

## PERHITUNGAN DAN PENGUJIAN BEBAN PADA GENERATOR DI KAPAL TUGBOAT HANGTUAH V

Ricesno<sup>1</sup>, Reza Nandika<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan  
Universitas Riau Kepulauan Batam

Email : [cesno3754@gmail.com](mailto:cesno3754@gmail.com)<sup>1</sup>, [rezanandikameng@gmail.com](mailto:rezanandikameng@gmail.com)<sup>2</sup>

### Abstrak

Kapal *Tugboat Hangtuh V* merupakan kapal *Harbourtug* diproduksi oleh PT. Citra Shipyard sesuai dengan pesanan oleh PT. Pelabuhan Indonesia I yang memiliki 3 buah *generator*. Untuk membangkitkan daya yang dibutuhkan pada kapal Kapal *Tugboat Hangtuh V* maka *generator set* yang terpasang harus mampu beroperasi secara optimal Akan tetapi dalam pembagian beban pada setiap *generator set* belum diketahui secara pasti pembagian yang dilakukan apakah sesuai dengan jumlah peralatan bekerja pada kapal. Pada penentuan kapasitas daya *generator*, peneliti melakukan beberapa tahap Pertama, menghitung kapasitas peralatan yaitu dengan menghitung nilai faktor beban peralatan. Kedua, mencari jumlah beban dalam setiap kondisi operasional kapal pada saat sandar, operasi, berlayar dan *fire fighting*. Ketiga, mencari nilai faktor beban dari variasi *generator* yang digunakan. Setelah didapatkan faktor beban, peneliti juga turut menguji *generator* dengan pengujian beban yang bervariasi dengan standar waktu tertentu. Hasil perhitungan jumlah beban dalam setiap kondisi menunjukkan faktor beban yang tidak melebihi dari 86% dengan kapasitas *generator* yang ada. Pengujian beban pada *generator* menunjukkan hasil yang baik dan tidak memiliki masalah pada *generator* yang diujikan.

Kata kunci : *Load Test, Generator, Daya, Listrik Kapal, kalkulasi*

### Abstract

*Tugboat Hangtuh V is a Harbourtug ship produced by PT. Citra Shipyard in accordance with orders by PT. Pelabuhan Indonesia I which has 3 generators. To generate the power needed on the Hangtuh V Tugboat Vessel, the generator set installed must be able to operate optimally. However, the distribution of the Load on each generator set is not yet known with certainty whether the distribution is carried out in accordance with the amount of equipment working on the ship. In determining the generator power capacity, researchers conducted several stages. First, calculate the equipment capacity by calculating the value of the equipment Load factor. Second, look for the amount of Load in each Operational condition of the ship when leaning, operating, sailing and fire fighting. Third, find the value of the Load factor from the variation of the generator used. After obtaining a Load factor, the researchers also tested the generator by testing the Load which varies with a certain time standard. The results of the calculation of the number of Loads in each condition shows a Load factor that does not exceed 86% with the existing generator capacity. Load testing on the generator shows good results and has no problems with the generator being tested..*

*Keywords: Load Test, Generator, Power, Vessel Electric, calculation*

### 1. PENDAHULUAN

*Generator* adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik Jadi disini *generator* berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Prinsip Kerja *Generator* adalah bilamana *rotor* diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan,

dengan dasar inilah timbulah arus listrik, arus melalui kabel / kawat yang ke dua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat, sebagai terminal penghubung keluar. [1]

Kapal. *Harbour Tug Hangtuh V* merupakan salah satu kapal yang menggunakan *generator* dengan menggunakan merek *caterpillar* sebagai vendor-nya berperan

untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik di lingkungan kapal dan menggunakan *generator* sebagai alat *converter*-nya. Salah satu gangguan yang terjadi pada *generator* adalah gangguan pada hubung singkat. Gangguan hubung singkat dapat terdiri atas gangguan 3 *Phase*, dan gangguan antar saluran, gangguan 1 *Phase* ke tanah dan gangguan antar saluran ke tanah. Gangguan-gangguan tersebut dapat menyebabkan *generator* mengalami kerusakan, sehingga perlu digunakan proteksi *generator* yang dapat melindungi *generator* dari arus gangguan hubung singkat yang terjadi.

