

Pengaruh Ekspansi Gross Tonage (GT) Pada KL. BP2IP Barombong dalam Analisa Beban Kelistrikan

Ikbal¹, Haryanti Rivai^{1,*}, Andi Husni Sitepu¹, Rahimuddin¹, Muhammad Rusydi Alwi¹, Zulkifli¹, Balqis Shintarahayu¹

¹Department of Marine Engineering System of Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

*Email: anthie_rivai@yahoo.com

Abstrak

Perencanaan dan analisis sistem kelistrikan perlu dilakukan secara berkala untuk melakukan evaluasi terhadap perubahan yang terjadi dari sistem yang sedang berjalan. Ketika perubahan konstruksi ataupun volume dari kapal itu bertambah maka analisa beban kelistrikan perlu diperhatikan pula, utamanya pada saat variasi beban dilakukan. Kapal Latih BP2IP Barombong atau biasa disebut KL BP2IP Barombong merupakan kapal yang digunakan para taruna BP2IP Barombong untuk berlatih. Kapal Latih BP2IP Barombong atau biasa disebut KL BP2IP Barombong merupakan kapal yang digunakan para taruna BP2IP Barombong untuk berlatih. Volume Kapal Latih Barombong diperbesar dari ukuran 418GT menjadi ≥ 500 GT. Tujuan dari penelitian ini merencanakan nilai kebutuhan daya generator KL BP2IP setelah ekspansi GT, dengan menggunakan metode perhitungan electrical balance berdasarkan load factor pada tiap existing peralatan di atas kapal. Kemudian menganalisa beban generator menggunakan software ETAP (Electric Transient and Analysis Program). Berdasarkan hasil simulasi ETAP maka kebutuhan daya generator setelah ekspansi GT adalah: Kondisi Berlayar 96,6 kW, Manuver 74,29 kW, Bersandar 42,55 kW, dan Emergency 8,76 kW. Sehingga daya generator yang dipilih yaitu 2 generator masing-masing dengan spesifikasi 50 kW. Hasil analisis dapat diketahui bahwa: Bertambahnya panjang pipa pada sistem perpipaan akan mengakibatkan kenaikan kebutuhan daya pompa yang diakibatkan oleh kenaikan nilai kehilangan longitudinal pada pipa lurus oleh gesekan sepanjang pipa dalam menentukan H (head pompa) serta komponen pengkondisian udara merupakan item yang paling banyak membutuhkan daya listrik dalam operasinya. Adanya daya reaktif (kVAr) sangatlah mempengaruhi daya aktif (kW) yang bekerja pada suatu peralatan, semakin besar daya reaktif suatu peralatan maka semakin besar pula daya generator yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan tersebut.

Kata Kunci: Kapal Latih, Ekspansi Gross Tonnage, Beban Kelistrikan, BP2IP Barombong

1. Pendahuluan

Kapal Latih (KL) BP2IP Barombong merupakan kapal latihan praktek laut para taruna BP2IP Barombong Makassar. Kapal ini telah mengalami perubahan ukuran utama setelah dilakukan penambahan panjang badan kapal. Panjang KL. BP2IP Barombong awalnya hanyalah 37 m, kemudian dilakukan penambahan panjang pada badan kapal. Panjang KL. BP2IP Barombong awalnya hanyalah 37 m, kemudian dilakukan penambahan panjang pada badan kapal tersebut menjadi 45,1m. Kapal Latih Barombong dengan ukuran 418 GT diperbesar menjadi ≥ 500 GT. Untuk merubah ukuran tersebut, bagian kapal yang memungkinkan untuk ditambahkan volume ruang menjadi ≥ 500 GT berada pada bagian tengah kapal atau parallel middle body. Selanjutnya, penambahan volume ruang tersebut berkonsekuensi

pada penambahan panjang kapal keseluruhan (LOA). Penambahan panjang terdiri dari bagian lambung kapal sekitar 8.5 meter dan bagian bangunan atas 7 meter. Penambahan panjang tersebut akan menambah volume ruangan. Penambahan volume ruang terdiri 325.5 m³ dan bangunan atas 93.22 m³, sehingga jumlah keseluruhan penambahan volume ruangan yakni 418.74 m³.

Tentu dengan adanya penambahan panjang badan kapal maka kebutuhan komponen di atas kapal yang membutuhkan listrik akan bertambah pula, sehingga mempengaruhi kebutuhan daya listrik pada kapal tersebut. Daya listrik merupakan hal yang sangat vital pada operasi kapal untuk keselamatan dan kenyamanan terhadap penumpang dan crew. Kontinuitas pelayaran salah satunya tergantung pada perencanaan pembebanan yang tepat dan efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya [1]–[3] telah menghitung analisa beban kelistrikan di kapal dalam beberapa kondisi dikapal namun dilakukan dalam perhitungan manual sehingga diharapkan dalam penelitian ini simulasi dalam penggambaran line diagram dengan menggunakan software Electric Transient and Analysis Program (ETAP) sehingga terlihat perbedaan adanya daya reaktif (kVAr) yang bekerja pada rangkaian yang sangat membantu dalam perencanaan kapasitas generator yang sesuai standar keselamatan dan efisien yang berasal dari perencanaan kebutuhan daya listrik setelah ekspansi GT dalam berbagai kondisi operasional, termasuk kondisi emergency saat kapal berlayar.

