

Studi Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik pada Kapal *Tug Boat Sei Deli* DI PT. DOK dan Perkapalan Surabaya

Sri Adiyansa

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : sriadiyansa@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Studi analisis ini mengkaji tentang konsumsi energi listrik, penghematan energi listrik dan perubahan harmonisa di kapal *Tug Boat Sei Deli* di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. Analisis data dilakukan dengan cara pengumpulan data, dan perhitungan nilai kapasitor bank dan simulasi menggunakan program *software* ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*). Hasil dari penelitian efisiensi konsumsi energi listrik, dapat diketahui bahwa setelah dilakukan perbaikan faktor daya sistem dengan menggunakan kapasitor bank berukuran 2 x 90 kVar di bus A dan B, maka *power quality* sistem kelistrikan mengalami peningkatan. Faktor daya pada bus utama sistem kelistrikan mengalami kenaikan hingga 90% yang pada awalnya sebesar 67,09%. Besarnya rugi-rugi daya sistem dapat diturunkan dikarenakan arus total pada sistem berkurang. Pada kondisi beban puncak yang awalnya bernilai 292,7 kVAR berkurang menjadi 157,3 kVAR. Selain perbaikan faktor daya pada penelitian ini dapat dilihat perubahan gelombang harmonisa yang awalnya memiliki banyak gelombang ganggu. Kapal *tug boat sei deli* melakukan penghematan sebesar Rp 2.648.497,00 setiap harinya, sehingga memerlukan waktu selama 27 hari untuk bisa melakukan penghematan secara maksimal setelah melakukan pengembalian biaya pembelian kapasitor bank yang dibutuhkan. Dan berkurangnya gelombang harmonisa yang terjadi setelah dilakukan perbaikan faktor daya dengan asumsi beban yang digunakan adalah tetap.

Kata Kunci: Efisiensi konsumsi energi listrik, faktor daya, penghematan energi listrik, harmonisa

Abstract

Study analyzes about the consumption of electrical energy, electrical energy savings and changes in harmonics on board *Tug Boat Sei Deli* at PT. DOK dan Perkapalan Surabaya. Data analysis is done by data collection, and calculation of capacitor bank and simulation using ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) software program. Result of research of efficiency of electric energy consumption, it can be seen that after improvement of power factor of system by using capacitor bank measuring 2 x 90 kVar at bus A and B, hence power quality of electrical system has increased. The power factor on the main bus of the electrical system increased up to 90% which initially amounted to 67.09%. The amount of system power losses can be lowered because the total current on the system is reduced. At peak load conditions that initially valued at 292.7 kVAR decreased to 157.3 kVAR. In addition to the improvement of power factor in this study can be seen harmonic wave changes that initially have many disturbing waves. *Sei deli tug boat* sees savings of Rp 2,648,497.00 per day, so it takes 27 days to be able to make the maximum savings after making the cost of purchasing the required bank capacitor. And the reduced harmonic wave that occurs after the power factor is fixed with the assumption that the load used is fixed.

Keywords: Efficiency of electric energy consumption, power factor, electricity energy saving, harmonics

PENDAHULUAN

Kapal *Tug Boat* merupakan kapal penunjang kapal besar untuk berlabuh dipelabuhan. Kegunaan energi listrik pada kapal *tug boat* sendiri sebagai penggerak motor, penerangan, ventilasi dan peralatan listrik lainnya.

(Alimuddi, 2014) Pemakaian listrik yang ada pada kapal kebanyakan menggunakan motor-motor listrik hal ini menyebabkan besarnya beban induktif yang ditampung oleh generator kapal. Dengan adanya beban induktif yang cukup besar maka menimbulkan faktor daya yang rendah dan menyebabkan pemakaian daya yang kurang optimal pada peralatan listrik lain sehingga satu cara untuk meningkatkan efisiensi kelistrikan kapal dengancara memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$). Biaya KVAR pada kapal *Tug Boat* berdampak pada penggunaan bahan bakar yang mana harus benar-benar ditekan untuk meminimalkan penggunaan bahan bakar. Untuk memperbesar faktor daya atau $\cos \phi$ yang rendah hal yang

paling tepat ialah memerkcil sudut ϕ (ϕ). Dan yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan penghematan (mengefisiensikan) pemakaian energi listrik atau yang dikenal dengan istilah konservasi energi yang ada pada sistem kelistrikan kapal *Tug Boat*. Adapun yang harus diperhatikan pada sistem distribusi tenaga listrik kapal *tug boat* adalah gangguan, rugi-rugi daya dan efisiensi biaya.

