAAN KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA PADA GEDUNG IDB LABORATORY UNESA

**Danang Aji Basudewa**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
Email : danangbasudewa16050874057@mhs.unesa.ac.id

**Widi Aribowo, Mahendra Widartono, Aditya Chandra Hermawan**

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
Email : [widiaribowo@unesa.ac.id](mailto:widiaribowo@unesa.ac.id), [mahendrawidartono@unesa.ac.id](mailto:mahendrawidartono@unesa.ac.id), [adityahermawan@unesa.ac.id](mailto:adityahermawan@unesa.ac.id)

### Abstrak

Penempatan pemasangan kapasitor bank yang sesuai dengan kondisi sistem kelistrikan sangat berpengaruh pada keandalan dan efektifitas pemasangan kapasitor bank dengan pertimbangan biaya pemasangan kapasitor bank. Penelitian ini dilakukan di gedung IDB *Laboratory*, fakultas teknik, universitas negeri surabaya-unesa. Penulis dalam artikel ini mempunyai tujuan untuk menganalisis penggunaan dan pertimbangan pemasangan kapasitor bank yang berguna untuk memperbaiki nilai faktor daya dengan melakukan perhitungan nilai kompensator daya reaktif yang sesuai dan pensimulasian menggunakan *software* ETAP (*electrical transient analysis program*). Dimana dengan memasang kompensator daya reaktif sebesar 528,980 kVAR pada bus utama dapat memperbaiki nilai  $\cos \phi_1 = 0,759$  semula pada gedung IDB *Laboratory* sehingga menjadi  $\cos \phi_2 = 0,97$ . Penghematan yang dilakukan setelah perbaikan faktor daya adalah besarnya nilai kW menurun dari 1007 menjadi 926 kW dan besarnya kVar dari 863 menjadi 463 kVar. Pemakaian daya reaktif (kVAR) berkurang, demikian juga pemakaian total daya (kVA) juga ikut berkurang. Dari analisa juga didapatkan biaya total pemasangan kapasitor bank dapat terganti dengan dilakukannya optimasi biaya penghematan energy listrik selama 4 bulan, dan bulan-bulan selanjutnya didapatkan biaya penghematan listrik sebesar Rp. 18.998.625,00 per bulan dengan asumsi kondisi beban stabil.

**Kata kunci** : Kapasitor Bank, *Electrical transient analysis program*, perbaikan faktor daya

### Abstact

The placement of the installation of capacitor banks in accordance with the conditions of the electrical system is very influential on the reliability and effectiveness of the installation of capacitor banks with consideration of the cost of installation of capacitor banks. This research was conducted in the building of the IDB *Laboratory*, faculty of engineering, state university of surabaya - unesa. Analyze the use and consideration of the installation of capacitor banks are useful to improve the power factor value by calculating the value of the compensator reactive power corresponding and pensimulasian using *software* ETAP (*electrical transient analysis program*). Where to install the compensator reactive power of 528,980 kVAR at the main bus can improve the value of  $\cos \phi_1 = 0,759$  original on the building of the IDB *Laboratory* so that it becomes  $\cos \phi_2 = 0,97$ . The savings made after the improvement the power factor is the magnitude of the value of the kW decreased from 1007 to 926 kW and the magnitude of the kVar of the 863 be 463 kVar. The use of reactive power (kVAR) is reduced, thereby also discharging the total power (kVA). From the analysis also obtained the total cost of installation of capacitor bank can be replaced by doing the optimization of the cost savings of electric energy for 4 months, and subsequent months achieved cost savings of electricity of Rp. 18.998.625,00 per month assuming the load conditions are stable.

**Keywords** : Capacitor Bank, *Electrical transient analysis program*, Power factor Improvement

### PENDAHULUAN

Adanya kemajuan dan perkembangan dibidang teknologi maupun infrastruktur diberbagai sektor kehidupan manusia sangatlah pesat, terkait dengan hal tersebut kebutuhan pasokan energi listrik tentunya akan terus mengikuti. Dalam hal ini termasuk pembangunan yang berada pada lingkup universitas negeri surabaya dimana terdapat pembangunan beberapa gedung baru sebagai sarana dan prasarana pembelajaran maupun sebagai fungsi

lainnya. Upaya penghematan penggunaan daya listrik mutlak diperlukan dan harus dilakukan di industri, instansi maupun pada penggunaan beban skala kecil seperti rumah tangga. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan cara perbaikan faktor daya.

Gedung IDB *Laboratory* fakultas teknik universitas negeri surabaya merupakan salah satu gedung baru yang menjadi tempat maupun sarana pra-sarana bagi mahasiswa untuk melakukan kegiatan belajar mengajar dan juga fungsi utama

sebagai tempat praktek kuliah khususnya bagi mahasiswa fakultas teknik. Dikarenakan terdapat banyak ruangan praktek bagi mahasiswa fakultas teknik pada gedung tersebut maka beban peralatan listrik yang terdapat dalam gedung tersebut kebanyakan merupakan beban yang bersifat induktif. Dari pemakaian konsumsi energi listrik dengan beban induktif yang dominan maka akan terjadi ketidak efisienan terhadap penggunaan energi listrik dalam hal ini adalah daya listrik.

Penambahan kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya yang rendah dan menekan daya reaktif sehingga menjadi lebih kecil. Pada kesempatan ini penulis akan melakukan penelitian mengenai analisa pengaruh penggunaan kapasitor bank terhadap nilai faktor daya dan akan disimulasikan melalui software *ETAP 12.6*. Dengan faktor daya yang sesuai dengan standart yang telah ditetapkan maka akan mengurangi biaya operasional dalam penggunaan energi pada sistem tenaga listrik dan diharapkan bisa menghemat atau mengefisienkan daya yang digunakan. Efisiensi energi listrik ini diperlukan guna untuk mengetahui seberapa besar kita menggunakan energi listrik dengan maksimal dan memperkecil nilai rugi-rugi daya maupun kerugian secara financial. Dan juga dapat membandingkan bagaimana keefisienan dikala sebuah bangunan atau gedung yang mengkonsumsi daya dengan sebagian besar adalah beban non-linier ketika dipasang kapasitor bank dengan gedung yang tidak dipasang kapsitor bank.

