

# **PENINGKATAN FAKTOR DAYA DAN EFFESIENSI KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA KAPAL *BULK* *CARRIER 50.000 DWT (DEAD WEIGHT TON)* MENGUNAKAN FILTER PASIF**

**Wimpi Rizal Tamami<sup>1)</sup>, Istiyo Winarno<sup>2)</sup>, Daeng Rahmatullah<sup>3)</sup>**

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia Jl. Arif

Rahman Hakim, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111

e-mail: [rizalmitama17@gmail.com](mailto:rizalmitama17@gmail.com)

## ***ABSTRAK***

Sistem kelistrikan kapal Bulk Carrier 50.000 dwt (*dead weight ton*) memiliki faktor daya yang menurun akibat besarnya beban-beban yang bersifat induktif, sehingga membutuhkan kapasitor bank untuk peningkatan faktor daya. Filter pasif selain untuk memperbaiki kecacatan gelombang dapat juga meningkatkan faktor daya. Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi pemasangan manual step kapasitor dan filter pasif di setiap skema pembebanan. di hasil simulasi rata rata peningkatan faktor daya dari semua skema pembebanan adalah 10,15%. Pada tugas akhir ini perhitungan rata rata penghematan bahan bakar pada semua skema pembebanan dengan hasil Rp 1.338.246. dan pada skema beban penuh mendapatkan hasil penghematan Rp 2.213.640 per harinya dari Rp 35.297.496 menjadi Rp 33.083.856.

**Keywords:** Kapasitor bank , Faktor Daya , Kualitas Daya , Penghematan Energi Listrik , Filter Pasif

## **1. PENDAHULUAN**

Indonesia sebagai negara kepulauan dan memiliki wilayah perairan yang luas, untuk meningkatkan keamanan wilayah perairan indonesia maka membutuhkan peningkatan di sektor maritimnya, dengan meningkatkan standar keamanan pada kapal, salah satu yang terpenting adalah keamanan sistem kelistrikan kapal. Kebanyakan pemakaian listrik pada kapal menggunakan motor-

motor listrik sehingga dapat menyebabkan beban induktif yang besar pada generator kapal. Dengan besarnya beban induktif dapat membuat rendahnya faktor daya dan kurang optimalnya pemakaian daya pada peralatan listrik lain dan menyebabkan konsumsi bahan bakar pada kapal menjadi lebih meningkat. Salah satu cara meningkatkan efisiensi kelistrikan pada kapal yaitu dengan cara memperbaiki faktor daya ( $\cos \phi$ ). Menurut (Sugianto

dan Winarno, 2017) Kapal *Bulk Carrier* adalah kapal niaga yang dipergunakan untuk mengangkut muatan curah kering seperti beras, gandum, jagung, nikel, batu bara dan bijih-bijihan lainnya. Nilai KVAR pada Kapal *Bulk Carrier* akan berdampak pada penggunaan bahan bakar yang mana harus benar benar ditekan untuk meminimalkan penggunaan bahan bakar. Untuk memperbesar  $\cos \varphi$  atau faktor daya yang rendah cara yang tepat adalah memperkecil sudut  $\varphi$  phi. Dan yang dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR). Dengan komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif sehingga harus diminimalkan dan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor bank dan pemasangan filter pasif yaitu jenis filter LC. Kapasitor ini digunakan untuk mengurangi reaktif induktif yang disebabkan oleh beban motor listrik dan meningkatkan faktor daya atau  $\cos \varphi$ , kapasitor ini sering disebut kapasitor bank. Sedangkan penggunaan filter LC digunakan untuk memperbaiki kecacatan gelombang akibat harmonisa pada aliran listrik dan berdampak pada perbaikan faktor daya pada kapal *Bulk Carrier*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kapal Bulk Carrier

Kapal Bulk Carrier adalah kapal niaga yang dipergunakan untuk mengangkut muatan curah kering seperti beras, gandum, jagung, nikel, batu bara dan biji-bijian lainnya. (Sugianto dan Winarno, 2017)