2. Sistem Listrik pada Kapal

2.1. Generator Listrik Kapal

Dua komponen utama alternator adalah stator, yang merupakan bagian statis, rotor yang merupakan bagian yang berputar di dalam stator. Stator terdiri dari sejumlah besar kumparan yang saling berhubungan dalam pola tetap dan ujungnya diakhiri dalam kotak. Rotor akan memiliki kutub magnet yang bila diputar di dalam stator akan menginduksi tegangan pada kumparan stator. Ketika tiga set belitan stator dipasang dengan offset sepertiga, hasilnya adalah arus AC tiga fasa. Medan magnet rotor dapat dihasilkan dalam beberapa cara dengan induksi (pada alternator tanpa sikat), dengan magnet permanen (pada mesin yang sangat kecil), dengan belitan rotor yang dialiri arus searah melalui slip ring dan sikat. Alternator di kapal biasanya dari tipe brushless. Frekuensi yang dihasilkan oleh sebuah alternator tergantung pada jumlah kutub dan kecepatan putarannya. Kecepatan yang sesuai dengan frekuensi tertentu disebut kecepatan sinkron untuk frekuensi itu. Frekuensi pada kapal biasanya adalah 50 Hz atau 60 Hz dan untuk memberikan gambaran di bawah ini adalah beberapa kombinasi dari jumlah kutub rotor dan kecepatan yang diperlukan untuk mendapatkan frekuensi tersebut dari alternator [4].

Generator adalah alat bantu kapal yang berguna untuk memenuhi kebutuhan listrik diatas kapal. Dalam penentuan kapasitas generator kapal yang akan digunakan untuk melayani kebutuhan listrik diatas kapal maka analisa beban dibuat untuk menentukan jumlah daya yang dibutuhkan dan variasi pemakaian untuk kondisi operasional seperti manuver, berlayar, berlabuh atau bersandar serta beberapa kondisi lainnya. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui daya minimum dan maksimum yang dibutuhkan.

2.2. Faktor Beban (Load Factor)

Faktor beban didefinisikan sebagai perbandingan antara waktu bekerjanya peralatan pada suatu kondisi

dengan total waktu aktifitas suatu kondisi dengan demikian :

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{Total waktu operasi peralatan}}{\text{Total Waktu Kondisi}} \quad (1)$$

Untuk peralatan yang jarang beroperasi dianggap mempunyai beban nol. Begitu juga untuk peralatan yang bisa dikatakan hampir tidak pernah dipergunakan nilai load faktornya juga dianggap nol seperti, fire pump, anchor windlass, capstain dan boatwinches.

2.3. Faktor Kesamarataan (Diversity Factor)

Peralatan listrik diatas kapal memiliki karakter pembebanan yang spesifik dimana peralatan bekerja tidak pada waktu pemakaian yang teratur dan secara bersamaan. Adapun jenis pembebanan dalam operasional peralatan listrik diatas kapal dibagi menjadi:

A. Beban Generator Continous Load

Ini merupakan peralatan yang dalam operasionalnya bekerja secara terus menerus pada kondisi pelayaran normal seperti, lampu-lampu navigasi, pompa bantu CPP, dll.

B. Beban generator kapal terputus–putus (Intermittent Load)

Peralatan yang dalam operasionalnya tidak bekerja secara kontinyu dalam pelayaran normal, melainkan berkerja secara periodik. Misalnya, pompa transfer bahan bakar kapal, pompa air tawar, dll. Faktor kesamarataan ini didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah dari kebutuhan daya intermitten yang beroperasi selama periode waktu tertentu dengan jumlah dari total kebutuhan daya listrik kapal. Dalam BKI Vol IV, ditetapkan faktor kesamarataan dengan memper-timbangkan beban tertinggi yang diharapkan terjadi pada waktu yang sama. Jika penentuan tepat tidaklah mungkin, faktor kesamaan waktunya digunakan tidak boleh lebih kecil dari 0.5.

2.4. Sistem Pompa pada Kapal

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Perhitungan daya pompa oleh Prof. Dr. Haruo Tahara) dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (2).

$$N = \frac{Q \times H \times \gamma}{3600 \times 75 \times \eta} \quad H_p \quad (2)$$

Dimana,

- Q = Kapasitas pompa m³/jam
- H = Tinggi kenaikan tekanan (m)
- γ = Massa jenis air laut (kg/m³)
- η = Efisiensi pompa

2.5. Head Pompa

Head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (3) mengenai pompa dan kompresor oleh Prof. Dr. Haruo Tahara.

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad (3)$$

dimana,

- h_a : Perbedaan tinggi antara titik sembarang di pipa keluar dan sembarang titik di pipa isap.
($h_a = h_t - h_i$)
- h_t = Tinggi pipa buang minimal 30 cm di atas sarat kapal
- h_i = Tinggi pipa isap
- Δh_p : Perbedaan tekanan statis yang bekerja pada kedua permukaan
($\Delta h_p = h_{pi} - h_{pt}$)
- h_{pi} = Tekanan pada tangki isap
- h_{pt} = Tekanan pada tangki penampungan
- h_l : Kehilangan longitudinal pada pipa lurus oleh gesekan sepanjang pipa, pada Pers. (4)

$$(h_l = h_{l1} + h_{l2}) \quad (4)$$

dimana,

$$h_{l1} = \frac{10,666 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,85}}$$

$$h_{l2} = K \times \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

dimana,

- v = Kecepatan aliran zat cair (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- K = Jumlah koefisien kehilangan lokal

Untuk head kecepatan

$$\frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

dimana,

- V = Kecepatan aliran fluida (m/s) = Q/A
- Q = Debit air (m³/s)
- A = Luas penampang pipa (m²)
- g = gravitasi bumi