Proteksi terhadap gangguan hubung singkat sangat penting untuk dilakukan pada agar *generator* tidak mengalami kerusakan. Gangguan hubung singkat dapat dan menimbulkan loncatan bunga api dengan suhu tinggi, kerusakan pada belitan, merusak isolasi. Oleh karena itu, proteksi *generator* harus untuk melindungi *generator* dari gangguan hubung singkat salah satu bentuk proteksi tersebut adalah menguji coba pembebanan pada *generator* tersebut (*Load Test*) sebelum digunakan sebagaimana fungsinya. *Generator* yang diambil sampel adalah *generator* pada kapal *Tugboat Hangtuah V* yang memiliki 3 *generator* yang terkoneksi pada 150 kV saluran transmisi. Pada saat tertentu yaitu pada saat beban puncak dan pada saat krisis listrik yang terjadi di kapal.

Berdasarkan permasalahan dan pengalaman diatas, penulis berusaha menghitung beban pada *generator* di Kapal *Tugboat Hangtuah V*. Penelitian ini juga menguji kemampuan menerima beban pada *generator* menggunakan *Load Test*. Kemudian, penelitian ini membandingkan antara hasil dari perhitungan dengan hasil uji beban pada *generator*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kebutuhan Listrik di Kapal

*Generator* dikapal merupakan alat bantu yang fungsinya adalah sumber pembangkit daya listrik yang ada. Sehingga keberadaannya sangat vital bagi operasional sebuah kapal. Faktor terpenting yang mempengaruhi pemilihan sistem pembangkit listrik di kapal adalah dengan pemilihan kapasitas *generator* yang sesuai. [1]

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol IV Tahun 2004 mesyaratkan bahwa sekurang-kurangnya 2 *genset* yang terpisah dari mesin penggerak utama harus disediakan untuk pemberi daya listrik. Daya keluaran harus berukuran sedemikian sehingga keluaran *generator* tersisa dan cukup untuk menutup kebutuhan daya dalam pelayaran dilaut ketika salah satu agregat rusak ataupun dihentikan. [2]

Daya cadangan harus dimasukkan dalam perhitungan untuk menutup kebutuhan daya pada puncak beban waktu singkat. Bila tidak ada petunjuk yang terperinci untuk menentukan persediaan daya yang cukup, daya keluar dari *generator* yang sekurang-kurangnya diperlukan untuk pelayaran selama pelayaran di laut harus 15% lebih besar dari kebutuhan daya yang di tentukan dalam *balance* daya.[2]

Perencanaan sistem pembangkit listrik pada suatu kapal perlu memperhatikan kapasitas dari *generator* agar dapat mensuplai kebutuhan listrik pada semua kondisi operasional kapal. Pemilihan kapasitas *generator* dipengaruhi oleh jenis dan fungsi kapal masing-masing. Kapasitas *generator* yang dipilih harus lebih besar dari kebutuhan daya listrik pada kondisi beban puncak. Kebutuhan *maximum* penting diketahui untuk menentukan kapasitas *generator* yang diperlukan. Sedangkan kebutuhan minimum digunakan untuk menentukan konfigurasi dari *system* pembangkit listrik yang sesuai serta untuk menentukan kapan *generator* di operasikan. Secara umum terdapat empat kelompok beban di kapal yang harus dilayani oleh *generator* berdasarkan fungsinya masing-masing:

- 1) Beban yang terdapat pada geladak lambung (*hull part*).
- 2) Beban yang berupa peralatan yang menunjang sistem pendinginan palka.
- 3) Beban berupa *electromotor* yang menunjang sistem permesinan kapal.
- 4) Beban berupa penerangan, peralatan komunikasi, navigasi, dan sistem tanda bahaya.

Berdasarkan aktifitas kapal terkait dengan peralatan-peralatan tersebut diatas dikelompokkan dalam lima kondisi, yaitu:

- 1) Persiapan berlayar.
- 2) Berlayar.

- 3) Berlabuh.
- 4) Bongkar muat.
- 5) Manuver.

Pengelompokkan berdasarkan aktifitas kapal diatas bertujuan untuk memudahkan dalam penentuan faktor beban masing-masing peralatan, karena tidak semua peralatan listrik diatas bekerja secara kontinyu pada kondisi-kondisi pelayaran diatas. Dalam penentuan beban digunakan perhitungan beban listrik (*electric Load analisis*) yang berupa *table* dan biasanya disebut juga dengan tabel kalkulasi keseimbangan beban listrik (*calculation of electric power balance*). [3]

Selain itu, dalam perhitungan kapasitas *generator* ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Pertama, kondisi kapal umumnya terdiri dari sandar atau berlabuh, manuver, berlayar, bongkar muat dan *Emergency*. Berbagai kondisi ini sangat tergantung dari *type* kapal. Kedua, data peralatan dipergunakan untuk mengetahui jumlah daya atau beban yang diperlukan dan jumlah unit yang tersedia diatas kapal. Data peralatan ini berdasarkan perhitungan dan telah diverifikasi dengan data yang ada dipasaran. Ketiga, penggolongan peralatan yang digunakan sebagai acuan untuk pengelompokan perhitungan yang didasari oleh 3 hal yaitu, kondisi kapal, letak atau fungsi (*Hull part, Machinery Part* dan *Electrical part*), dan tipe beban (beban kontinyu atau beban *Intermitern*).