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kapasitansi kapasitor bank yang sesuai pada sistem kelistrikan gedung *IDB Laboratory* fakultas teknik universitas negeri surabaya. Dimana penentuan nilai kapasitansi kapasitor bank yang sesuai akan dapat dilakukan dengan pensimulasian perbandingan pemasangan kapasitor bank terhadap nilai faktor daya dalam sebuah gedung *IDB Laboratory* fakultas teknik universitas negeri surabaya dengan *software electrical transient analyzer program 12.6*.

## KAJIAN TEORI

Menurut (Dani, 2018) "Daya adalah sebuah kuantitas yang penting dalam rangkaian-rangkaian elektris. Daya merupakan ukuran disipasi energi dalam sebuah alat. Karena tegangan dan arus dapat berubah sesuai fungsi dari waktu, dapat perkiraan bahwa nilai sesaat dan nilai rata-rata dapat

digunakan untuk menggambarkan disipasi. Berdasarkan defenisi, daya sesaat adalah perkalian antara tegangan dan arus sesaat."

### Daya Semu (*Apparent Power*).

Daya semu (daya total) merupakan daya yang masuk ke rangkaian ac atau dengan kata lain daya yang sebenarnya diterima dari pemasok sumber tegangan arus ac, dan juga merupakan resultan daya antara daya aktif dan daya reaktif. Daya tampak didefenisikan serbagai hasil perkalian dari tegangan dan arus dalam rangkaian ac tanpa memperhatikan selisih sudut fase arus dan tegangan (Kusnadi, 2016).

$$S = V \times I \quad (\text{VA}) \quad (1)$$

Untuk tiga fasa digunakan rumus

$$S = V \times I \sqrt{3} \quad (\text{VA}) \quad (2)$$

Atau

$$S = \frac{P}{\text{Cos}\phi} \quad (3)$$

Dengan :

S = Daya semu

V = Tegangan

I = Arus

P = Daya aktif

cos  $\phi$  = Faktor daya

### Daya Nyata/Aktif (*True Power*)

Dalam rangkaian yang mengandung komponen reaktif, daya nyata P adalah bagian yang lebih kecil dibandingkan daya tampak S. Jika daya nyatakan terhadap resistansi maka akan sebanding dengan kuadrat arus atau tegangan. Daya nyata didefenisikan sebagai hasil perkalian antara tegangan dan arus serta koefisien faktor dayanya yang akan dinyatakan pada persamaan dibawah :

$$P = S \times \text{cos } \phi \quad (\text{Watt}) \quad (4)$$

$$P = V \times I \text{ cos } \phi \quad (\text{Watt}) \quad (5)$$

Atau

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \quad (\text{Watt}) \quad (6)$$

Dengan :

S = Daya semu

Q = Daya reaktif

P = Daya aktif  
 $\cos \phi$  = Faktor daya

**Daya Reaktif Q (Reactive Power)**

Selain daya aktif, adapun juga daya reaktif dimana daya yang terdisipasi akibat sifat reaktansi komponen dalam rangkain, memiliki satuan VAR (volt ampere reaktif). Daya reaktif dapat didefinisikan sebagai hasil perkalian antara tegangan dan arus serta nilai  $\sin \phi$ .

$$Q = V \times I \sin \phi \text{ (VAR)} \tag{7}$$

Dimana :

$$Q = P \cdot \tan \phi \tag{8}$$

Atau

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (VAR)} \tag{9}$$

Dengan :

S = Daya semu  
 Q = Daya reaktif  
 P = Daya aktif  
 $\cos \phi$  = Faktor daya

**Faktor Daya  $\cos \phi$  (Power Factor)**

Faktor daya yang merupakan rasio daya nyata terhadap daya tampak merupakan faktor indikator penting tentang bagaimana efektifnya sebuah beban melaksanakan fungsinya sehubungan dengan disipasi daya, yang didefinisikan sebagai:

$$PF = \frac{P}{S} \tag{10}$$

Maka faktor daya PF adalah perbandingan antara daya nyata P (*Watt*) dengan daya tampak S (*VA*). Dalam diagram daya, PF adalah cosinus sudut antara daya aktif dan daya tampak. Faktor daya dapat ditulis menjadi:

$$PF = \frac{P}{VI} = \frac{\text{Daya Nyata}}{\text{VoltAmpere}} \tag{11}$$

$$= \frac{P}{S} = \frac{S \cos \phi}{S} \tag{12}$$

Sehingga dapat ditulis menjadi :

$$PF = \cos \phi \tag{13}$$

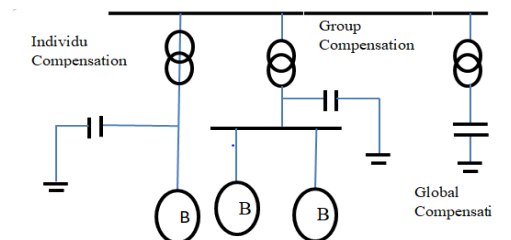
sudut  $\phi$  adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif P dan daya tampak S, sedangkan daya reaktif Q tegak lurus terhadap daya aktif P.

Efisiensi daya yang lebih adalah ketika P sama atau mendekati S, yaitu ketika  $\cos \phi = 1$  atau mendekati 1. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi, oleh karena itu dalam perbaikan PF diperlukan keseimbangan antara sifat kapasitif dan induktif dalam rangkaian (Dani, 2018).