KAJIAN PUSTAKA

a. Kapal *tug boat*

(Sumaryanto, 2013) Kapal *tug boat* adalah jenis kapal yang digunakan untuk membantu menarik (*mooring*) ataupun mendorong (*unmooring*) kapal lain. Baik kapal-kapal besar yang akan bersandar kepelabuhan maupun

berlayar. Sehingga dapat diketahui bahwa fungsi *tug boat* pada umumnya adalah menarik atau mendorong kapal-kapal yang berukuran besar yang kesulitan bersandar di dermaga.

b. Konsevasi Energi Listrik

(Gilbert, 2004) Konservasi energi listrik adalah penggunaan energi listrik secara efisiensi tinggi melalui langkah-langkah penurunan berbagai kehilangan (*loss*) energi listrik pada semua taraf pengelolah. Mulai dari pembangkitan pengiriman (transmisi), samapai dengan pemanfaatan. Sederhananya konservasi energi listrik adalah suatu upaya untuk penghematan energi listrik.

c. Daya Listrik

(Weedy, dkk. 2012) daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. dengan tiga macam perbedaan yaitu daya aktif, daya rakatif 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. Karakteristik Beban Listrik

(Weedy, dkk. (2012). Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC), dapat dibedakan menjadi 3 macam beban yaitu:

1) Beban Resistif (R)

Beban resistif (R) dihasilkan oleh alat-alat listrik yang bersifat murni tahanan (resistor) seperti pada elemen pemanas dan lampu pijar. Beban resistif ini memiliki sifat yang "pasif", dimana beban resistif tidak mampu memproduksi energi listrik, dan justru menjadi konsumen energi listrik.

2) Beban induktif (L)

Beban induktif (L) diciptakan oleh lilitan kawat (kumparan) yang terdapat di berbagai alat-alat listrik seperti motor, trafo, dan relay. Kumparan dibutuhkan oleh alat-alat listrik tersebut untuk menciptakan medan magnet sebagai komponen kerjanya..

3) Beban kapasitif (C)

Beban kapasitif (C) merupakan kebalikan dari beban induktif. Jika beban induktif menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik AC, maka beban kapasitif bersifat menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Sifat ini menunjukkan bahwa kapasitor bersifat seakan-akan menyimpan tegangan listrik sesaat.

e. Efisiensi

Menurut Fang Lin Lou, dkk. (2005) setiap energi listrik tidak mungkin terkirim sempurna pada pusat beban. Hal itu dikarenakan ada hilangnya beban yang disebabkan oleh beberapa hal baik itu dari penghantar ataupun dari beban itu sendiri proses tersebut merupakan sifat alami sehingga dikemukakan konsep efisiensi (daya guna). Untuk mengetahui nilai biaya yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Biaya pemakaian} = \text{SFC} \times P \times t \times \text{cost} \quad (4)$$

Keterangan:

SFC = *Specific Feul Consume* (liter/kWh)

P = Daya (watt)

t = Waktu Operasi Kapal (jam)

cost = harga bahan bakar (Rupiah/liter)

Adapun untuk menghitung rugi-rugi daya dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{kWh}_{\text{rugi}} = \%PF_{\text{rugi}} \cdot P \cdot t \quad (5)$$

$$\% PF_{\text{rugi}} = \left[1 - \left(\frac{\phi_{\text{awal}}}{\phi_{\text{perbaikan}}} \right)^2 \right] \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

t = Waktu (jam)

f. Kapasitor

Menurut Peter Riese (2012) kapasitor adalah komponen yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya keramik, gelas dan lain-lain.

1) Fungsi

(Peter Riese, 2012) kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar $\cos \phi$ dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan keluar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif.