2.6. Daya Listrik (Power)

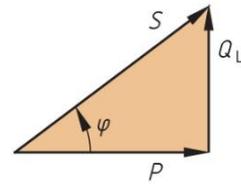
Daya merupakan jumlah energi listrik yang mengalir dalam setiap satuan waktu (detik). Sehingga formula daya listrik bisa dituliskan sebagai berikut:

$$P = \frac{W}{t} \quad (6)$$

dimana,

- P = daya (Watt atau Joule/second)
- W = energi listrik (Joule)
- t = waktu (second)

2.7. Segitiga Daya (Power)



Gambar 1. Segitiga daya

Daya aktif (P) digambarkan dengan garis horizontal yang lurus. Daya reaktif (Q) berbeda sudut sebesar 90° dari daya aktif. Sedangkan daya semu (S) adalah hasil penjumlahan secara vektor antara daya aktif dengan daya reaktif. Jika mengetahui dua dari ketiga daya maka dapat menghitung salah satu daya yang belum diketahui dengan menggunakan Pers. (7) berikut :

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline p^2 = S^2 - Q^2 & Q^2 = S^2 - p^2 & S^2 = p^2 + Q^2 \\ \hline p = \sqrt{S^2 - Q^2} & Q = \sqrt{S^2 - p^2} & S = \sqrt{p^2 + Q^2} \\ \hline \end{array} \quad (7)$$

1. Daya Aktif 2. Daya Reaktif 3. Daya Semu

dimana,

- P = Daya aktif
- Q = Daya reaktif
- S = Daya semu

3. Analisa dan Pembahasan

3.1. Data Kapal

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data. Setelah melakukan peninjauan langsung ke kapal dan berdasarkan beberapa data kapal dari owner, maka didapatkan data sebagai berikut:

a. Data kapal sebelum ekspansi GT

- LOA = 36,6 m
- LBP = 34 m
- Lebar (B) = 8 m
- Tinggi (H) = 5,2 m
- Sarat (T) = 2,4 m
- GT = 418 ton

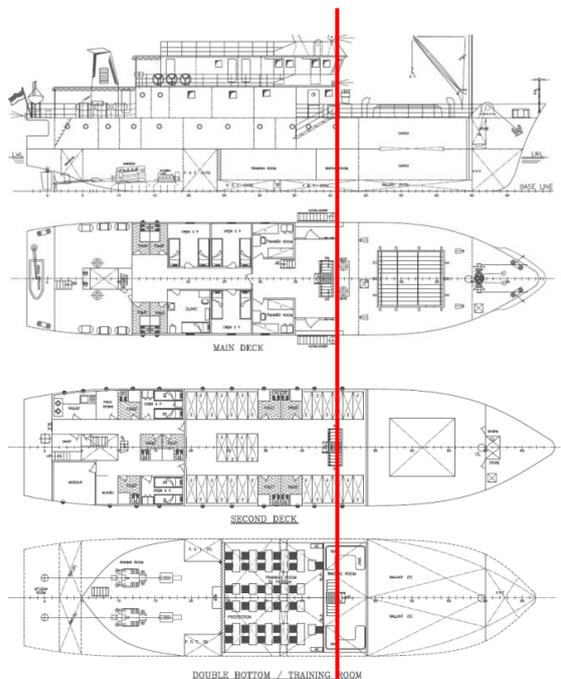
b. Data kapal setelah ekspansi GT

LOA	= 45,1 m
LBP	= 42,5 m
Lebar (B)	= 8 m
Tinggi (H)	= 5,2 m
Sarat (T)	= 2,65 m
GT	= 503,94

c. Data penambahan panjang

Penambahan panjang terdiri dari bagian lambung kapal sekitar 8.5 meter dan bagian bangunan atas 7 meter. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka pemotongan kapal dilakukan disekitar No. Frame 41.

Panjang tambahan pada lambung = 8,5 m
 Panjang tambahan bangunan atas = 7 m
 Dipotong pada gading = Fr. 41 – fr. 57



Gambar 2. Posisi potongan kapal, yakni pada gading 41

3.2. Komponen Kelistrikan yang Bertambah Setelah Ekspansi GT

Setelah mengalami ekspansi GT, maka secara umum panjang keseluruhan kapal mengalami penambahan yang tentunya mengakibatkan pula komponen di kapal ikut bertambah.

Komponen kelistrikan yang bertambah pada main deck, second deck, dan double bottom dapat dilihat pada Tabel 1-3.

Tabel 1. Komponen kelistrikan pada main deck yang bertambah setelah ekspansi GT

No.	Item	Jumlah	Input (kW)
1.	AC split 1 PK	2	0,79
2.	AC split 2 PK	1	1,55
3.	Lampu ruangan (ceiling light)	8	0,04
4.	Lampu meja kerja (desk light)	2	0,015
5.	Lampu tidur (bed light)	2	0,01
6.	WC (berhubungan dengan pompa sanitari)	2	

Tabel 2. Komponen kelistrikan pada main deck yang bertambah setelah ekspansi GT

No.	Item	Jumlah	Input (kW)
1.	AC split 2,5 PK	3	2,19
2.	Lampu ruangan (ceiling light)	14	0,04
3.	WC (berhubungan dengan pompa sanitari)	2	

Tabel 3. Komponen kelistrikan pada double bottom/training room yang bertambah setelah ekspansi GT

No.	Item	Jumlah	Input (kW)
1.	AC split 1 PK	1	0,59
2.	AC split 2,5 PK	2	2,19
3.	Lampu ruangan (ceiling light)	15	0,04

Komponen yang bertambah tersebut berdasarkan existing pada kapal KL BP2IP Barombong yang terdapat pada penambahan bagian lambung kapal yang dihitung dari gading 41 sampai gading 57.