### B. Konservasi Energi

Bahasa konservasi berarti pengawetan, perlindungan, pengawetan, atau pekekalan (Alimuddin, Herudin dan Mangantar, 2014). konservasi energi listrik yaitu penggunaan energi listrik dengan penghematan tinggi melalui cara – cara penurunan berbagai kehilangan (loss) energi listrik ke semua tahap pengelolaan, diawali dari pembangkitan ke pengiriman (transmisi), sampai dengan pemanfaatannya. Dengan kata lain artinya konservasi energi listrik yaitu penghematan pada energi listrik

### C. Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Electrical Power adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian (Weedy *et al.*, 2012). Sumber energi seperti tegangan listrik dapat menghasilkan daya listrik, dan

pada beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik yang dihasilkan. dengan tiga macam perbedaan yaitu daya reaktif, daya aktif dan daya semu dengan penjelasan persamaan sebagai berikut.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (2)$$

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

Keterangan:

P = Daya aktif (W).

Q = Daya Reaktif (VAR)

S = Daya semu (VA).

V = Tegangan (V)

I = Arus listrik (A).

$\cos \phi$  = Faktor daya

#### D. Pengaruh Kualitas Daya Listrik

Faktor daya adalah rasio daya aktif terhadap daya kompleks Faktor daya bernilai antara 0 (nol) sampai 1 (satu) (Alimuddin, Herudin dan Mangantar, 2014). Beban dengan faktor daya 0.9 lagging dapat menunjukkan bahwa beban secara efektif bisa menggunakan 90% persen dari daya kompleks (VA) yang disuplai dan bisa mengubahnya untuk melakukan suatu pekerjaan lainnya yang berguna (watt). Magnitude daya reaktif dapat meningkat seiring dengan faktor daya yang menurun. Daya reaktif dapat menyebabkan adanya energi yang terbuang dikarenakan daya reaktif tidak

dapat digunakan untuk bekerja sedangkan daya yang dibangkitkan pada pembangkit yaitu daya kompleks. Keadaan ini dapat meningkatkan rugi-rugi ke jaringan listrik dikarenakan peningkatan arus yang dikirimkan. Maka dari itu, efisiensi energi yang cukup signifikan bisa dilakukan dengan peningkatan faktor daya. Faktor daya pada sistem tenaga listrik bisa ditingkatkan yaitu dengan cara:

1. Pengurangan beban yang tidak efisien; motor yang bekerja dengan beban penuh secara signifikan dapat memiliki faktor daya yang lebih baik
2. Pemasangan kapasitor bank eksternal ke motor atau ke peralatan distribusi
3. Menggunakan motor hemat energi
4. Menggunakan motor sinkron daripada motor induksi
5. Peningkatan pada faktor daya bisa dilakukan dengan memasang kapasitor bank paralel pada sisi beban.

Perbaikan tersebut dapat dijelaskan pada gambar berikut:



**Gambar 1.** Upaya Peningkatan Faktor Daya dengan Pemasangan Kapasitor

**E. Filter Pasif**

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa (Rinas, 2011). Filter pasif sebagian besar didesain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Filter pasif sering digunakan untuk mengkompensasi kerugian pada daya reaktif yang diakibatkan oleh harmonisa pada sistem instalasi listrik.

**F. Filter LC**

Salah satu metode untuk mengurangi besarnya harmonisa yaitu dengan memasang sebuah filter L-C yang bersifat passif (Passive filter) (Marzuki dan Ramli, 2019). Jenis filter ini secara ekonomis lebih menguntungkan untuk menekan adanya harmonisa. Pemasangan LPF tentu melibatkan 2 komponen utama yaitu sebuah Induktor (L) dan Kapasior (C).