2) Pemasangan

Ada tiga cara untuk melakukan pemasangan kapasitor bank yaitu dengan cara *Global Compensation*, *Group Compensation*, *Individual Compensation*

g. Generator

(Djiteng Marsudi 2005) Setiap pembangkit listrik besar dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapat tenaga listrik dengan arus bolak-balik tiga fasa. Energi mekanik yang digunakan memutar generator sinkron didapat dari mesin penggerak mula (*Primer mover*). Penggerak motor terdiri dari mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turin gas.

h. Harmonisa

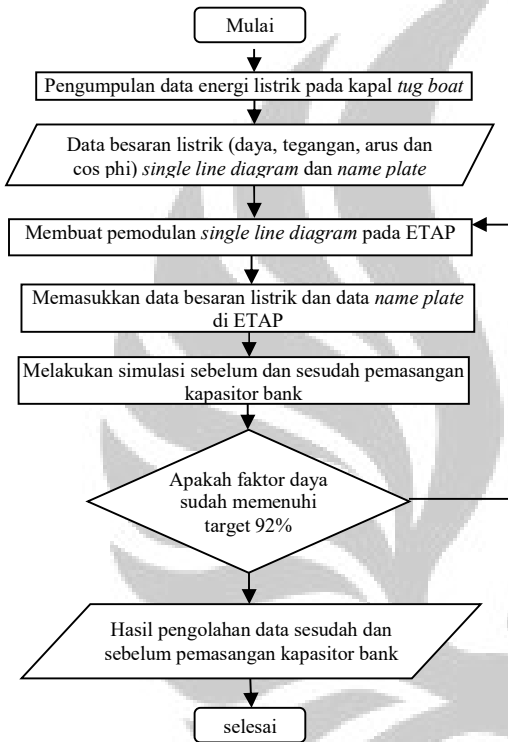
(Ewold F. Fuchs, dkk 2008) Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan yang disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya kemudian menumpang pada gelombang aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang

merupakan gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya.

i. *Electrical Transient Analysis Program (ETAP)*
(Lesnanto Multa, dkk. 2013) *Electrical Transient Analysis Program (ETAP)* adalah *software* untuk *power sistem* yang bekerja berdasarkan perencanaan *plant* atau *project*, yang mampu bekerja dalam keadaan *offline* dan *online*.

METODE

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 diagram alir penelitian (*flow chart*) berikut ini:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan berdasar pada saat kondisi kapal *tug boat* SEI DELI beroperasi sesuai dengan standart yang dikeluarkan oleh BKI. Pengukuran ini untuk mengetahui besarnya daya yang digunakan kapal *tug boat* Sei Deli.

Pada pengumpulan data telah diperoleh sistem kelistrikan kapal *tug boat* Sei Deli yang mana mendapatkan suplai daya listrik langsung dari *generator set* sebesar 2x150 kW dan 37 kW. Selain itu didapat juga data sistem kelistrikan kapal (*data book, name plate*), setelah mendapatkan data-data tersebut dapat melakukan penelitian, dan perbaikan sistem kelistrikan kapal *tug boat*. Setelah data *single line diagram* sistem kelistrikan dan nilai beban diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan penelitian. penelitian dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan sistem, aliran daya (kVA, kVAR, kW), faktor daya ($\cos \phi$), arus listrik (A), rugi-rugi daya, dan lain sebagainya.

a. Konsumsi energi listrik

Sebelum melakukan penelitian menggunakan *Capacitor Bank*, terlebih dahulu menghitung beban yang ada pada kapal *tug boat* Sei Deli sesuai dengan data yang diperoleh di PT. DOK dan Perkapalan Surabaya. Data beban dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Beban Kapal *tugboat* SEIDELI