## B. Fungsi Generator

Fungsi utama *generator* diatas kapal adalah untuk menyuplai kebutuhan daya listrik di kapal. Daya listrik digunakan untuk menggerakkan motor-motor dari peralatan bantu pada kamar mesin dan mesin-mesin geladak, lampu penerangan, sistem komunikasi dan navigasi, pengkondisian udara (AC) dan ventilasi, perlengkapan dapur (*Galley*), sistem sanitari, *cold storage*, alarm dan *system* kebakaran, dan sebagainya. Dalam pendisainan sistem diatas kapal perlu diperhatikan kapasitas dari *generator* dan peralatan listrik lainnya, besarnya kebutuhan maksimum dan minimum dari peralatannya. [4]

## C. Perhitungan Kapasitas Bekerja

Perhitungan jumlah bekerja terdiri dari beberapa komponen perhitungan yang harus dipenuhi seperti mengetahui jumlah unit peralatan, daya pada peralatan, daya kondisi berlayar, daya pada kondisi beroperasi, daya pada kondisi bongkar muat, dan kondisi *Fire fighting*

### a. Jumlah kerja

Jumlah peralatan yang digunakan pada saat kondisi tersebut.

### b. Load Factor (LF)

Salah satu faktor yang penting dalam perencanaan kapasitas *generator* untuk mensuplai seluruh kebutuhan daya listrik di atas kapal adalah faktor beban. Faktor beban didefinisikan sebagai perbandingan antara waktu bekerjanya peralatan pada suatu kondisi dengan total waktu aktifitas suatu kondisi.

Untuk peralatan yang jarang sekali digunakan nilai faktor bebannya dianggap nol seperti: *Fire pump, anchor windlass, capstan*, dan *boat winches*.

Perhitungan faktor beban dipengaruhi hal-hal sebagai berikut:

- 1) Jenis kapal: berpengaruh terhadap jenis penggunaan suatu peralatan listrik
- 2) *Rute* pelayaran: berpengaruh mengenai jarak pelayaran yang berbeda akan diperoleh faktor beban yang berbeda.
- 3) Karakter pembebanan dari peralatan yang terkait dengan jarak, jenis kapal, *rute*, jumlah ABK dan penumpang serta kondisi cuaca.

### c. Daya (KW)

#### 1) *Continous Load*

Peralatan yang beroperasi secara kontinu pada kondisi pelayaran normal, seperti: lampu-lampu navigasi, pompa untuk CPP, dan lain sebagainya.

$$CL = Input * Jumlah Kerja * LF \quad (2.1)$$

#### 2) *Intermitern Load*

Peralatan yang beroperasi secara terputus-putus (*periodic*) pada kondisi pelayaran normal dengan periode waktu yang tidak tetap seperti pompa transfer bahan bakar, pompa air tawar, dan lain sebagainya.

$$IL = Input * Jumlah Kerja * LF \quad (2.2)$$

## D. Penggunaan Beban Listrik, Kapasitas Generator dan Shore Connection

Penggunaan beban listrik pada kapal dapat dihitung dengan menghitung beberapa komponen perhitungan yang akan dijadikan bahan pertimbangan pemilihan *generator* yang akan digunakan pada sebuah kapal. Perhitungan yang di perhitungkan meliputi total penggunaan daya, dengan faktor diversitas, jumlah beban, menentukan kapasitas *generator* bekerja dengan faktor beban yang digunakan, serta memperhitungkan *Shore Connecton* daya pada kapal

a. Total Penggunaan daya (d)

1) *Continue Load*

Total dari daya peralatan yang beroperasi secara kontinu pada kondisi pelayaran normal, seperti: lampu-lampu navigasi, pompa untuk CPP, dan lain sebagainya.