Penggunaan filter pasif jenis single tuned filter. Filter ini selain dapat mereduksi harmonik, dapat juga memperbaiki faktor daya karena terdapat kaapasitor. Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, single tuned filter merupakan filter yang terdiri dari komponen induktor dan kapasitor yang di susun secara seri dan di pasang secara paralel pada beban. (Totok Harianto, 2018)

Perencanaan desain filter pasif:

1. Menentukan kebutuhan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya, dengan memasukkan nilai dari pengukuran. Di asumsikan bahwa faktor daya di perbaiki menjadi 0,95. Untuk menghitung kapasitas kapasitor ( $Q_c$ ) yang di butuhkan di hitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_c = (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \tag{4}$$

2. Dalam proses identifikasi sebelumnya telah di tentukan nilai orde harmonic yang akan di filter yaitu pada orde 3 dan penyetelan di turunkan sedikit dibawahnya, hal ini dilakukan sebagai toleransi komponen filter filter untuk mencegah resonansi yang terjadi pada sistem, sehingga diketahui sebagai berikut

$$3 - (5\% \times 3) = 2,853 \tag{5}$$

Perhitungan nilai kapasitor (C) :

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \tag{6}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f \cdot x_c} \tag{7}$$



Dengan :

QC = besarnya kompensasi daya reaktif yang diperlukan

V = tegangan sistem yang di gunakan (220v)

F = frekuensi fundamental (50Hz)

4. Menentukan nilai induktor yang dicari berdasarkan prinsip resonansi pada orde tuningnya.

$$Xl = \frac{Xc}{n^2} \quad (8)$$

$$L = \frac{Xl}{2\pi f} \quad (9)$$

Dengan n = orde harmonik yang di tuning

5. Menghitung nilai resistansi (R) untuk faktor kualitas yang di perlukan (Q) nilai Q yaitu 50.

$$R = \frac{Xn}{Q} \quad (10)$$

$$Xn = \sqrt{Xl Xc} \quad (11)$$

Xn = Karakteristik Reaktansi

### G. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk peningkatan power faktor (pf) (Almanda dan Majid, 2019), yang terdiri dari rangkaian-rangkaian kapasitor yang dirangkai ke dalam suatu panel yang disebut panel kapasitor bank, yang disusun seri atau paralel dalam suatu grup dengan lapisan logam. Dalam kapasitor bank terdapat resistor yang berfungsi sebagai alat internal untuk membuang sisa tegangan. Biasanya kapasitor bank disusun dalam

variasi rating tegangan sekitar 240 V – 24940 V dan dalam rating kapasitas sekitar 2,5 – 1000 kVAr.

Sebelum pemasangan kapasitor bank, perlu dilakukan perhitungan kapasitas kapasitor bank yang akan dipasang. Bertujuan agar sistem tidak mengalami kompensasi yang berlebih (*over compensating*) (Mardiana, 2007)

$$Q_{cap} = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (12)$$

Q<sub>cap</sub> adalah kapasitas kapasitor (kVAR), P adalah daya nyata awal (kW)

φ<sub>1</sub> = kondisi awal, dan φ<sub>2</sub> = target yang diinginkan.

### H. Sistem Bahan Bakar

Pada mesin diesel, bahan bakar yang digunakan adalah solar (Alimuddin, Herudin dan Mangantar, 2014). Untuk bahan bakar ini membutuhkan tanki sebagai tempat penyimpanan bahan bakar. Merencanakan tanki penyimpanan harus memperhitungkan pemakaian bahan bakar dan untuk berapa lama bahan bakar disediakan.

$$V_{th} = \text{Specific Fuels Comsution (SFC)} \times P \times T \quad (13)$$

Keterangan:

V<sub>th</sub> = volume tanki penyimpanan bahan bakar (liter)

SFC = konsumsi spesifik bahan bakar (l/KWH)