No	Nama Peralatan	Jumlah	Daya (KW)	Total Daya (KW)
1	Main Air Compressor	2	11,00	22,00
2	Engine room ventilation fan	2	7,50	15,00
3	Bilge pump	1	7,50	7,50
4	Fuel oil transfer pump	1	3,00	3,00
5	Standby lub oil	2	15,00	30,00
6	Ballast and GS pump	1	7,50	7,50
7	Foam pump	1	1,10	1,10
8	Elect. Hyd. Power Pack	1	45,00	45,00
9	L.O heater	1	18,00	18,00
10	Ac plant	1	28,20	28,20
11	AC sw cooling pump	1	7,50	7,50
12	Hydrophore no. 1	2	2,20	4,40
13	SW. hydrophore no. 01	2	2,20	4,40
14	Hot plate stove	1	9,00	9,00
15	Washplace exhaust fan	1	0,55	0,55
16	Galley exhaust fan	1	0,55	0,55
17	Fire monitor panel	1	9,00	9,00
18	Sewage pump	1	0,75	0,75
19	Main engine stanby	1	11,00	11,00
20	Store exhaust fan	1	0,55	0,55
21	Oil bilge pump	1	0,40	0,40
22	Propeller RM Vent. Fan	2	0,55	1,10
23	L.O. purifier	1	2,00	2,00
24	F.O. purifier	1	5,00	5,00
25	Stand by cooling fan	1	7,50	7,50
26	Sewage treatment plant	1	0,50	0,50
27	Engine romm AC 220V	1	3,14	3,14
28	Wheel house	1	2,658	2,658
29	Mess lobby	1	5,395	5,395
30	DC 24V feeder	1	2,32	2,32
31	Oily level probe	1	0,40	0,40
32	Battery charger	2	2,00	4,00
Jumlah				264,8

b. Kondisi Sebelum Efisiensi Energi

Efisiensi energi listrik dapat dilakukan dengan memperbaiki sistem kelistrikan kapal *tugboat* SEIDEL guna melakukan penghematan dan meningkatkan *power quality* sistem. Tindakan efisiensi ini dapat dibedakan menjadi dua macam, yakni perbaikan tanpa biaya dan dengan biaya.

1) Perbaikan Tanpa Biaya

Perbaikan tanpa biaya ialah perlakuan manajemen energi listrik pada kapal *tug boat* SEI DELI tanpa menambahkan peralatan baru yang membutuhkan biaya pengeluaran. Seperti, pengolahan pemakaian beban yang ada di gedung, baik beban penerangan maupun beban daya.

2) Perbaiki dengan Biaya

Untuk melakukan perbaikan dengan biaya kita harus memahami kekurangan atau faktor yang menyebabkan faktor daya rendah baik itu dikarenakan beban yang memiliki nilai kapasitansi yang tinggi atau dilihat dari umur peralatan itu sendiri. Setelah diketahui penyebabnya maka dapat dilakukan perbaikan daya dalam baik itu penambahan *Capacitor Bank* untuk rendahnya faktor daya, perawatan atau penggantian peralatan yang menyebabkan rendahnya kapasitor daya.

Pembahasan

Berdasarkan analisis efisiensi energi listrik yang di tinjau pada bab dua menunjukkan bahwa tingkat kualitas daya sistem kelistrikan masih rendah. Maka, untuk memperbaiki kualitas daya listrik sistem, perlu berupa kapasitor bank. Sebelum pemasangan kapasitor bank, perlu dilakukan perhitungan kapasitas kapasitor bank yang akan dipasang. Tujuannya adalah agar sistem tidak mengalami kompensasi berlebihan (*over compensating*). Kemudian, untuk perhitungan daya reaktif yang diberikan oleh kapasitor sesuai dengan formulasi 5 (Mardiana, 2007)

$$Q_{cap} = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- Q_{cap} = Kapasitas Kapasitor
- P = daya aktif total beban

Dengan menyesuaikan nilai beban dan *single line diagram* dari kapal *tugboat* SEIDELI dan perhitungan kapasitor *bank*. Setelah kapasitor bank terpasang pada bus A dan bus B, sehingga faktor daya yang masuk pada bus ABC (utama) akan mengalami perbaikan sehingga kinerja generator akan menjadi lebih efisien. Cara pemasangan kapasitor *bank* menggunakan metode *Group Compensation* dan dilakukan pada bus yang memiliki faktor daya yang cukup besar yaitu pada bus A dan bus B pada sistem kelistrikan kapal *tugboat* SEIDELI, hal ini dilakukan agar tindakan efisiensi yang dilakukan bisa menurunkan nilai faktor daya yang ditimbulkan oleh masing-masing bus.