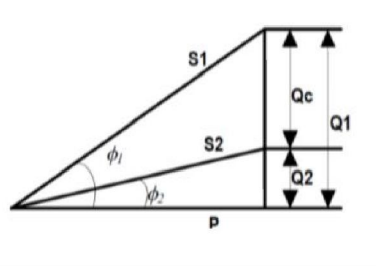
Menurut (M.Fahmi, 2014) “Kapasitor Bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah Kvar (kilo volt ampere reaktif), meskipun didalamnya terkandung/ tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (*leading*). Sehingga mempunyai sifat mengurangi/ menghilangkan terhadap sifat induktif (*lagging*).”

Menurut (Handriyani, dkk 2016) “perbaikan faktor daya dapat diartikan sebagai usaha untuk membuat faktor daya/ $\cos \phi$  mendekati 1. Faktor daya yang sering muncul adalah *lagging*, akibat pemakaian beban induktif (motor/trafo) Perbaikan dilakukan dengan memasang kapasitor pada masing-masing beban atau secara tersentralisir melalui kapasitor bank.”

Bagian utama dari sel kapasitor adalah 2 elektroda dari foil alumunium yang dipisahkan oleh bahan dielektrik yang berjumlah setidaknya 2 lapis (Bonggas, 2012:177). Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk penempatan dan hubungan kapasitor bank terhadap beban tergantung dari dan dimana kita akan menggunakan kapasitor tersebut dan berapa nilai daya reaktif kompensator dari kapasitor bank yang kita perlukan. Pada hal ini lokasi pemasangan kapasitor bank memiliki beberapa cara, namun ada 3 cara yang banyak digunakan untuk pemasangan kapasitor bank yaitu : *Individual compensation*, *global compensation* dan juga *group compensation* (Setya, 2017).



Gambar 1 Metode Penempatan  
Kapasitor Bank



Gambar 2 Prinsip Perbaikan Faktor Daya (Darusman, 2014:6)

Metode segitiga daya adalah metode perhitungan yang akan digunakan untuk menggambarkan bagaimana daya reaktif mempengaruhi faktor daya dan pada jaringan ac daya semu total kva diperoleh dengan bantuan hubungan segitiga daya tidak dengan penjumlahan aritmatika dari daya aktif dan daya reaktif. Akan lebih mudah dipahami perhitungan ini, dengan metode segitiga daya siku-siku (Darusman, 2014:4-5).

Menurut (Darusman, 2014:6), untuk menentukan nilai dari kapasitansi kapasitor bank terlebih dahulu dilakukan perhitungan daya reaktif kompensator ( $Q_c$ ). Pada prinsipnya, dalam perbaikan PF agar nilai  $PF \approx 1$ , sebuah kapasitor daya ac (kapasitor bank) harus mempunyai nilai daya reaktif kompensator  $Q_c$  yang sama dengan nilai daya reaktif  $Q$  dari sistem yang akan diperbaiki faktor daya nya, atau dapat ditulis dengan :

$$Q_c = \frac{v^2}{x_c} \quad (14)$$

Dan juga untuk menghitung daya reaktif kompensator yang dibutuhkan terhadap perubahan daya reaktif yang diinginkan, dapat digunakan persamaan :

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (15)$$

Salah satu cara yang efektif untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan cara kompensasi daya reaktif dimana sebagian kebutuhan daya reaktif yang dibutuhkan beban didapatkan dari kompensator daya reaktif. Salah satu kompensator daya reaktif adalah kapasitor bank dengan rating kvar sebagai berikut :

$$\Delta Q = P \times (\tan \phi_{\text{awal}} - \tan \phi_{\text{target}}) \quad (16)$$

Andaikan  $P$  [kW] beban dengan faktor daya  $\cos \phi_1$  dan  $\cos \phi_2$  dan daya semu  $S_1$  dan  $S_2$  yang harus dikirim ke beban maka Penghematan daya semu  $\Delta S$  adalah :

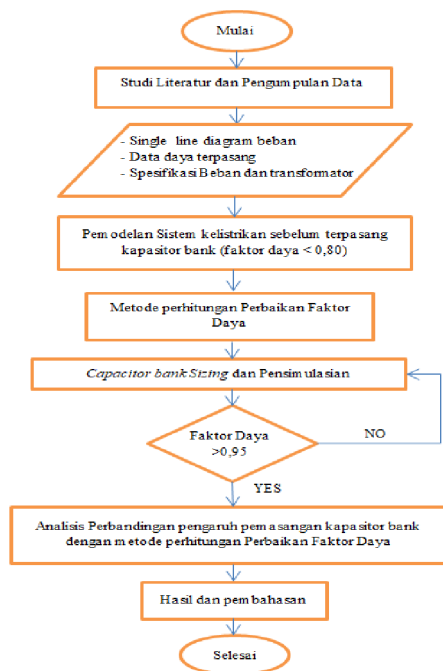
$$S = S_1 - S_2 = \frac{P}{\cos \phi_1} - \frac{P}{\cos \phi_2} \quad (17).$$

Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan sebuah software yang digunakan untuk kebutuhan simulasi suatu jaringan tenaga listrik, terutama pada sistem distribusi. Salah satu kemampuan *software* ETAP adalah mensimulasikan studi aliran beban suatu jaringan listrik. Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *software* ETAP maka akan diketahui besarnya rugi-rugi daya dan kondisi profil tegangan pada sistem tenaga listrik. Salah satu manfaat dari analisis aliran beban yaitu dengan diketahuinya nilai tegangan, arus dan daya, maka dapat dilakukan sebuah analisis system tenaga yang digunakan untuk meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi dan memperbaiki profil tegangan yang ada (Kumolo, 2016:2-3).

#### METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan penelitian dengan metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan suatu cara yang digunakan untuk menjawab masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan program statistik. Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji data dari gedung IDB *Laboratory* fakultas teknik yang diperoleh dari pengambilan data pada bagian PPK konstruksi dan jasa konsultasi ketintang universitas negeri surabaya, dengan mengirimkan proposal dan melakukan wawancara pada salah satu tim teknis pembangunan gedung IDB *Laboratory*. Data yang diperoleh kemudian akan diolah, dimana pengolahan data tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan nilai faktor daya dan nilai kapasitansi kapasitor bank yang sesuai untuk pemasangan pada gedung tersebut. Adanya pengolahan data dan penyesuaian penentuan nilai kapasitansi kapasitor bank akan disimulasikan menggunakan *software* electrical transient analisis program (*ETAP*) dari pengambilan data pada gedung IDB *Laboratory* fakultas teknik universitas negeri surabaya.

Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB *Laboratory* Unesa



Gambar 3 Tahapan rancangan penelitian

Rancangan penelitian digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3. Tahapan rancangan penelitian diawali dengan studi literatur tentang pengertian daya, faktor daya beserta perbaikannya dan optimalisasi pemasangan kapasitor bank pada sebuah gedung, tentunya berdasarkan penelitian terdahulu yang terkait. Dari hasil studi ini didapatkan rumusan tujuan penelitian. Kemudian diambil data-data yang diperlukan yaitu daya listrik, line diagram beban, perencanaan beban pada gedung dan biaya tagihan perbulan pada gedung tersebut. Pengambilan data dilakukan dengan mengirimkan proposal penelitian kepada bagian PPK konstruksi dan jasa konsultasi dan juga dilakukan wawancara dengan salah satu tim teknis pembangunan gedung IDB *Laboratory*. Berdasarkan data-data tersebut maka dapat dilakukan perhitungan nilai dari faktor daya maupun nilai kapasitansi kapasitor bank (*capacitor bank sizing*) yang diperlukan untuk kompensasi daya reaktif agar faktor daya dapat diperbaiki.

Setelah diperoleh daya kompensasi oleh kapasitor maka dilakukan penentuan spesifikasi kapasitor bank dan dilakukan pensimulaian perencanaan pemasangan capacitor bank pada sistem kelistrikan gedung IDB menggunakan *software* ETAP. Namun jika nilai faktor daya saat setelah terpasang kapasitor bank masih kurang dari

0,95 maka akan dilakukan perhitungan lagi mengenai *capacitor bank sizing* yang benar-benar sesuai dan dapat mengkompensasi faktor daya menjadi  $>0.95$ , tentunya tetap mempertimbangkan mengenai keefisiennya dalam segi kualitas daya maupun ekonomi. Dan jika faktor daya sudah sesuai maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan pengaruh pemasangan kapasitor bank sekaligus melakukan analisis data untuk diperbandingkan dengan pf awal saat belum terpasang kapasitor bank.

Menurut (M.Fahmi,2014:109) “Untuk menentukan berapa ukuran maupun tipe kapasitor bank yang sesuai dengan nilai kapasitansi yang kita butuhkan sangatlah penting. Dalam hal ini terdapat juga beberapa metode untuk melakukan perhitungan kebutuhan kapasitor bank :

1. Metode Perhitungan

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

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

2. Metode Tabel Kompensasi

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

3. Metode Kuitansi PLN

Metode ini memerlukan data dari kuitansi pembayaran tagihan listrik PLN perbulan. 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

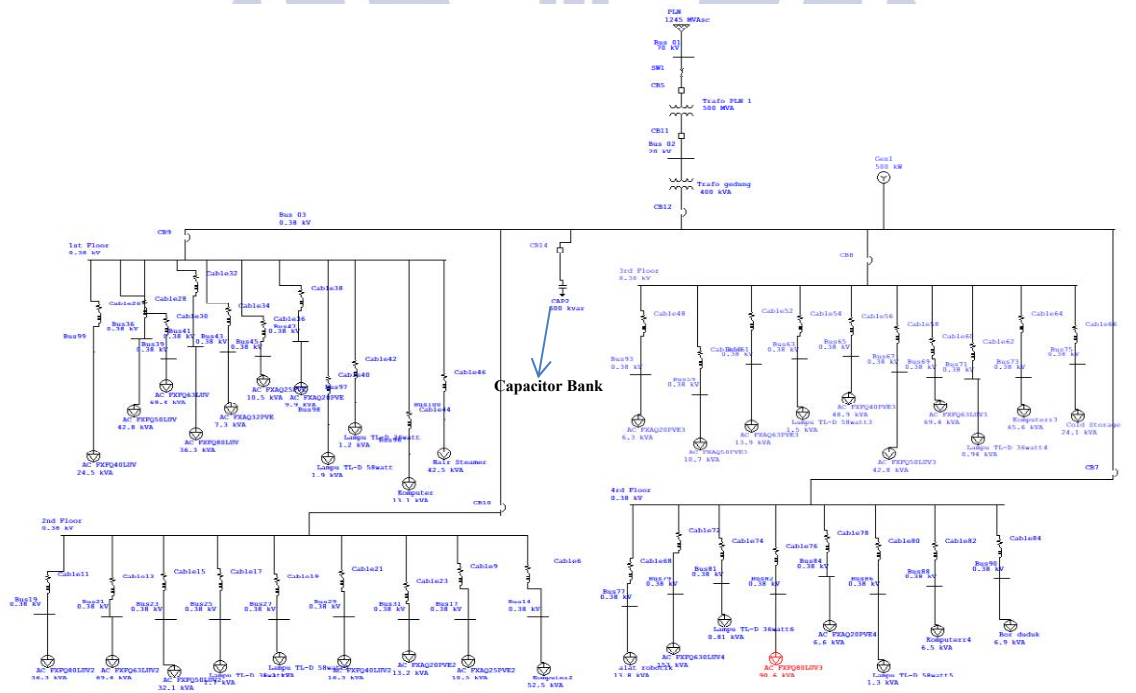
Metode ini dipakai jika data yang diketahui adalah Daya aktif (P) dan Daya nyata (S). Perhitungan metoda ini dilakukan dengan segitiga daya.”