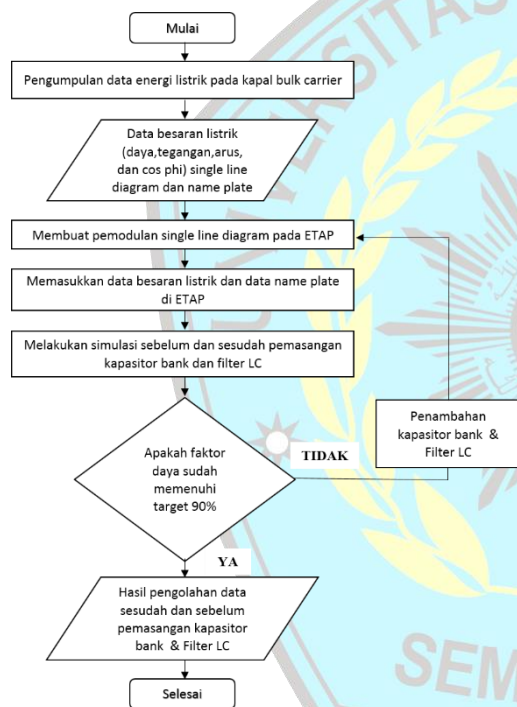
T = disediakan untuk berapa lama bahan bakar (liter)

P = daya listrik (KWH)

### 3. METODE PENELITIAN

#### A. Proses Penelitian

Disini menjelaskan mengenai Langkah-langkah Penelitian dan perancangan sistem serta skema pemasangan Kapasitor Bank dan Filter Pasif untuk memperbaiki faktor daya dan efisiensi konsumsi energi listrik pada kapal *Bulk carrier* 50.000 DWT.



Gambar 2. FlowChart Proses Penelitian

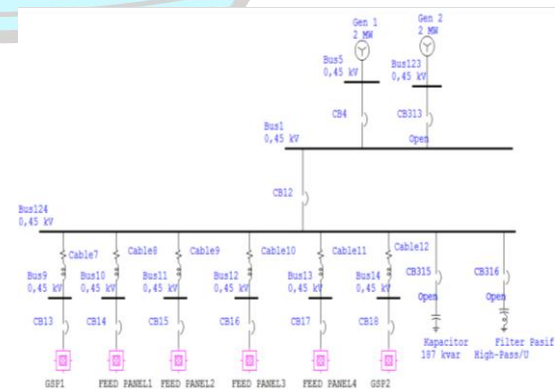
Berikut perincian dari proses penelitian diatas:

1. Mempersiapkan single line diagram, sistem distribusi kelistrikan kapal *Bulk Carrier*
2. Mengumpulkan data komponen sistem yang dibutuhkan oleh perangkat lunak (*software*) dalam

hal ini ETAP Power Station. Berupa data mentah yang biasa digunakan untuk analisis pemasangan kapasitor bank dan Filter LC.

3. Mengumpulkan data tegangan dan beban sistem kelistrikan kapal Bulk Carrier sebagai dasar dalam melakukan pemodelan dan simulasi dengan software ETAP.
4. Memasukkan data yang diperlukan ETAP Power Station.
4. Melakukan analisis pemasangan kapasitor dan Filter LC dengan simulasi di ETAP
5. Periksa hasil dan bandingkan berapa nilai faktor daya, daya nyata, daya reaktif dan daya semu ketika sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank apakah terjadi perbaikan pada sistem.
6. Setelah terjadi perbaikan sistem dari simulasi maka hitung penghematan yang didapat setelah perbaikan.

#### B. Single Line Diagram



Gambar 3. di atas menunjukkan wiring diagram *main switch board* utama pada

kapal *Bulk carrier* 50.000 DWT secara umum, yaitu terdiri dari GSP1, GSP 2, FEED PANEL 1, FEED PANEL 2, FEED PANEL 3, dan FEED PANEL 4. Berikut ini adalah wiring diagram secara lengkap pada *main switch board* kapal *bulk carrier* 50.000 DWT. Pemodelan dilakukan dengan cara membuat single line diagram pada software electric transient analysis program 12.6.0 (ETAP).

**C.Perhitungan Desain Kapacitor Bank**

Perhitungan Desain Kapacitor Bank menggunakan microsoft excel dengan sudah dimasukkannya rumus perhitungan kapasitor bank terlihat pada table 3.1 lalu hanya perlu memasukkan nilai daya semu (S), faktor daya awal dan faktor daya yang diinginkan lalu otomatis terisi berapa kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan.