Maka dari hasil simulasi diperoleh yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Ringkasan Pembangkitan, Pembebanan dan Faktor Daya Total Setelah Perbaikan Faktor Daya

	kW	kVar	kVa	% PF
Source (swing buses)	264,8	112,7	287,8	92,01
Source (non-swing buses)	0	0	0	
Total demand	264,8	112,7	287,8	92,01
Total motor load	207,5	234,6	312,2	66,25
Total static load	50,9	57,4	132,8	38,31
Total constant load	0	0	0	
Total generic load	0	0	0	
Apparance losses	6,4	0,7		
System mismatch	0	0,2		

a. Efisiensi biaya

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan untuk pemasangan

peralatan baru (kapasitor bank), sehingga akan diketahui juga keuntungan dan penghematan yang diperoleh, serta waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal pemasangan peralatan baru.

Nilai ekonomi didapat dari penggunaan daya total maka total beban daya yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penggunaan Daya Total Kapal *Tugboat* SEIDELI Berdasar *single line* Distribusi

Lokasi Distribusi	Tegangan (Volt)	Daya (kVA)	Daya (kW)	Daya (kVar)
Bus A	380	240,8	110,06	214,171
Bus B	380	131,6	40,45	125,229
Bus C	220	22,9	3,98	22,55
Bus ABC	380	394,7	264,8	292,7

Sehingga biaya energi listrik diasumsikan dengan biaya energi bahan bakar kapal *tugboat* SEIDELI. Adapun biaya energi bahan bakar ini disesuaikan menggunakan data *sheet* generator, harga bahan bakar tahun 2017 dan waktu kapal beroperasi bisa diketahui banyaknya jumlah dan biaya bahan bakar setiap jam yang dikonsumsi saat beroperasi sebelum perbaikan faktor daya selama 10 jam (waktu operasi), maka dapat menggunakan rumus 4.

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian} &= \text{SFC} \times P \times t \times \text{cost} \\ &= 0,28 \times 264,8 \times 10 \times 5.150 \\ &= \text{Rp. } 3.818.416 \end{aligned}$$

Keterangan:

- SFC = 11,2g/h(150kw)
- = 0,28 liter/kWh
- cost = Rp 5.150 /liter
- P = 264,8 kW
- t = 10 jam

Setelah mengetahui besarnya total daya yang terpakai pada saat sistem kelistrikan sebelum dipasang kapasitor bank dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui perbedaan atau selisih biaya setelah perbaikan faktor daya dalam hal ini pemasangan kapasitor bank maka persentase kerugian pada sistem kelistrikan pada kapal *tugboat* SEIDELI pada BUS ABC (utama) dapat diketahui dengan perhitungan menggunakan formula 5 dan 6

$$\begin{aligned} \text{kWh}_{\text{rugi}} &= \%PF_{\text{rugi}} \cdot P \cdot t \\ \%PF_{\text{rugi}} - \text{rugi} &= \left[1 - \left(\frac{0,67}{0,90} \right)^2 \right] \times 100\% \\ &= 44,5\% \\ &= 44,5\% \times 264,8 \times 10 \\ &= 1.179,36 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Maka Untuk konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Biaya Energi Sebelum dan sesudah Perbaikan Faktor Daya

Waktu	Energi (kWh)	Bahan bakar (liter)	Biaya (rupiah)
Sebelum Perbaikan Faktor Daya			
Per-hari	2.648	741,44	3.818.416
Per-bulan	79.440	22.243,2	114.552.480
Per-tahun	953.280	266.918,4	1.374.629.760

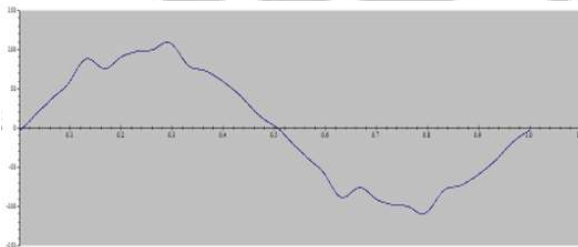
Waktu	Energi (kWh)	Bahan bakar (liter)	Biaya (rupiah)
Setelah Perbaikan Faktor Daya			
Per-hari	1.178,36	329.94	1.169.919
Per-bulan	35.350,8	9.898,2	35.097.570
Per-tahun	424.209,6	118.778,4	421.170.840

b. Harmonisa

Selain faktor daya yang timbul akibat beban yang ada. Pada rangkaian kelistrikan kapal *tugboat* SEIDELI juga diketahui harmonisa yang timbul karenanya dimana ada perubahan saat sebelum dipasang kapasitor *bank* dan setelah dipasang kapasitor *bank*. Sama halnya untuk mengetahui pengaruh faktor daya.