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Sistem Kelistrikan dan Data Hasil Penelitian**

Gedung IDB *Laboratory* merupakan salah satu gedung baru yang dibangun pada tahun 2019 dan berfungsi utama sebagai sarana maupun prasarana untuk kegiatan praktek mahasiswa dan juga kegiatan belajar mengajar lainnya, dimana gedung tersebut berada di lingkungan fakultas teknik universitas negeri surabaya ketintang. Sistem kelistrikan pada gedung IDB *Laboratory* mendapatkan suplai daya dari PLN dengan termasuk golongan tarif S-3 (diatas 200kVA) dan juga menggunakan genset (*generator set*) sebagai suplai daya cadangan yang dihubungkan dengan transformator daya penurun tegangan (*step-down*) 20 kV dengan kapasitas daya trafo 400 kVA dan juga dengan daya terpasang yaitu sebesar 345 kVA.

Suplai daya dari PLN yang dihubungkan dengan transformator daya penurun tegangan 20 kV kemudian diturunkan menjadi 220/380V sebelum disalurkan kepanel distribusi (panel utama). Dimana sebelum dilakukannya pensimulasian sistem kelistrikan pada gedung IDB *Laboratory* menggunakan software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) tentunya diperlukan beberapa parameter yang dibutuhkan seperti parameter beban yang digunakan pada gedung untuk proses simulasi. Hal yang dilakukan untuk mendapatkan data tersebut telah dilakukannya survei data (perizinan permintaan data pada bagian PPK konstruksi dan jasa konsultasi) dan melakukan survei lapangan pada gedung IDB *Laboratory*.



Gambar 4. Simulasi ETAP sistem kelistrikan Gedung IDB *Laboratory* :

Tabel 1 Keterangan alur sederhana sistem kelistrikan gedung IDB *Laboratory* :

NO	Beban	kVA	Pf	kVAR	kWATT
1	Load 1 <sup>st</sup> floor	268	0,812	156	218
2	Load 2 <sup>nd</sup> floor	249	0,824	141	205
3	Load 3 <sup>rd</sup> floor	287	0,86	146	246
4	Load 4 <sup>th</sup> floor	282	0,872	137	247
5	Sumber PLN	--+345			
6	Trafo PLN	70kV ke 20kV			
7	Trafo Gedung IDB <i>Laboratory</i>	20kV ke 220/380V	0,759		

## Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB *Laboratory* Unesa

Project: Location: 12.6.0H Contract: Engineer: Filename: Gedung ISDB	Page: 1 Date: 05-22-2020 SN: Revision: Base Config: Normal
--	--

**Bus Loading Summary Report**

Bus	Directly Connected Load											Total Bus Load			
	ID	kV	Rated Amp	Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
				MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
1st Floor		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.268	81.2	498.1	
2nd Floor		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.241	82.4	462.0	
3rd Floor		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.287	86.0	532.7	
4rd Floor		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.282	87.4	524.6	
Bus 01		70.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.326	75.9	10.9	
Bus 02		20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.326	75.9	38.3	
Bus 03		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	1.084	84.5	2015.2	
Bus 14		0.380		0.042	0.031	0	0	0	0	0	0	0.052	80.0	115.1	
Bus 17		0.380		0.008	0.006	0	0	0	0	0	0	0.011	80.0	19.7	
Bus 19		0.380		0.029	0.022	0	0	0	0	0	0	0.036	80.0	69.4	
Bus 21		0.380		0.056	0.042	0	0	0	0	0	0	0.069	80.0	136.4	
Bus 23		0.380		0.026	0.019	0	0	0	0	0	0	0.032	80.0	61.1	
Bus 25		0.380		0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0.002	80.0	3.2	

**Gambar 5** ETAP Report sistem kelistrikan Gedung IDB *Laboratory* sebelum perbaikan faktor daya

Menganalisis data dari hasil penelitian yang didapatkan dengan melakukan perbandingan kondisi sistem kelistrikan pada saat sebelum dan setelah adanya pemasangan kapasitor bank, dan tentunya akan melewati pertimbangan mengenai keefisienan pemasangan kapasitor bank baik dari segi kualitas daya maupun biaya. Dari data yang telah didapatkan maka data tersebut akan di masukan kedalam sebuah program, kemudian hasil dari *running* program tersebut akan menampilkan tingkat perbedaan atau perubahan daya yang dialirkan dari suplay PLN hingga ke beban-beban peralatan listrik yang ada. Pada gambar 5 menunjukkan hasil ETAP report mengenai aliran daya pada sistem kelistrikan di gedung IDB *Laboratory* yang belum terpasang sebuah kapasitor bank, dimana pada gambar 5 menampilkan beberapa informasi mengenai kondisi besaran aliran daya, nilai power factor (*pf*) pada setiap bus, nilai hantaran arus, nilai besar daya aktif yang dikonsumsi, maupun kondisi nilai daya reaktif pada tiap-tiap bus.

Dalam hasil pensimulasian tersebut pada bus 01 dan 02 didapatkan nilai faktor daya yang cukup rendah yang diakibatkan oleh jumlah pemakaian beban listrik (*induksi*) yang besar sehingga menjadikan nilai faktor daya menjadi 0,759 ( $PF < 0,95$ ). Kondisi tersebut membuat pemakaian daya listrik yang dikonsumsi di gedung IDB menjadi lebih tidak efektif dikarenakan konsumsi daya reaktif akibat beban listrik (*indukif*) yang digunakan terlalu besar dan tentunya akan menyebabkan beberapa dampak kerugian, dalam hal ini seperti nilai arus yang tinggi yang akan

menyebabkan kerugian dalam sisi penghantar listrik, akan dikenakan denda kVAR/h dari PLN jika pemakaian kvar total diatas 62% dari pemakaian kwh total selama 1 bulan dan juga besarnya rating kVA peralatan listrik yang dibutuhkan akan semakin besar.