**Tabel.1** Hasil Perhitungan kapacitor bank menggunakan microsoft excel pada MSB bus utama (bus1) skema 1 beban penuh.

	DATA	
S	997	kVA
Cosp	0,88	
P	877,36	kW
Cosp`	0,95	
	CALCULATION	
Q1	473,5	kVAr
S2	923,5	kVAr
Q2	228,4	kVAr
QC	185	kVAr

- S : Daya Semu
- Cosp : Faktor daya awal
- P : Daya Nyata
- Cosp` : Faktor daya yang diinginkan
- Q1 : Faktor Daya awal
- S2 : Daya Semu yang diinginkan
- Q2 : Faktor Daya Akhir
- QC : Besar kapasitor yang dibutuhkan

Terlihat pada tabel 1 Perhitungan kapacitor bank menggunakan microsoft excel pada *main switch board* bus utama (bus1) skema 1 beban penuh.

Rincian tabel.1 perhitungan kapacitor bank menggunakan microsoft excel pada bus utama skema beban penuh:

$$\begin{aligned}
 S &= 997 \text{ kVA} \\
 \text{Cos}\pi &= 0.88 \\
 P &= 877,36 \text{ kW} \\
 \text{Cos}\pi' &= 0,95 \\
 Q1 &= \sqrt{S^2 - P^2} \tag{14}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q1 &= \sqrt{794^2 - 698,72^2} \\
 Q1 &= 473,5 \text{ kVAr} \\
 S2 &= P / \text{Cos}\pi' \tag{15}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S2 &= 698,72 / 0,95 \\
 S2 &= 923,5 \text{ kVA} \\
 Q2 &= \sqrt{S2^2 - P^2} \tag{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q2 &= \sqrt{923,5^2 - 877,36^2} \\
 Q2 &= 288,4 \text{ kVAr} \\
 QC &= Q1 - Q2 \tag{17}
 \end{aligned}$$



$$QC = 473,5 - 288,4$$

$$QC = 185 \text{ kVAr}$$

Dengan memasukkan Total S (daya semu), faktor daya awal dan faktor daya yang diinginkan pada microsoft excel dengan nilai daya semu 997 kVA, faktor daya awal dengan nilai 0,88 dan faktor daya yang diinginkan dengan nilai 0,95 dapat diketahui hasil perhitungan kapasitas kapacitor yang dibutuhkan pada MSB bus utama (bus 1) pada skema 1 beban penuh yaitu senilai 185 kVAr. Metode perhitungan menggunakan microsoft excel ini terbukti akurat seperti perhitungan manual diatas dan dengan menggunakan microsoft excel perhitungan dapat dislesaikan lebih cepat daripada hitungan manual.

#### D. Perhitungan Desain Filter Pasif Single Tuned (LC)

Filter pasif *Single Tuned* (LC) dimana dia hanya mengeliminasi satu orde harmonic saja. Selain dapat mereduksi harmonisa filter pasif jenis *single tuned filter* dapat juga untuk memperbaiki faktor daya karena adanya kapacitor. Filter pasif single tuned yaitu filter yang terdiri dari dari 2 komponen yaitu induktor dan kapacitor yang disusun secara seri dan di tempatkan paralel pada beban. Parameter parameter yang digunakan dalam mendesain filter pasif single tuned adalah:

1. Nilai daya aktif (P) : 877 kW
2. Nilai daya semu (S) : 997 kVa
3. Nilai Tegangan nominal (V) : 400 V
4. Faktor daya awal : 0,88
5. Faktor daya yang diinginkan : 0,95

#### Desain Filter Pasif *Single Tuned* (LC)

1. Langkah awal adalah menentukan nilai faktor daya (PF) . dari pengukuran faktor daya awal yang di dapat adalah sebesar 0,88, dan faktor daya akhir adalah 0,95

$$\text{Faktor Daya Awal} : 0,88 = 28,36^\circ$$

$$\text{Faktor Daya Akhir} : 0,95 = 18,19^\circ$$

2. Langkah kedua adalah menentukan daya reaktif (Persamaan 11).

$$\begin{aligned} QC &= 877 (\text{Tan}\phi_{\text{awal}} - \text{Tan}\phi_{\text{akhir}}) \\ &= 877 (0,54 - 0,33) \\ &= 877000 (0,21) \\ &= 184.170 \text{ VAR} \\ &= 184 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