1. Sebelum Pemasangan *Kapasitor Bank*

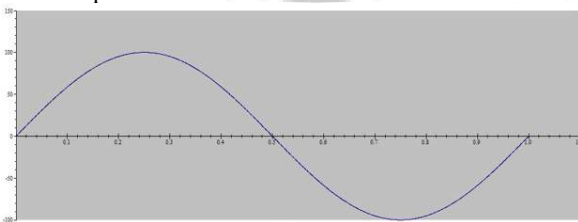
Hasil simulasi sistem kelistrikan di ETAP 12.6.0 sebelum pemasangan *kapasitor bank* dapat diketahui data grafik gelombang harmonisa sebelum melakukan perbaikan faktor daya atau pemasanga *kapasitor bank*. Hasil simulasi gelombang pada setiap bus dan transformator dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Gelombang Harmonisa pada bus utama sebelum perbaikan

2. Setelah Pemasangan *Kapasitor Bank*

Perubahan setelah melakukan simulasi menggunakan kapasitor *bank* dapat diketahui perubahan serta perbedaan sebelum menggunakan *kapasitor bank*. Perbaikan faktor daya dengan kapasitor dapat menimbulkan perubahan resonansi ketika adanya harmonik pada sistem kelistrikan. Sehingga gelombang harmonisa yang telah diperbaiki faktor dayanya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Gelombang Harmonisa pada bus utama setelah perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan faktor daya pada kelistrikan kapal *tugboat* SEIDELI, maka sistem kelistrikan mengalami peningkatan, yaitu: Faktor daya 0,90%, besarnya rerugi daya sistem dapat diturunkan dikarenakan arus total pada sistem berkurang dengan beban puncak 112,7 kVAR dengan biaya Rp. 1.169.919,00

Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan ada beberapa saran yang disampaikan oleh penulis. Penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam perancangan kelistrikan yang efisien untuk kapal *tug boat*. Seharusnya untuk menghemat konsumsi bahan bakar kapal *tug boat* dapat menggunakan kapasitor *bank*.

DAFTAR PUSTAKA

Alimuiddin, Herudin, David Mangantar. 2014. "Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Kapal Motor Penumpang Nusa Mulia". *Jurnal SETRUM*. Vol : 03. Hal : 54-60. ISSN : 2301-4652.

Fuchs, Ewold F. dan Mohammad A. S. Masoum. 2008. *Power Quality in Power System and Electrical Machines*. Elsevier (USA). All rights reserved.

Lin Lou, Fang, dkk. 2005. *Digital Power Electronics and Applications*. Elsevier (USA). All rights reserved

Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga

Masters. Gilbert M. 2004. *Renewable and Efficient Electric Power And System*. Ney Jersey. All Right Reserved.

Multa, Lesnanto dan Restu Prima Aridani. 2013. *Modul Pelatihan ETAP*. Yogyakarta. UGM.

Reise, Peter. 2012. *Manual of Power Factor Correction*. Teningen. Frako.

Sumaryanto. 2013. *Konsep Dasar Kapal*. Jakarta. Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Ulfa, Mardiana. 2007. *Studi Manajemen Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Bedah Terpadu (GBPT) RSUD Soetomo Surabaya*.

Weedy. B.M., B.J. Cory, N. Jenkins, J.B. Ekanayake, G. Strbac. 2012. *Electric Power System*. British – Inggris, John Wiley & Sons Ltd.

PENUTUP

Simpulan

Kondisi pemakaian energi listrik dan bahan bakar pada sistem kelistrikan kapal *tugboat* SEIDELI sebelum perbaikan faktor daya yaitu: Pemakaian energi listrik konsumsi energi listrik sebesar 292,7 kVAR, faktor daya sebesar 0,67% biaya bahan bakar perhari 741,44 liter dengan biaya Rp 3.818.416,00.