### Perlakuan Efisiensi Energi

Tindakan untuk melakukan efisiensi energi listrik dapat dilakukan dengan penghematan energi maupun memperbaiki nilai faktor daya (*power factor*) pada sistem kelistrikan gedung IDB *Laboratory*. Terdapat dua macam perlakuan untuk upaya efisiensi energi listrik yaitu dengan perbaikan dengan biaya dan juga perbaikan tanpa biaya.

1. Perbaikan tanpa biaya sendiri merupakan upaya yang dilakukan tanpa membeli komponen atau menambah peralatan listrik lain sehingga tidak terdapat pengeluaran atau tambahan biaya. Upaya ini dapat dilakukan dengan manajemen pemakaian beban peralatan listrik yang ada pada sebuah bangunan, baik beban penerangan ataupun beban daya.
2. Perbaikan menggunakan biaya untuk efisiensi energi listrik terutama dalam perbaikan faktor daya salah satunya dapat menggunakan kapasitor bank sebagai kompensator daya reaktif. Dari hasil pensimulasian pada sistem kelistrikan di gedung IDB *Laboratory* sebelum dilakukan perlakuan efisiensi energi listrik, menunjukkan pemakaian energi listrik masih termasuk dalam kategori tinggi dan tingkat kualitas daya listrik pada sistem kelistrikan

masih rendah. Oleh karena itu perlu dipasang kapasitor bank guna untuk memperbaiki kualitas daya listrik. Adapun metode untuk lokasi penempatan kapasitor bank yang dipilih adalah group compensation, yang dimaksudkan agar dapat meminimalisir biaya pemasangan, pengaruh pemasangan kapasitor dapat lebih berdampak pada keseluruhan sistem, dan biaya pemeliharaan yang tergolong lebih sedikit.

#### **Perbaikan Faktor Daya (*power factor*)**

Berdasarkan dari hasil data dan pensimulasian dapat dilakukan analisis yang menunjukkan bahwa kualitas daya dan faktor daya rendah. Untuk memperbaiki hal tersebut maka dapat dilakukannya pemasangan kapasitor bank sebagai kompensator daya reaktif. Sebelum dilakukannya pemasangan kapasitor bank tentunya kita harus mengetahui berapa nilai kapasitansi kapasitor bank yang kita butuhkan, dengan tujuan agar tidak terjadi kompensasi daya berlebih (*overcompensating*).

Kemudian untuk nilai daya reaktif dari sebuah kapasitor bank yang dibutuhkan sesuai dengan persamaan atau formulasi. Dengan  $Q_c$  adalah kapasitas kapasitor (kVAR),  $P$  adalah daya nyata (kW),  $\phi_1$  merupakan nilai faktor daya awal dan  $\phi_2$  merupakan faktor daya yang diinginkan  $>0,95$ .

#### **Perhitungan Kompensasi Daya Reaktif ( $Q_c$ )**

Berdasarkan hasil data pada gambar 5 menunjukan nilai faktor daya terendah berada pada bus 01 dan 02. Dimana pada bus 01 merupakan aliran daya dari suplay trafo PLN menuju ke trafo gedung IDB *Laboratory* dan pada bus 02 merupakan aliran daya dari trafo gedung menuju ke bus dan panel utama. Diketahui nilai daya aktif awal ( $P_1$ ) dan daya semu awal ( $S_1$ ) sebesar 1006,73 kW dan 1325 kVA dihitung menggunakan persamaan (9) menghasilkan daya reaktif awal sebesar 863,000991 kVAR dan nilai daya aktif ( $P_2$ ) sebesar 1006,73 kW dan nilai daya semu ( $S_2$ ) sebesar 1.059,79 kVA juga dihitung menggunakan persamaan (9) didapatkan nilai daya reaktif ( $Q$ ) sebesar 334,011 kVAR. Dimana nilai  $\cos \phi$  yang diinginkan adalah 0,95. Maka selisih nilai daya reaktif total yang dibutuhkan sebesar 528,980 kVAR.

Dalam peguraian perhitungan diatas maka usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki faktor daya sehingga menjadi 0.95 ( $>0.95$ ) adalah dengan memasang kapasitor bank pada bus utama yaitu bus 03. Dimana pada bus tersebut merupakan bus utama yang terhubung dengan bus beban yang

terdapat pada setiap lantai di gedung IDB *Laboratory*. Sedangkan kebutuhan nilai kapasitansi kapasitor bank pada bus 03 ini yaitu sebesar 528,980 kVAR.

#### **Data Hasil Penelitian Setelah Perbaikan Faktor daya**

Pemilihan metode pemasangan kapasitor bank yang dilakukan adalah metode *group compensation*. Pemilihan metode tersebut berdasarkan karena banyaknya jenis peralatan listrik yang ada dan terdapat bus utama pada bus 03 yang lebih memudahkan dan menguntungkan dalam pengaruh nilai kenaikan faktor daya berdasarkan pensimulasian yang telah dilakukan. Dan juga keuntungan pada pemasangan, perawatan (*maintenance*) maupun perbaikan jika ada kerusakan atau gangguan.

Pemasangan secara individual compensation akan sangat memakan banyak biaya pada pemasangan kapasitor bank dan juga lebih diutamakan untuk pemasangan pada motor berdaya sangat besar, namun jika global compensation maka nilai dari kapasitansi kapasitor bank yang dibutuhkan akan sangat besar sehingga tidak efektif dari segi biaya. Pemilihan metode pemasangan kapasitor bank menggunakan *group compensation* lebih menunjukan pengaruh yang besar pada sistem kelistrikan gedung IDB *Laboratory* secara keseluruhan. Baik pada kinerja transformator gedung maupun nilai aliran daya pada sistem.