3. Langkah ketiga adalah menentukan frekuensi yang akan dituning, untuk faktor keamanan filter di tuning 5% dibawah orde aslinya, pada skripsi ini orde ke 3 yang akan di reduksi.

$$= 3 - (5\% \times 3) = 2,85$$

4. Langkah keempat menentukan nilai kapacitor (Persamaan 6,7)

$$X_c = \frac{V^2}{QC} = \frac{400^2}{184} = 0,9 \text{ oh}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,9} = 368,4 \text{ uf}$$



5. Langkah kelima adalah menentukan nilai induktor (Persamaan 8,9)

$$XL = \frac{Xc}{N^2} = \frac{0,9}{2,85^2} = 0,160 \text{ ohm}$$

$$L = \frac{XL}{2\pi f} = \frac{0,160}{2.3.14.50} = 0,34 \text{ mh}$$

Didapat nilai nilai perhitungan komponen untuk perancangan filter pasif pada tabel berikut :

**Tabel.2** Hasil Perhitungan Filter Pasif *Single Tuned*

Spesifikasi	Nilai
L	0,34 mh
Xl	0,160
C	368,4 uf
Xc	10,9
Qvar	184 kVar
Rating Tegangan	0,45 kV

**E. Perhitungan Penghematan Bahan Bakar**

Skema 1 dalam kondisi beban penuh :

Daya awal sebelum kompensasi : 997 kVa (877 kW).

Daya akhir sesudah kompensasi : 935 kVa (822 kW).

P = Daya Nyata (P)

t = Waktu operasi kapal

cost = Harga bahan bakar (rupiah/liter)

menghitung banyak konsumsi bahan bakar (Persamaan 13)

SFC = Specific Fuel Consumption (l/kWh)

SFC = load (L/hr) / Daya beban kW

Konsumsi SFC = 392 L/hr / 1500

Konsumsi SFC = 0,26 L/kWh

Perhitungan biaya listrik sebelum kompensasi

Harga solar saat ini 6.450/liter

Daya terpakai : 877 kW

Lama pemakaian 24 jam

Biaya Pemakaian = SFC x P x t

Perhari / liter = 0,26 x 877 x 24 = 5.472 liter

Biaya = 5.472 x 6.450

Biaya pemakaian = Rp 35.297.496 perhari

Perhitungan biaya listrik sesudah kompensasi

Harga solar saat in 6.450/liter

Daya terpakai : 822 kW

Lama pemakaian 24 jam

Biaya Pemakaian = SFC x P x t

Perhari / liter = 0,26 x 822 x 24 = 5.129 liter

Biaya = 4.985 x 6.450

Biaya pemakaian = Rp 33.083.856 perhari.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan menjelaskan hasil dari peningkatan faktor daya menggunakan kapasitor bank dan filter pasif dan hasil penghematan bahan bakar

setelah dilakukan peningkatan faktor daya pada kapal *bulk carrier* 50.000 dwt.

**Skema 1** : Pembebanan Penuh

**Tabel 3.** Perbandingan faktor daya sebelum dan sesudah peningkatan faktor daya Pada Skema Pembebanan Penuh.

Pemasangan	kVa		Power Faktor	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Kapasitor Bank	997	926	88%	95,5%
Filter Pasif	997	991	88%	92,4%
Kapasitor bank & Filter Pasif	997	935	88%	97,8%

Skema 2 : terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan salah satu bus tersebut harus dalam kondisi off.

**Tabel 4.** Perbandingan faktor daya sebelum dan sesudah peningkatan faktor daya Pada Skema terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan salah satu bus tersebut harus dalam kondisi off.

Pemasangan	kVa		Power Faktor	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Kapasitor Bank	759	708	89,4%	96%
Filter Pasif	759	756	89,4%	94%
Kapasitor bank & Filter Pasif	759	720	89,4%	98,6%

Skema 3 : dua bus pada sistem kelistrikan *bulk carrier* mengalami gangguan short circuit yang

mengakibatkan dua bus tersebut harus kondisi off .