3.3. Perhitungan Daya pompa Akibat Penambahan Panjang Pipa

Akibat adanya penambahan panjang badan kapal, maka beberapa komponen perpipaan mengalami pula penambahan panjang pipa, yaitu sistem ballast dan kebutuhan air tawar pada WC. Daya pompa sebelum adanya penambahan panjang adalah 2,2 kW untuk masing-masing pompa. Sehingga untuk mengetahui kebutuhan daya pompa saat ini perlu dilakukan perhitungan kebutuhan daya pompa berdasarkan kondisi saat ini.

a. Pompa Ballast

➤ Perhitungan Head Pompa (H)

Perhitungan head pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus : (Pompa dan Kompresor oleh Prof. Dr. Haruo Tahara)

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

dimana,

h_a = Perbedaan tinggi muka air antara sisi isap dan sisi keluar

$$h_t = h_a = h_t - h_i$$

= Tinggi pipa buang 30 cm di atas sarat kapal
 = $T + 0,3 \text{ m} - \text{hdb kamar mesin}$
 = $2,65 \text{ m} + 0,3 \text{ m} - 0,6 \text{ m}$
 = $2,35 \text{ m}$

h_i = Tinggi pipa isap ($H_{db} - 0,05$)
 = $0,8 \text{ m} - 0,05 \text{ m}$
 = $0,75 \text{ m}$

Sehingga :

$$h_a = 2,35 \text{ m} - 0,77 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

Δh_p = Perbedaan tekanan antara kedua tangki

$$h_p = h_{pi} - h_{pt}$$

h_{pi} = Tekanan pada tangki isap
 = 0 (tangki berada dibawah pompa)

h_{pt} = Tekanan pada tangki penam-pungan
 = 0 (Tangki tidak ada karena fluida langsung dibuang ke laut)

Sehingga : $h_p = 0$

h_1 = Kehilangan longitudinal pada pipa lurus oleh gesekan sepanjang pipa

$$h_1 = h_{11} + h_{12}$$

- $h_{11} = \frac{10,666 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,85}}$

dimana,

Q = Debit aliran (m^3/s) = $0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$

L = Panjang pipa lurus (m) = $28,5 \text{ m}$

C = Koefisien jenis pipa = 130 (untuk pipa besi cor)

D = Diameter pipa (m) = $0,077 \text{ m}$

Sehingga :

$$h_{11} = \frac{10,666 \times (0,01)^{1,85} \times 28,5}{(130)^{1,85} \times (0,077)^{4,85}} = 1,59 \text{ m}$$

- $h_{12} = K \times \left(\frac{V^2}{2g}\right)$

dimana,

V = Kecepatan aliran zat cair (m/s) = 2 m/s

g = Percepatan gravitasi (m/s^2) = $9,8 \text{ m/s}^2$

K = Jumlah koefisien kehilangan lokal, berdasarkan Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Koefisien Kehilangan Lokal

Jenis katup	Jumlah (n)	Koefisien (f)	Hasil kali
Gate valve	4	10	40
Samb. T	3	1,8	5,4
Katup saringan	2	1,97	3,94
Sambungan siku	5	0,75	3,75
Non return valve	2	2,2	4,4
Total			57,49

$$h_{12} = 57,49 \times \left(\frac{(2)^2}{2 \times 9,8}\right) = 18,31 \text{ m}$$

Sehingga,

$$h_1 = h_{11} + h_{12} = 1,59 \text{ m} + 18,31 \text{ m} = 19,9 \text{ m}$$

$\frac{V^2}{2g}$ = Kehilangan akibat kecepatan zat cair

$$V = \text{Kecepatan aliran fluida} = \frac{Q}{A}$$

$$Q = \text{Debit} = 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$A = \text{Luas penampang pipa} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,077)^2 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,008^2 = 0,004 \text{ m}^2$$

$$V = (0,01 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,004 \text{ m}^2) = \frac{0,05 \text{ m/s}}{0,005024 \text{ m}^2} = 2 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Sehingga :

$$h_v = \frac{V^2}{2g} = \frac{(2 \text{ m/s})^2}{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2)} = 0,33 \text{ m}$$

Maka:

$$H = h_a + h_p + h_v + h_1 = 1,6 \text{ m} + 0 \text{ m} + 0,33 \text{ m} + 19,9 \text{ m} = 21,83 \text{ m}$$

➤ Perhitungan Daya Pompa, dari pers. (2)

$$N = \frac{Q \times H \times \gamma}{3600 \times 75 \times \eta} \quad (\text{Hp})$$

Dimana,

Q = Kapasitas pompa = $33 \text{ m}^3/\text{jam}$

H = Tinggi kenaikan tekanan = $21,83 \text{ m}$

γ = Massa jenis air laut (kg/m^3) = 1025 kg/m^3

η = Efisiensi pompa = $0,85$

Sehingga :

$$N = \frac{33 \times 21,83 \times 1025}{3600 \times 75 \times 0,85} = 3,22 \text{ Hp} = 2,4 \text{ Kw}$$

b. Pompa Air Tawar

Perhitungan Daya Pompa

Perhitungan daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus: Pompa dan Kompresor” by Prof. Dr. Haruo Tahara dari pers.(2) diperoleh

$$N = \frac{Q \times H \times \gamma}{3600 \times 75 \times \eta} \quad (\text{Hp})$$