2) *Intermitern Load*

Total dari daya peralatan yang beroperasi secara terputus-putus (*periodic*) pada kondisi pelayaran normal dengan periode waktu yang tidak tetap seperti pompa transfer bahan bakar, pompa air tawar, dan lain sebagainya.[5]

b. Faktor diversitas (e)

*Diversity factor* sering juga disebut sebagai faktor kebersamaan, adalah faktor yang merupakan perbandingan antara total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu dengan total daya keseluruhan peralatan yang ada. Faktor diversitas dapat digunakan untuk mencari beban operasi dengan tujuan menentukan jumlah total beban yang harus dilayani oleh *generator* akibat adanya pengoperasian beban-beban dalam waktu yang bersamaan. Jika penentuan yang tepat sulit dilaksanakan maka faktor kesamaan waktu yang digunakan menurut aturan BKI tidak boleh rendah dari 0,5.

$$e = (<0.5) \times \text{Total Penggunaan daya } IL \quad (2.3)$$

c. Jumlah beban

Jumlah beban adalah jumlah dari keseluruhan beban yang akan dijadikan patokan untuk memperhitungkan faktor beban pada *generator*. Beban daya kontinyu ditambah dengan faktor diversitas yang telah dihitung.

$$\text{Total} = \text{Total Penggunaan daya } CL + e \quad (2.4)$$

d. Kapasitas *Generator* bekerja

Kapasitas *generator* yang bekerja adalah kapasitas yang harus ada untuk menyediakan listrik pada kapal.

Kapasitas itu sendiri adalah daya *Generator* yang kita cari terlebih dahulu spesifikasinya lalu dikalikan dengan berapa *set* yang akan digunakan.

e. Faktor beban *Generator*

Jumlah beban yang telah kita hitung lalu bagi dengan hasil yang telah kita cari di langkah ke 4 yaitu dengan kapasitas *generator* bekerja.

$$\text{Faktor} = \text{Total} / \text{Kapasitas } Generator \quad (2.5)$$

Dengan pertimbangan bahwa dalam berbagi kondisi angka *Load Factor* tidak boleh melebihi 86 % dan kurang dari 50% untuk pertimbangan keamanan (sesuai *rule* dari klas), Umur alat dan pertimbangan ekonomi.

f. *Shore Connection*

Adanya *shore connection* atau daya yang dipakai pada saat bersandar membuat kapal mematikan mesinnya. Agar dapat mengaliri listrik dari darat saja.

$$SC = 1,15 \times \text{beban Bongkar Muat} \quad (2.6)$$

## E. Load Test Generator

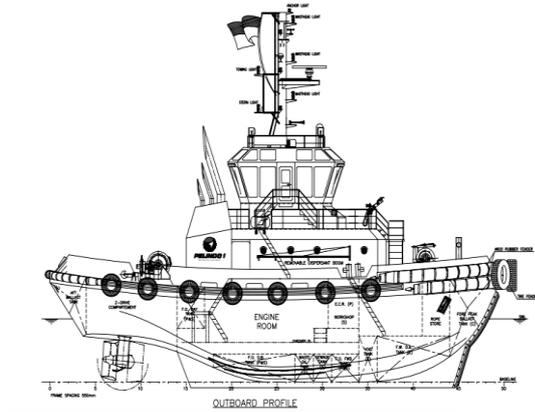
Fungsi *Load Test Generator* atau pengujian beban terhadap *generator* adalah sebuah pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa *generator* dapat difungsikan dengan baik dalam beberapa kondisi beban yang di berikan. Pemberian beban sesuai standar operasional prosedur yang ada dalam suatu ketentuan yang biasanya diatur oleh sebuah badan klasifikasi, baik itu nasional maupun internasional.

Komponen yang diukur untuk pengujian ini melalui beberapa tahap yakni, daya *Generator* x Persentase pengujian (2.7)

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Objek Penelitian

Obyek penelitian disini adalah perhitungan dan menguji coba beban *generator* Kapal *Tugboat Hangtuah V*