**Tabel 5.** Perbandingan faktor daya sebelum dan sesudah peningkatan faktor daya Pada Skema terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan 2 bus tersebut harus dalam kondisi off.

Pemasangan	kVa		Power Faktor	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Kapasitor Bank	634	587	87,8%	94,9%
Filter Pasif	634	629	87,8%	93,5%
Kapasitor bank & Filter Pasif	634	597	87,8%	98,5%

Skema 4 : tiga bus pada sistem kelistrikan *bulk carrier* mengalami gangguan short circuit yang mengakibatkan dua bus tersebut harus kondisi off .

**Tabel 6.** Perbandingan faktor daya sebelum dan sesudah peningkatan faktor daya Pada Skema terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan 3 bus tersebut harus dalam kondisi off.

Pemasangan	kVa		Power Faktor	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Kapasitor Bank	396	368	88,8%	95,5%
Filter Pasif	396	396	88,8%	96,7%
Kapasitor bank & Filter Pasif	396	384	88,8%	99,7%

Hasil Perbandingan sebelum dan sesudah kompensasi biaya bahan bakar pada skema pembebanan yang sebelumnya sudah dihitung sebelumnya

Skema 1 : Pembebanan Penuh

**Tabel 7.** Perbandingan sebelum dan sesudah kompensasi biaya bahan bakar pada skema 1

Waktu	Biaya Rupiah		Selisih
	Awal	Akhir	
Per-hari	35.297.496	33.083.856	2.213.640
Per-bulan	1.058.924.880	992.515.680	66.409.200
Per-tahun	12.707.098.560	11.910.188.160	796.910.400

Skema 2 : terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan salah satu bus tersebut harus dalam kondisi off. Diasumsikan gangguan terjadi selama 24 jam.

**Tabel 8.** Perbandingan sebelum dan sesudah kompensasi biaya bahan bakar pada skema 2

Waktu	Biaya Rupiah		Selisih
	Awal	Akhir	
Per-hari	26.885.664	25.476.984	1.408.680

Skema 3: terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan dua bus tersebut harus dalam kondisi off. Diasumsikan gangguan terjadi selama 24 jam.

**Tabel 9.** Perbandingan sebelum dan sesudah kompensasi biaya bahan bakar pada skema 3

Waktu	Biaya Rupiah		Selisih
	Awal	Akhir	
Per-hari	22.458.384	21.130.200	1.328.184

Skema 4 : Terdapat gangguan short circuit yang mengakibatkan tiga bus tersebut harus dalam kondisi off. Diasumsikan gangguan terjadi selama 24 jam.

**Tabel 10.** Perbandingan sebelum dan sesudah kompensasi biaya bahan bakar pada skema 4

Waktu	Biaya Rupiah		Selisih
	Awal	Akhir	
Per-hari	14.006.304	13.603.824	402.480

**Tabel 11.** Rata rata peningkatan pada faktor daya dan rata rata penghematan bahan bakar per hari pada setiap skema pembebanan

Skema	Rata rata penghematan bahan bakar	Rata rata peningkatan faktor daya
1	2.213.640	9,8%
2	1.408.680	9,2%
3	1.328.184	10,7%
4	402.480	10,9%
Hasil rata rata	1.338.246	10,15%



Dari perhitungan selisih pada tabel 11 dapat diketahui rata rata peningkatan faktor daya pada semua skema pembebanan adalah 10,15% , dan rata rata penghematan bahan bakar pada semua skema pembebanan adalah Rp 1.338.246.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisa peningkatan faktor daya dan efisiensi konsumsi energi listrik pada kapal bulk carrier 50.000 dwt (*dead weight ton*) menggunakan filter pasif diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan microsoft excel perhitungan kapasitor bank terbukti lebih cepat dan akurat seperti perhitungan manual, karena didalam excel tersebut sudah masuk rumus rumus perhitungan kapasitor bank yang dimana kita hanya perlu memasukkan daya semu yang diketahui lalu sudah dapat diketahui berapa step manual kapasitas kapasitor bank yang diperlukan pada setiap skema skema pembebanan.
2. Dan telah dilakukan perhitungan rata rata pada peningkatan faktor daya pada semua skema pembebanan yang di dapat dengan hasil rata rata 10,15%. Dan juga telah dilakukan perhitungan rata rata penghematan