Dimana :

Q = kapasitas pompa = $17,6 \text{ m}^3/\text{jam}$

ρ = massa jenis air tawar = 1000 kg/m^3

η = efisiensi pompa = $0,85$

H = $40 \sim 50$ meter untuk continous running system

Sehingga:

$$N = \frac{17,6 \times 45 \times 1000}{3600 \times 75 \times 0,85} = 3,83 \text{ Hp} = 2,9 \text{ Kw}$$

Berlayar : 88,48 kW
 Manuver : 68,68 kW
 Bersandar : 31,99 kW
 Emergency : 6,72 kW

3.4. Penambahan Daya

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan pompa dan data penambahan komponen yang bertambah setelah penambahan panjang badan kapal, maka total penambahan daya tanpa perhitungan load factor adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Penambahan daya berdasarkan peralatan yang bertambah*

No	Item	Daya sebelum (kW)	Penambahan (kW)	Total daya (kW)
1.	Pompa ballast	2,2	0,2	2,4
2.	Pompa air tawar	2,2	0,7	2,9
3.	Alat penerangan	6,05	1,55	7,7
4.	Alat pengkondisian udara	21,6	14,7	36,3

*Daya yang tertera berdasarkan kebutuhan tiap komponen, belum mempertimbangkan load factor tiap kondisi kapal

3.5. Electrical Balance Setelah Ekspansi GT

Perhitungan kebutuhan daya listrik (electrical balance) KL. BP2IP Barombong ini berdasarkan berbagai kondisi yang akan dihadapi oleh kapal, yakni:

- Berlayar,
- Manuver (keberangkatan dan kedatangan pada pelabuhan),
- Bersandar, dan
- Darurat

Dalam perhitungannya, komponen-komponen diklasifikasikan berdasarkan 5 bagian secara keseluruhan, yakni: bagian permesinan, bagian ventilasi dan AC, bagian perlengkapan dapur, bagian penerangan, dan bagian navigasi. Hasil perhitungan kebutuhan daya listrik berdasarkan kondisi kapal adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Tabulasi kebutuhan daya total setelah ekspansi GT

		Berlayar	Manuver	Bersandar	Emergency
INTERMITTEN LOAD (kW)	TOTAL	13,3395	12,5285	#REF!	0
	DIVERSITY FACTOR	0,5	0,5	0,5	0,5
	KEBUTUHAN	6,66975	6,26425	#REF!	0
CONTINUOUS LOAD	KEBUTUHAN	70,27	53,462	#REF!	5,85
TOTAL CONTINUOUS & INTERMITTEN LOAD (kW)		76,93975	59,72625	#REF!	5,85
DESAIN MARGIN (kW) in %		15	15	15	15
TOTAL KEBUTUHAN SETELAH PENAMBAHAN MARGIN		88,480713	68,685188	#REF!	6,7275

Digunakan safety factor (faktor keamanan) sebesar 15% aturan Dalam BKI Vol IV [5] dari kebutuhan daya. Maka diperoleh kebutuhan total daya generator untuk setiap kondisi sebesar:

3.6. Analisa Kebutuhan Daya Sebelum dan Setelah Ekspansi GT

3.6.1 Perbedaan Kebutuhan Daya

- Kebutuhan daya generator setiap kondisi sebelum penambahan panjang GT adalah:
 - Berlayar : 72,57 kW
 - Manuver : 56,15 kW
 - Bersandar : 27,01 kW
 - Emergency : 6,72 kW
- Sedangkan kebutuhan setiap kondisi setelah penambahan adalah hasil perhitungan kebutuhan daya listrik yang sebenarnya. Didapatkan hasil:
 - Berlayar : 88,48 kW
 - Manuver : 68,68 kW
 - Bersandar : 31,99 kW
 - Emergency : 6,72 kW

Tabel 7. Perbedaan kebutuhan daya

Kondisi	Kebutuhan daya generator (kW)			
	Berlayar	Manuver	Bersandar	Emergency
Sebelum penambahan panjang	72,57	56,15	27,01	6,72
Setelah penambahan panjang	88,48	68,68	31,99	6,72

Kebutuhan listrik setelah penambahan badan kapal jelas mengalami kenaikan, hingga mencapai kurang lebih 15,91 kW dari kebutuhan sebelum penambahan panjang pada kondisi berlayar. Ini disebabkan komponen tambahan yang membutuhkan listrik pada umumnya banyak yang beroperasi ketika dalam kondisi berlayar. Sedangkan kondisi emergency tidak mengalami kenaikan kebutuhan listrik, ini disebabkan karena tidak adanya peralatan tambahan yang beroperasi setelah penambahan panjang badan kapal.

Penambahan panjang pipa pada sistem ballast dan sistem air tawar berpengaruh terhadap kebutuhan daya pompa dari sistem tersebut. Kebutuhan daya pompa pada kondisi existing yang ada pada KL. BP2IP Barombong saat ini adalah 2,2 kW untuk sistem ballast dan kebutuhan air tawar, namun setelah dilakukan perhitungan akibat adanya penambahan panjang pipa, kebutuhan daya menjadi 2,4 kW untuk sistem ballast dan 2,9 kW untuk sistem kebutuhan air tawar.