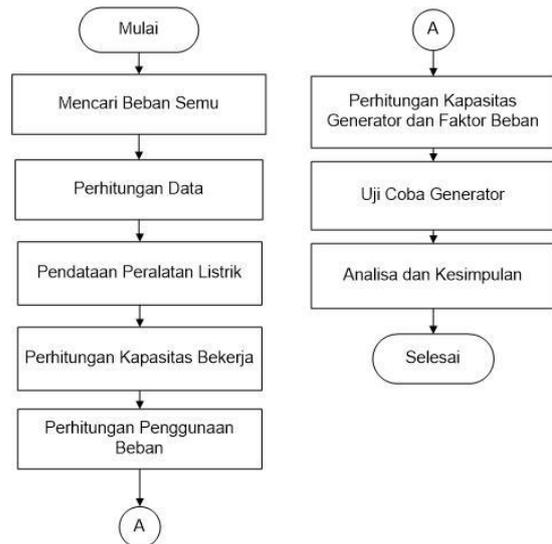


Gambar 1. Outboard Profile Kapal Tugboat Hangtuh V

Kapal *Tugboat Hangtuh V* adalah termasuk *Harbour Tug*. Kapal *Harbour Tug* merupakan jenis kapal yang dapat membantu kapal atau *Barge* yang keluar atau masuk pelabuhan. Seperti halnya Kapal *Tugboat*, kapal *Harbour Tug* juga bisa menarik Tongkang atau *Barge*. Kapal jenis ini beroperasi disekitar pelabuhan. Kapal *Tugboat Hangtuh V* ini nantinya dioperasikan dan ditempatkan di Pelindo I Cabang Belawan.

### B. Langkah-langkah Penelitian

Dalam Penelitian ini dimulai dari pencarian beban semu dari spesifikasi yang didapatkan dari setiap komponen yang digunakan yang selanjutnya dilakukan proses perhitungan data sesuai dengan spesifikasi. Kemudian, penelitian ini dilanjutkan dengan pendataan peralatan listrik yang digunakan dengan klasifikasi peralatan tersebut berdasarkan fungsi dan juga kondisi bekerja. Perhitungan kapasitas bekerja pada peralatan dengan menentukan pemakaian beban dengan kondisi *Continous Load* atau *Intermitern Load* sangat dibutuhkan untuk menghitung kapasitas *generator* bekerja dan faktor bebannya. Kemudian melakukan uji coba beban pada *generator* yang digunakan Penelitian ini diakhiri dengan penyimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Dalam melakukan penelitian ini maka disusun Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian seperti berikut



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### C. Data yang Diperlukan

Pada Data yang diperlukan adalah data dari *electrical drawing* sebagai acuan komponen apa saja yang terpasang pada kapal dan beban yang dihasilkan, data *Load test* pada kapal, dan data hasil analisis dari perhitungan dan pengujian *Load test*.

### D. Metode Penelitian

Pada Metode penelitian yang digunakan dalam pengumpulan data yang dilakukan peneliti yaitu:

#### 1. Metode Observasi

Melakukan pengamatan, pengukuran dan perbandingan data yang didapatkan dari pengujian beban pada *generator* dengan beberapa alat bantu dan pendukung yang berguna pada penelitian. Data yang didapat bersifat kualitatif yaitu kualitas data yang didapatkan langsung dari hasil pengujian, dan data Kuantitatif yaitu data hasil perhitungan beban pada *generator*.

#### 2. Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari referensi dari kajian-kajian terdahulu yang menjadi dasar referensi penelitian dan buku serta artikel yang berkaitan dengan hal yang dibahas di penelitian ini.

#### 3. Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan adalah

melakukan ujicoba *Load test* pada *generator* di Kapal *Tugboat Hangtuah V*.

**E. Peralatan yang Digunakan**

Adapun peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

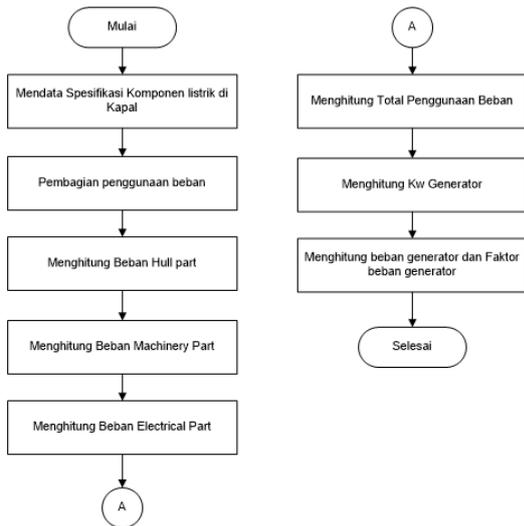
- 1) *Load Bank*
- 2) *Multitester*
- 3) *Clamp Ampere*
- 4) *Generator*

**F. Pengujian dan Pengambilan Data**

Metode pengambilan data adalah tahapan proses riset dimana peneliti menerapkan cara dan teknik ilmiah tertentu dalam rangka mengumpulkan data untuk analisis.