Dalam hasil *running program* menunjukan bahwa hasil yang diperoleh dari pensimulasian sistem kelistrikan gedung IDB *Laboratory* dalam gambar 6 menunjukan faktor daya yang mengalir pada bus 01 dan bus 02 yang bernilai 0,759 dapat ditingkatkan atau diperbaiki setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank yang memiliki nilai kapasitansi 528,980 kVAR namun yang berada pada pasaran didapatkan kapasitor bank sebesar 600kVAR dan setelah disimulasikan pada software ETAP nilai faktor daya menjadi sebesar 0,972. Arus yang mengalir pada bus 03 (bus utama) saat sebelum terpasang kapsitor bank mendapati nilai sebesar 2015.2 A dan setelah terpasang kapasitor bank dapat memperkecil nilai arus yang mengalir menjadi 1782,6 A dan juga nilai arus pada setiap bus di lantai 1 sampai 4 didapati penurunan nilai arus.



Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada  
Gedung IDB *Laboratory* Unesa

Project:		ETAP		Page: 1	
Location:		12.6.0H		Date: 04-29-2020	
Contract:				SN:	
Engineer:		Study Case: LF		Revision: Base	
Filename: Gedung ISDB				Config.: Normal	

Bus Loading Summary Report														
Bus		Directly Connected Load								Total Bus Load				
		Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading	
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
1st Floor	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	2.266	81.0	437.5	
2nd Floor	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	2.344	81.8	402.0	
3rd Floor	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	2.288	85.8	474.3	
4rd Floor	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	2.286	86.9	470.8	
Bus 01	70.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.999	97.2	8.2	
Bus 02	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.999	97.3	28.6	
Bus 03	0.380		0	0	-0.512	0	0	0	0	0	1.084	84.1	1782.6	
Bus14	0.380		0.043	0.031	0	0	0	0	0	0	0.052	80.0	97.4	
Bus17	0.380		0.008	0.006	0	0	0	0	0	0	0.010	80.0	17.4	
Bus19	0.380		0.029	0.022	0	0	0	0	0	0	0.036	80.0	61.0	
Bus21	0.380		0.056	0.042	0	0	0	0	0	0	0.069	80.0	119.1	
Bus23	0.380		0.026	0.019	0	0	0	0	0	0	0.032	80.0	33.8	
Bus25	0.380		0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0.002	80.0	2.8	
Bus27	0.380		0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0.001	80.0	1.8	
Bus28	0.380		0.013	0.010	0	0	0	0	0	0	0.014	80.0	37.1	

Gambar 6. ETAP Report sistem kelistrikan gedung IDB *Laboratory* Setelah Perbaikan Faktor Daya

**Perhitungan Biaya Penghematan Optimasi Kapasitor Bank**

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa banyak hal positif mengenai pengaruh pemasangan kapsitor bank pada sistem kelistrikan di gedung IDB *Laboratory*. Baik dalam segi penurunan jumlah arus, meminimalisir rugi-rugi daya maupun yang sesuai dengan tujuan utama yaitu perbaikan faktor daya itu sendiri. Namun pertimbangan pemasangan kapsitor bank juga harus diperhatikan dikarenakan pemasangan kapasitor bank juga sebagai investasi jangka panjang mengenai biaya yang dikeluarkan dalam pemasangan terhadap biaya pemakaian listrik yang dapat dihemat setelah adanya pemasangan kapasitor bank.

Dilakukannya analisis ekonomi berguna untuk mengetahui seberapa besar biaya yang akan dikeluarkan pada saat pemasangan kapasitor bank, sehingga akan diketahui juga keuntungan dan penghematan yang diperoleh, serta waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal pemasangan peralatan baru (*kapasitor bank*).

**1. Perhitungan Biaya Listrik**

Dari hasil yang ditunjukkan pada gambar 5 dan 6. Berdasarkan tarif PLN gedung IDB *Laboratory* termasuk kedalam pada golongan S-3 (diatas 200kVA) dan termasuk kedalam golongan kegiatan sosial sebagai pelanggan bersubsidi. Maka tarif biaya per kWh adalah Rp 1.102,50 (*WBP*), dikenakan tarif biaya per kWh

sebesar Rp. 735 (*LWBP*) dan biaya tarif per kVARh sebesar Rp. 925,00.

- a. Sebelum pemasangan kapasitor bank, besarnya pemakaian energi listrik berdasarkan hasil *running program* pada sistem sebelum terpasang kapasitor bank sebesar 1007 kWh dan 863 kVARh. Sehingga perhitungan biaya pemakaian listrik dalam satu bulan adalah Rp. 57.254.775,00 . Dikarenakan pemakaian biaya kVARh >62% kWh total, maka gedung IDB *Laboratory* akan dikenakan biaya penggunaan kVARh.
- b. Setelah pemasangan kapasitor bank, berdasarkan hasil data dan perhitungan setelah terpasangnya kapasitor bank nilai pemakaian energi listrik pada gedung IDB *Laboratory* sebesar 962 kWh dan 232 kVARh. Pemakaian energi listrik tersebut tentunya sangat turun signifikan setelah adanya pemasangan kapasitor bank terutama pada pemakaian kVARh. Sehingga perhitungan biaya pemakaian listrik dalam satu bulan sebesar Rp.38.256.150,00 sesudah pemasangan kapasitor bank.