bahan bakar per hari pada semua skema dengan hasil rata rata Rp 1.338.246.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiyansa, S. and Haryudo, S. I. (2018) 'Studi Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik pada Kapal Tug Boat Sei Deli DI PT. DOK dan Perkapalan Surabaya', pp. 219–223.
- AIDahmi, M., Al Ahmad, O. and Ahmad, E. (2019) 'Assessment of Al Ain Distribution Network Capacitor Banks and Power Factor Enhancement Study', *2019 IEEE 2nd International Conference on Power and Energy Applications, ICPEA 2019*, pp. 159–162. doi: 10.1109/ICPEA.2019.8818495.
- Alimuddin, Herudin and Mangantar, D. (2014) 'Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Kapal Motor Penumpang Nusa Mulia', 3(1), pp. 54–60.
- Almanda, D. and Majid, N. (2019) 'Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor', *RESISTOR (elektRonika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, 2(1), p. 7. doi: 10.24853/resistor.2.1.7-14.
- Avdeyev, B. A. and Vyngra, A. V. (2017) 'INCREASE OF OPERATING

- EFFICIENCY OF SHIP ELECTRICAL GENERATING PLANT WITH SHAFT GENERATOR’, *Интеллектуальные энергосистемы: труды V Международного молодёжного форума, 9-13 октября 2017 г., 2. Томск. Т. 1.—Томск, 2017., 7(9), pp. 255–258.*
- Fuchs, E. F. and Masoum, M. A. S. (2011) *Power Quality in power Systems and Electrical Machines*. Academic Press.
- Harianto, T., Shalahuddin, Y. and Widining K., D. A. (2018) ‘Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink’, *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 7(1), p. 127. doi: 10.36055/setrum.v7i1.3416.
- Marzuki, A. and Ramli (2019) ‘Perancangan dan Penggunaan Low Pass Filter pada Beban Non Linier’, *Vokasi*, 14(1), pp. 9–15.
- Maslichah, K. (2016) ‘Hemat energi listrik studi kasus di badan diklat provinsi banten’, *Jurnal Lingkar WidyaSwara*, 3(1), pp. 47–52. Available at: [http://juliwi.com/published/E0301/Juliwi0301\\_47-52.pdf](http://juliwi.com/published/E0301/Juliwi0301_47-52.pdf).
- Melipurbowo, B. G. (2016) ‘PENGUKURAN DAYA LISTRIK REAL TIME DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ARUS ACS.712’, 12(1), pp. 17–23.
- Prasetijo, H. (2012) ‘Analisa Perancangan Filter Pasif Untuk Meredam Harmonik Pada Instalasi Beban Nonlinear’, *Techno*, 13(1), pp. 57–67.
- Rinas, I. W. (2011) ‘ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN FILTER PASIF DAN FILTER AKTIF UNTUK MENANGGULANGI THD PADA SISTEM KELISTRIKAN DI RUANG PUSKOM JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS UDAYANA’, 10(1).
- Setya, A. N. and Agung, A. I. (2017) ‘Efisiensi Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra ( UC ) Apartment Surabaya’, *Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya*, 06, pp. 193–202.
- Sugianto, E. and Winarno, A. (2017) ‘Computational Model Tahanan Kapal untuk Menentukan Kebutuhan Daya Kapal Bulk Carrier 8664 DWT’, 10(2), pp. 168–173.

Tona, G. La *et al.* (2019) 'Energy Management System for Efficiency Increase in Cruise Ship Microgrids', *IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 1, pp. 4056–4062.

Weedy, B. M. *et al.* (2012) *Electric power systems, Electric Renewable Energy Systems*. doi: 10.1016/B978-0-12-804448-3.00018-9.