3.6.2 Kenaikan Kebutuhan Daya Setelah Penambahan Panjang

Berdasarkan Tabel 8 di bawah ini dapat diketahui bahwa kenaikan daya tertinggi setelah penambahan panjang kapal adalah pada saat kondisi berlayar, yaitu

15,91 kW. Hal ini disebabkan karena hampir semua komponen peralatan yang bertambah setelah penambahan panjang beroperasi ketika kapal berlayar. Sedangkan kondisi emergency tidak mengalami kenaikan, dikarenakan semua peralatan yang bertambah setelah penambahn panjang direncanakan tidak beroperasi ketika kapal dalam kondisi tersebut. Persentase kenaikan kebutuhan daya generator setelah penambahan penjang dapat dilihat dari Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Persentase kenaikan kebutuhan daya setelah penambahan panjang

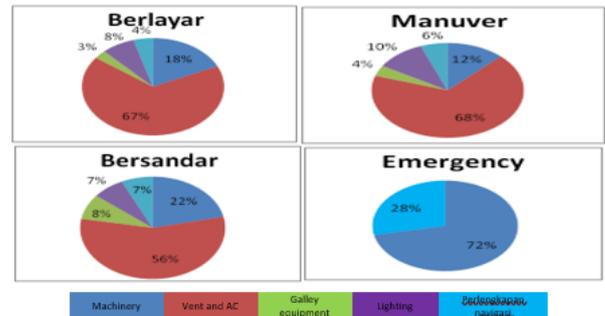
	Berlayar	Manuver	Bersandar	Emergency
Sebelum penambahan panjang (kW)	72,57	56,15	27,01	6,72
Setelah penambahan panjang (kW)	88,48	68,68	31,99	6,72
Total penambahan kebutuhan daya (kW)	15,91	12,53	4,98	0
Persentase kenaikan daya (%)	21,91	22,31	18,46	0

3.6.3 Kebutuhan Daya Tiap Peralatan Berdasarkan Kondisi Kapal

Pada Gambar 3, kebutuhan daya tertinggi adalah saat kondisi berlayar dengan total kebutuhan rancangan 88,48 kW, kemudian kondisi manuver 68,68 kW, kondisi bersandar 31,99 kW, dan kondisi emergency 6,72 kW. Urutan kebutuhan daya generator dari yang tertinggi sampai yang terendah tersebut tetap sama pada saat kapal belum mengalami penambahan panjang. Sehingga dapat diperkirakan bahwa setiap rancangan kebutuhan daya generator kapal kondisi berlayar adalah yang paling banyak menggunakan daya.

Hasil dari persentase pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan daya generator pada tiap kondisi kapal paling banyak pada peralatan sistem sirkulasi

dan pengkondisian udara (vent and AC), yang pada kondisi berlayar membutuhkan daya hingga 67% dari total daya yang direncanakan yaitu 88,48 kW. Sedangkan pada kondisi emergency kebutuhan daya generator terbesar pada peralatan machinery yaitu dan perlengkapan navigasi. Sedangkan peralatan yang lainnya tidak begitu dibutuhkan untuk beroperasi.



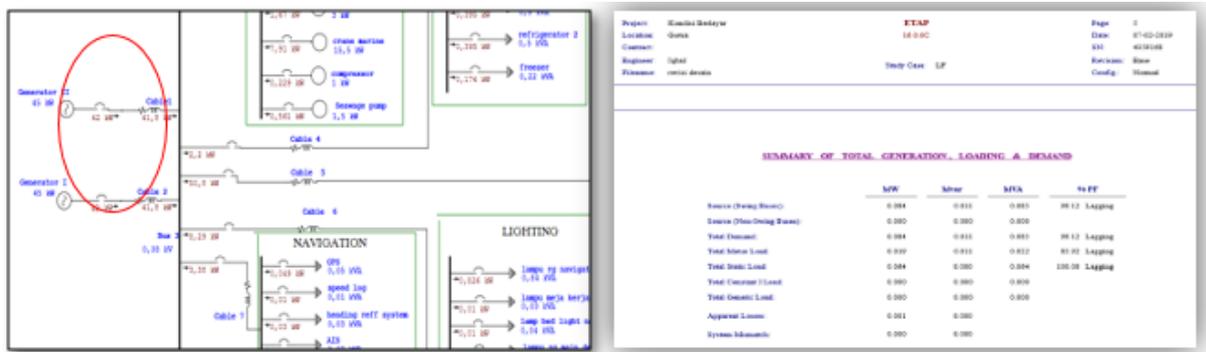
Gambar 3. Diagram persentase kebutuhan daya tiap item berdasarkan kondisi kapal sebelum penambahan panjang

3.7. Hasil Simulasi Menggunakan ETAP (Electric Transient And Analysis Program

Data hasil perhitungan kebutuhan beban generator secara manual kemudian disimulasikan ke dalam software ETAP dengan menggunakan simulasi single line diagram. Dalam simulasi ini digunakan spesifikasi peralatan yang sama dengan perhitungan manual. Didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pada kondisi berlayar

Pada Gambar 4 dibawah ini terlihat bahwa pada kondisi berlayar didapatkan hasil total daya yang bekerja adalah 84 kW, masing-masing generator memberikan daya sebesar 42 kW. Beban motor membutuhkan daya 19 kW, sedangkan beban statis membutuhkan daya 64 kW. Sehingga total kebutuhan daya pada kondisi berlayar berdasarkan hasil simulasi ETAP setelah ditambahkan dengan safety factor 15 % adalah 96,6 kW.