1. Metode pengambilan data untuk perhitungan

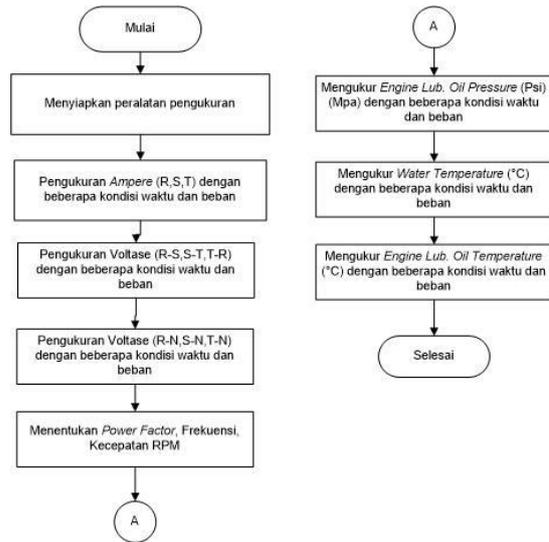
Langkah pengambilan data untuk perhitungan beban *generator* dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 3 Diagram alir pengambilan data perhitungan

2. Metode pengambilan data untuk pengujian

Langkah pengambilan data untuk pengujian beban *generator* dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar berikut



Gambar 4. Diagram alir pengambilan data pengujian.

Metode pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur dan juga *Load Bank* sebagai penyedia beban untuk pengujian beban. Pengukuran *Ampere RST*, *Voltage RST*, dan *Voltage RST-N* menggunakan *Tang ampere* dan *Multitester*. *Frekuensi*, *Speed* atau *RPM*, *Engine Lub. Oil Pressure*, dan *Cooling Water Temperature* dapat dilihat pada monitor yang terdapat pada *MSB* yang terdapat di *Engine Room*

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Penelitian**

1. Jumlah Peralatan Bekerja

Dalam perhitungan beban tergantung Tidak semua peralatan di fungsikan semua. Pembagian peralatan yang disesuaikan dengan pemakaian peralatan bekerja, penempatan peralatan tersebut

Tabel 1 Jumlah Peralatan

No.	Equipment
<b>Machinery Part</b>	
1	Bilge/ Ballast Pump
2	GS/ Fire Pump
3	Air Compressor Starting
4	Fuel Oil Transfer Pump
5	Sludge/D.O pump
6	ME Standby LO Pump
7	Oil Water Separator
8	Oil Dispersant Pump
9	FW Hydrophore Pump
10	SW Hydrophore Pump
11	Eng. Room Fan
12	Z-Drive Space Fan
13	Z-Drive Control
14	FIFI Monitor
15	Sprinkler Pump
16	Sewage Treatment Plant
17	Sewage pump
18	SW cooling Pump (Back-up)
19	FW Cooling Pump (Back-up)
20	FO purifier
21	Foam Supply Pump
22	Fi-FI Pump (Disel Driven)
<b>Hull Part</b>	
1	Deck Machinery Hidraulic Power Pack
2	AC Chiller Unit Sea Water Pump
3	AC Chiller Unit Fresh Water Pump
4	AC Fan Unit Heating Coils
5	AC Central Chiller Unit
6	AC Central Air Handling/Heating
7	Galley & Laundry Equipmint
8	Laundry Equipment
9	Z-Drive Cooling Sea Water
10	Z-Drive Control
<b>Electrical Part</b>	
1	E/R Light
2	Accomodation Light
3	Navigation Light
4	Flood Light
5	Search light
6	Internal Communication
7	Radio & Nautical System
8	FA & GA System
9	Miscellaneous & Alarm system

2. Perhitungan Beban Listrik

Tabel 2 Perhitungan Beban

Kondisi	Machinery Part			Hull Part			Electrical Part			Total Beban	
	CL	IL	Demand Factor	CL	IL	Demand Factor	CL	IL	Demand Factor	CL	IL
Normal Sea going	34,43	11,7	70 % - 80 %	13,47	19,79	50 % - 85 %	5,9	5,4	40 % - 80 %	53,75	36,84
Operation	31,63	11,9	70 % - 80 %	49,68	16,62	40 % - 80 %	2,7	5,6	40 % - 80 %	83,96	34,1
At port	14,17	3,55	40 % - 85 %	5,83	29,62	70%	1,8	5,1	40 % - 80 %	21,8	38,22
Fire Fighting	35,73	7,12	30 % - 85 %	13,39	13,45	30 % - 80 %	4,4	0,8	30 % - 80 %	53,52	21,37

\*CL = Continous Load (kW)

\*IL = Intermitem Load (kW)

Perhitungan beban listrik adalah langkah yang dilakukan setelah mendata Komponen yang digunakan meliputi bagian *Machinery, Hull, dan Electrical part*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada *Machinery Part*, total daya beban pemakaian berkelanjutan atau *Continous Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 34,34 Kw, kondisi *Operation* sebesar 31,63 Kw, kondisi *At Port* sebesar 14,17 Kw, dan Kondisi *Fire fighting* sebesar 35,37 Kw.