Dari hasil perhitungan total nilai kompensator daya reaktif (Qc) yang dibutuhkan sebesar 528,980 kVAR dengan total daya semu (S<sub>2</sub>) yang dihasilkan setelah pemasangan kapasitor bank menjadi 990kVA yang sebelumnya sebesar 1326 kVA. Maka dari penjelasan diatas dapat disusun pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4 Hasil Perhitungan Biaya Pemakaian Listrik sebelum, sesudah dan hasil penghematan biaya listrik

Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank	Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank	Biaya Hasil Penghematan
Rp. 57.254.775,00	Rp. 38.256.150,00	Rp. 18.998.625,00

Jika pada tabel 4 menunjukkan biaya hasil penghematan setelah pemasangan kapasitor bank dalam sebulan sebesar Rp. 18.998.625,00 maka dapat dihitung penghematan biaya per tahun menjadi Rp. 227.983.500,00 (dengan kondisi beban stabil). Jika biaya yang harus dibayar pertahun untuk instalasi kapasitor bank per kVAR diasumsikan dengan Y sebesar Rp. 178.750 per kVAR maka biaya total yang harus dibayar untuk pemasangan kapasitor bank ( $Q_c$ ) sebesar Rp. 60.060.000,00. Jika dengan diasumsikan ongkos kirim 3%, biaya pemasangan 10% , biaya pemeliharaan 10%, maka biaya total keseluruhan terkait kapasitor bank sebesar Rp. 73.873.000,00. Maka penghematan per tahun biaya pemakaian listrik dengan biaya total pemasangan kapasitor bank sebesar Rp. 154.110.500,00.

Diketahui dari perhitungan biaya penghematan pemakaian energi listrik per tahun dengan optimasi penghematan pemasangan kapasitor bank maka pada dasarnya pengembalian dana pemasangan kapasitor bank dapat terganti dengan biaya pemakaian listrik selama 4 bulan setelah terpasangnya kapasitor bank, dalam hal ini dapat dikatakan bahwa keuntungan biaya pemakaian listrik yang dapat dihemat dalam satu tahun setelah pemasangan kapasitor bank lebih besar dari biaya total pemasangan kapasitor bank yang dikeluarkan, sehingga hal tersebut dapat dikatakan layak untuk dilakukan pemasangan kapasitor bank.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan dan melakukan pensimulasian yang berguna untuk memperbaiki faktor daya maka dapat dilakukan pengambilan kesimpulan bahwa sistem kelistrikan pada gedung IDB *Laboratory* dapat mengalami peningkatan pada kualitas daya listrik dengan memasang kapasitor bank pada bus utama trafo (bus 03). Nilai kompensator daya reaktif yang dibutuhkan setelah

dilakukan perhitungan yaitu sebesar 528,980 kVAR. Dengan faktor daya semula sebesar 0,759 dapat diatasi hingga mengalami kenaikan faktor daya menjadi 0,97. Besarnya rugi-rugi daya pada sistem dapat berkurang dikarenakan arus pada sistem yang mengalir juga berkurang. Untuk efisiensi pemakaian listrik dapat dioptimalkan dengan pemakaian daya listrik pada sistem yang sebelumnya sebesar 863kVAR dan 1007 kW dapat berkurang hingga menjadi 232 kVAR dan 962 kW. Adanya pengurangan pemakaian pada daya reaktif (kVAR) tentunya mengakibatkan berkurangnya pemakaian daya total listrik (kVA) pada sistem.

Adanya penghematan yang diperoleh setelah dilakukan perbaikan faktor daya dan adanya pemasangan kapasitor bank mengakibatkan besar nilai kVARh total lebih kecil 62% dari pemakaian daya total (kVA), sehingga gedung IDB *Laboratory* tidak dikenakan biaya pemakaian daya reaktif. Diketahui dari perhitungan biaya penghematan pemakaian energi listrik untuk satu tahun sebesar Rp. 154.110.500,00, dengan dilakukannya optimasi penghematan pemasangan kapasitor bank maka pada dasarnya pengembalian dana pemasangan kapasitor bank dapat terganti dengan biaya pemakaian listrik selama 4 bulan. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa keuntungan biaya pemakaian listrik yang dapat dihemat dalam satu tahun setelah pemasangan kapasitor bank lebih besar dari biaya total pemasangan kapasitor bank yang dikeluarkan. Dan pada bulan-bulan selanjutnya dapat dilakukan penghematan sebesar Rp. 18.998.625,00 per bulan dengan asumsi kondisi beban stabil.

### Saran

Pada penelitian mendatang jika ingin membahas mengenai permasalahan yang hampir sama dengan penelitian sebelumnya, dapat diberikan saran mengenai pensimulasian agar lebih menggunakan data beban yang lebih spesifik dengan menambahkan kondisi sistem kelistrikan jika terdapat gangguan atau harmonisa (kondisi tidak stabil) dan juga disarankan dapat menggunakan software lain yang lebih terbaru agar lebih spesifik dalam pensimulasian dan pengerjaan penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bonggas L. Tobing. 2012. Buku “*Peralatan Tegangan Tinggi, edisi kedua* “.Penerbit Erlangga
- Dani, Ahmad dan Hasanuddin, Muhammad. 2018. “*Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus Stt Sinar Husni)*” STMIK Royal – AMIK Royal : Hal. 673 – 678.
- Darusman, marzuki. 2014. “*Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan Di Pt. Epi (Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak*”.J.Tek.Ling,Edisi Khusus :Hal. 36 - 43 2006.
- Handriyani, Sylvia. Soeprijanto, Adi dan Sjamsjul, anam. 2016 ”*Analisa Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Biaya Listrik Di Kud Tani Mulyo Lamongan*”
- Kumolo, Cahyo. 2016 ” *Analisis Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik Di Kso Pertamina Ep – Geo Cepu Indonesia Distrik 1 Kawangan Menggunakan Software Etap 12.6*”. Jurnal UMS Vol.16 (01).
- Kusnadi, A dan Damar Aji. 2016. ” *Kualitas Daya Pada Instalasi Listrik Dengan Beban Non Linier (Studi Kasus Di Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Jakarta )* “ Politeknologi Vol. 15 (2)
- M.Fahmi, Hakim. 2014. “*Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang*” Jurnal ELTEK, Vol 12 (01) : Hal 105-118.
- Setya, N. Ardhin dan Agung, Achmad, Imam. 2017. “*Effisiensi Energi Listrik Dalam Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra (UC) Apartemen Surabaya*”.Jurnal Teknik Elektro.Vol 6 (03) : Hal 193-202