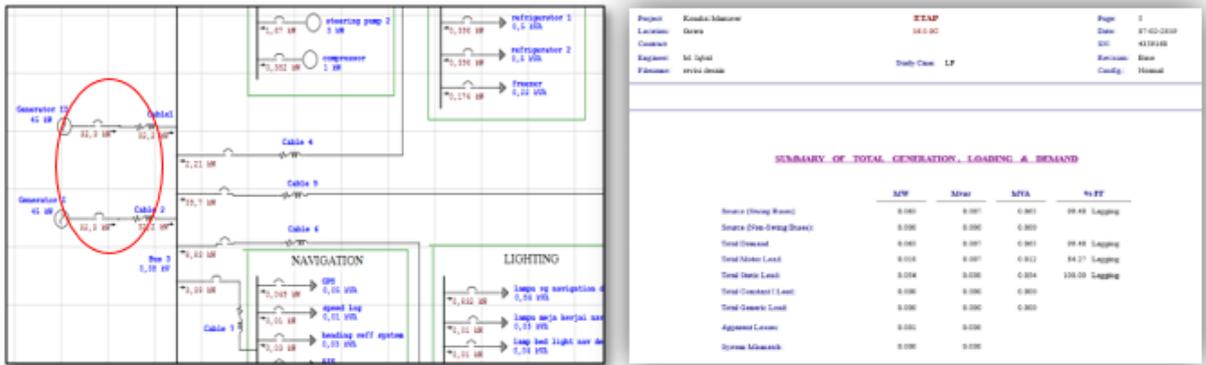


Gambar 4. Rangkaian simulasi ETAP pada kondisi berlayar

2. Pada kondisi manuver

Pada Gambar 5, dibawah ini diperlihatkan kondisi manuver didapatkan hasil total daya yang bekerja adalah 64,6 kW, masing-masing generator memberikan daya sebesar 32,3 kW. Beban motor membutuhkan daya 10 kW, sedangkan beban statis

membutuhkan daya 54,4 kW. Sehingga total kebutuhan daya pada kondisi manuver berdasarkan hasil simulasi ETAP setelah ditambahkan dengan safety faktor 15 % adalah 74,29 kW.



Gambar 5. Rangkaian line simulasi ETAP pada kondisi manuver

3. Pada kondisi bersandar

Pada Gambar 6, dibawah ini memperlihatkan kondisi bersandar didapatkan hasil total daya yang bekerja adalah 37 kW, masing-masing generator memberikan daya sebesar 18,5 kW. Beban motor

membutuhkan daya 11 kW, sedangkan beban statis membutuhkan daya 25,4 kW. Sehingga total kebutuhan daya pada kondisi bersandar berdasarkan hasil simulasi ETAP setelah ditambahkan dengan safety factor 15 % adalah 42,55 kW.

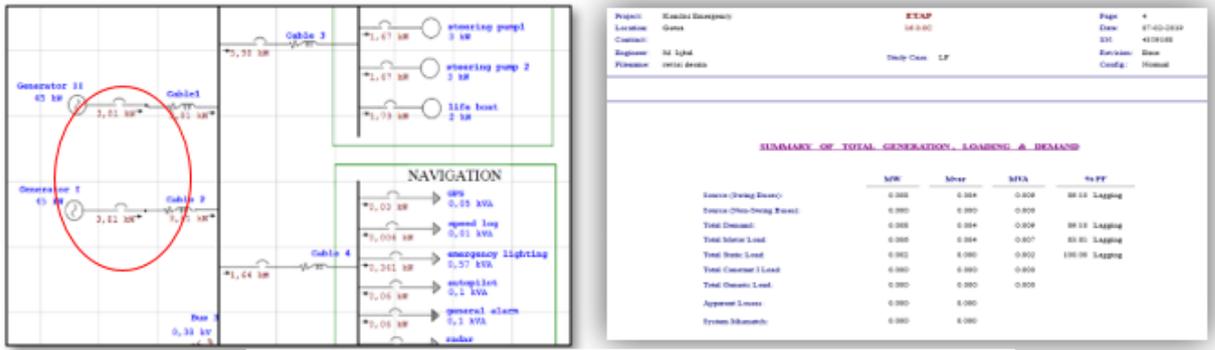


Gambar 6. Rangkaian simulasi ETAP pada kondisi bersandar

4. Kondisi Emergency

Pada Gambar 7 dibawah ini memperlihatkan kondisi emergency didapatkan hasil total daya yang bekerja adalah 7,62 kW, masing-masing generator memberikan daya sebesar 3,81 kW. Beban motor

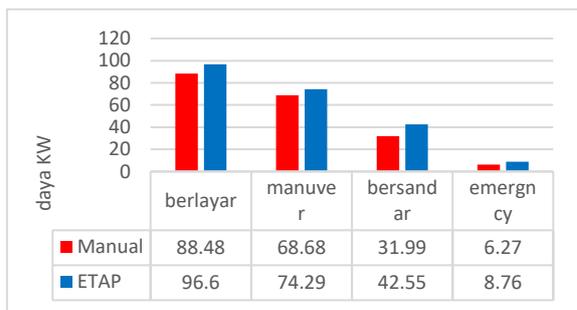
membutuhkan daya 6 kW, sedangkan beban statis membutuhkan daya 2 kW. Sehingga total kebutuhan daya pada kondisi emergency berdasarkan hasil simulasi ETAP setelah ditambahkan dengan safety faktor 15 % adalah 8,76 kW.