Kemudian, untuk daya beban pemakaian terputus – putus atau *Intermitem Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 11,65 Kw, kondisi *Operation* sebesar 11,88 Kw, kondisi *At Port* sebesar 3,55 Kw, dan Kondisi *Fire fighting* sebesar 7,12 Kw.

Pada *Machinery part*, *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Normal Sea Going* adalah 70 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*.

*Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Operation* adalah 70 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*. Hal ini dikarenakan *fan* ini berfungsi untuk mendinginkan ruangan mesin agar tidak terlalu panas pada saat beroperasi dengan mengoperasikan 2 *Fan*.

*Demand factor* yang bekerja pada kondisi *At Port* adalah 40 % - 85 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*.

Lalu *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Fire fighting* adalah 30 % - 85 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*.

Pada *Hull Part*, *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Normal Sea Going* adalah 50 % - 85 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Galley & Laundry Equipment* yang bekerja secara *Intermitern*. Hal ini dikarenakan peralatan pada *Laundry* dan *Galley* memiliki konsumsi daya yang besar, walaupun dengan pemakaian secara terputus-putus.

*Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Operation* adalah 40 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Deck Machinery Hidraulic Power Pack* yang bekerja secara *continuous*. Hal ini dikarenakan *Deck Machinery Power Pack* ini adalah peralatan yang menjadikan fungsi dari kapal *Harbour Tug* menjalankan fungsinya menarik atau mendorong kapal agar dapat bersandar ke pelabuhan.

*Demand factor* yang bekerja pada kondisi *At Port* adalah 70 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Galley & Laundry Equipment* yang bekerja secara *Intermitern*. Hal ini dikarenakan peralatan pada *Laundry* dan *Galley* memiliki konsumsi daya yang besar, walaupun dengan pemakaian secara terputus-putus.

Lalu *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Fire fighting* adalah 30 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Galley & Laundry Equipment* yang bekerja secara *Intermitern*. Hal ini dikarenakan peralatan pada *Laundry* dan *Galley* memiliki konsumsi daya yang besar, walaupun dengan pemakaian secara terputus-putus.

Pada *Hull Part*, total daya beban pemakaian berkelanjutan atau *Continous Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 13,47 Kw, kondisi *Operation* sebesar 49,68 Kw, kondisi *At Port* sebesar 5,83 Kw, dan Kondisi *Fire fighting* sebesar 13,39 Kw.

Kemudian, untuk daya beban pemakaian terputus – putus atau *Intermitern Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 19,79 Kw, kondisi *Operation* sebesar 16,62 Kw, kondisi *At Port* sebesar 29,60 Kw, dan Kondisi *Fire fighting* sebesar 13,50 Kw.

Pada *Electrical Part*, *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Normal Sea Going* adalah 40 % - 80 %.

*Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Operation* adalah 40 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *E/R*

*Light* dan *Radio & Nautical System* yang bekerja secara *continuous* dan *Flood light* bekerja secara *Intermitern*.

*Demand factor* yang bekerja pada kondisi *At Port* adalah 40 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Flood Light* bekerja secara *Intermitern*.

Lalu *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Fire fighting* adalah 30 % - 80 %.

Pada *Electrical Part*, total daya beban pemakaian berkelanjutan atau *Continous Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 5,85 Kw, kondisi *Operation* sebesar 2,65 Kw, kondisi *At Port* sebesar 1,80 Kw, dan Kondisi *Fire fighting* sebesar 4,40 Kw.

Kemudian, untuk daya beban pemakaian terputus – putus atau *Intermitern Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 5,40 Kw, kondisi *Operation* sebesar 5,60 Kw, kondisi *At Port* sebesar 5,05 Kw, dan Kondisi *Fire fighting* sebesar 0,80 Kw.

### 3. Kapasitas Generator

Setelah melakukan perhitungan setiap part di semua kondisi, maka selanjutnya adalah menghitung besaran *generator* atau kapasitas *generator* yang akan digunakan yaitu dengan cara sebagai berikut :

- a Menjumlahkan seluruh beban *Continous Load* dan *Intermitern Load* keseluruhan *Part* dalam setiap kondisi.
- b Untuk menentukan Total beban dari keseluruhan beban, maka untuk *Intermitern Load* dikalikan dengan *diversity factor* sebesar 0.5.
- c Maka total beban adalah *Continous Load* ditambahkan dengan *Intermitern Load* dikali faktor diversitas.
- d Menentukan *Generator* yang akan dipakai berdasarkan Perhitungan Total beban
- e Mencari *Load factor* dari *generator*.
- f Memutuskan pemakaian *generator* pada setiap kondisi dan menentukan *generator plan*

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol IV Tahun 2004 mengisyaratkan bahwa sekurang-kurangnya 2 *agregat* yang terpisah dari mesin penggerak utama harus disediakan untuk pemberi daya listrik. Daya keluaran harus berukuran sedemikian sehingga keluaran *generator* masih tersisa dan cukup untuk menutup kebutuhan daya dalam pelayaran dilaut ketika salah satu *agregat* rusak ataupun

dihentikan.