Gambar 7. Rangkaian simulasi ETAP pada kondisi bersandar

3.8. Analisa hasil Simulasi Terhadap Hasil Perhitungan Secara Manual

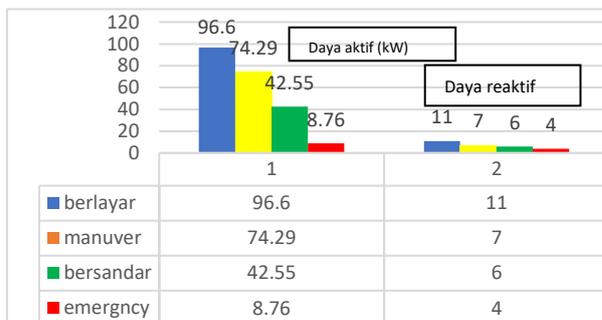
Pada Gambar 8, dibawah ini terlihat bahwa hasil simulasi menunjukkan perbedaan daya yang bekerja pada rangkaian diagram dengan hasil perhitungan secara manual. Hasil keduanya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram hasil perhitungan manual dan hasil simulasi

Perbedaan kebutuhan daya yang bekerja sangat signifikan yang mencapai selisih 8,12 kW pada kondisi berlayar, 5,61 kW pada kondisi manuver, 10,56 kW pada kondisi bersandar dan 2,49 pada kondisi emergency.

Berdasarkan hasil yang dapat diketahui, besarnya daya yang bekerja pada simulasi disebabkan oleh pengaruh daya reaktif (kVAr) yang bekerja pada rangkaian yang dijalankan. Besar daya reaktif tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram daya reaktif pada simulasi

Daya reaktif yang bekerja pada peralatan sangat mempengaruhi daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan tersebut, sehingga menyebabkan daya aktif lebih tinggi. Berdasarkan grafik Gambar 9 di atas dapat diketahui bahwa daya aktif (kW) berbanding lurus terhadap daya reaktif (kVAr), semakin besar daya reaktifnya maka semakin besar pula daya aktif yang bekerja.

3.9. Pemilihan Daya Generator

Berdasarkan rancangan kebutuhan daya generator setelah penambahan panjang kapal, yang kemudian disimulasikan, maka total daya yang dibutuhkan kapal adalah 96,6 kW ≈ 100 kW terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pemilihan daya generator

	Berlayar (kW)	Manuver (kW)	Bersandar (kW)	Emergency (kW)
Genset yang digunakan	2	2	1	1
Output tiap genset	50 + 50	50 + 50	50	50
Total output genset	90	90	45	45

Untuk mengefisienkan penggunaan generator, maka pemilihan dua generator merupakan langkah yang tepat, sehingga dapat difungsikan berdasarkan kebutuhan daya tiap kondisi kapal.

4. Kesimpulan

1. Kebutuhan daya generator setelah ekspansi GT berdasarkan simulasi adalah kondisi berlayar 96,6 kW; manuver 74,29 kW, bersandar 42,55 kW, dan emergency 8,76 kW.
2. Untuk memenuhi kebutuhan daya generator setelah penambahan panjang maka pemilihan daya generator tidak boleh lebih rendah dari yang direncanakan, dan juga harus mampu memenuhi kebutuhan daya tiap kondisi kapal sehingga ditambahkan safety factor sebesar 15%. Maka

generator yang dipilih yaitu dengan spesifikasi 50 kW dan 50 kW.

3. Ekspansi GT pada KL. BP2IP Barombong mengakibatkan bertambahnya kebutuhan daya generator akibat dari bertambahnya komponen pada kapal yang membutuhkan listrik, dengan analisis sebagai berikut:
 - a. Kebutuhan daya paling tinggi terjadi pada kondisi kapal berlayar, diikuti pada kondisi kapal manuver (masuk ataupun keluar pelabuhan), kemudian pada kondisi kapal bersandar yaitu, dan terendah pada kondisi kapal mengalami emergency.
 - b. Bertambahnya panjang pipa pada sistem perpipaan akan mengakibatkan kenaikan kebutuhan daya pompa yang diakibatkan oleh kenaikan nilai kehilangan longitudinal pada pipa lurus oleh gesekan sepanjang pipa dalam menentukan H (head pompa).
 - c. Komponen pengkondisian udara merupakan item yang paling banyak membutuhkan daya listrik dalam operasinya.
 - d. Daya reaktif (kVAr) sangatlah mempengaruhi daya aktif (kW) yang bekerja pada suatu

peralatan, semakin besar daya reaktif suatu peralatan maka semakin besar pula daya generator yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan tersebut.

Referensi

- [1] H. Rivai, "Analysis Sistem Kelistrikan Pada Kapal Ikan 30 GT (Studi Kasus Kapal Ikan Km.Baruna)," *J. Ilm. Prospek, Makassar*, vol. XI, 2009.
- [2] Sitepu and Radiansyah, "Analisa Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Offshore Support And Maintenance Vessel," *FTK-IT'S*, 2010.
- [3] R. Haryati, S. Sukmajati, and R. Dwilingga, "Sistem Kelistrikan Pada Kapal Perang TNI AL Kelas Frosch KRI Teluk Celukan Bawang 532," *J. Energi Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, p. 69, 2017.
- [4] Ricesno and R. Andika, "Perhitungan dan Pengujian Beban Pada Generator di Kapal Tugboat HangTuah V, C," *Sigma Tek. Riau*, vol. 3, no. 1, 2020.
- [5] Biro Klasifikasi Indonesia, "Rules for Electrical Installation vol. IV," 2016.