Tabel 3. Perhitungan *Load Generator*

Summary of Generator Load						
No	Description		Normal sea Going	Operation	At Port	FIRE Fighting
1	Total Continous Load	Kw	53.75	83.96	21.80	53.52
2	Total Intermittent Load	Kw	36.84	34.10	38.22	21.37
3	Int. Load x Diversity Factor	0.5	18.42	17.05	19.11	10.69
4	Grand Total	Kw	72.17	101.01	40.91	64.21
5	Main Generator	Kw	118	118	50	118
6	Load Factor Main Generator	%	61%	86%	82%	54%
	Generator Running		1 x Main Gen	1 x Main Gen	1 x Main Gen	1 x Main Gen

Daya cadangan harus dimasukkan dalam perhitungan untuk menutup kebutuhan daya pada puncak beban waktu singkat. Bila tidak ada petunjuk yang terperinci untuk menentukan persediaan daya yang cukup, daya keluar dari *generator* yang sekurang-kurangnya diperlukan untuk pelayanan selama pelayaran di laut harus 15% lebih besar dari kebutuhan daya yang di tentukan dalam *balance* daya.

Tabel 4. *Generator Plan*

Generator Plan				
Main Generator	2	Unit (1 Standby)	118 Kw	= 147.5 Kva
Harbour Generator	1	Unit	50 Kw	= 62.5 Kva

Setelah didapat data *Power Balance* tertinggi yaitu pada saat kondisi *Operation* yaitu sebesar 101,01 Kw maka dipilih *generator Caterpillar* dengan kapasitas 118 Kw sebanyak 2 Buah dimana 1 buah *generator standby*. Saat kondisi berlayar daya yang dibutuhkan sebesar 72,17 Kw maka menggunakan satu buah *generator* saja. Pada saat kondisi Operasi daya yang dibutuhkan yaitu 101,01 kw menggunakan 1 buah *generator* lalu pada kondisi bersandar dayanya 40,91 kw maka dipilih *harbour generator* dengan kapasitas 50 kw. Dan pada saat kondisi *Fire fighting* daya yang dibutuhkan 64,21 kw sehingga menggunakan 1 main *generator*.

#### 4. *Shore Connection*

Adanya daya yang dipakai pada saat

bersandar membuat kapal mematikan mesinnya dan mendapat listrik dari darat saja. Dengan beban pada kondisi *At Port* sebesar 40,91 Kw, maka *Shore Connection* memerlukan daya sebesar adalah 47,0465 Kw.

#### B. Pembahasan

Pada sub-bab ini dijelaskan mengenai pengujian *generator* yang diuji menggunakan *Load bank* sebagai sumber beban. Pengujian ini dilakukan untuk melihat ada tidaknya masalah pada pemilihan *generator* dan beban yang digunakan.

##### 1. Persiapan pengujian *Generator*

Tahap persiapan adalah hal yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian beban pada *generator*. Persiapan tersebut meliputi mempersiapkan peralatan pengujian seperti alat ukur dan tentunya *generator* yang akan diuji, serta pencatatan hasil dari pengujian *generator*.

##### 2. Pengujian beban *Generator*

Pengujian dilakukan dengan 2 *Generator* yang ada pada Kapal *Tugboat Hangtuh V*. Pengujian ini dilakukan secara bergantian dengan memastikan bahwa *generator* tersebut dapat diuji bebannya sesuai prosedur yang ada

Pada Tabel 5 dimana ditunjukkan hasil pengujian *generator* pada *Generator port* pada Kapal *Tugboat Hangtuh V*. Pada pengujian dilakukan dengan prosedur pemberian beban pada *generator* yang berbeda-beda.

Perhitungan secara data dapat dilihat dengan mengkalikan Spesifikasi *Generator* dengan besarnya persentase dari prosedur pengujian yang telah ditampilkan pada persamaan 2.9 yang selanjutnya diaplikasikan pada pengujian beban *generator* pada Kapal *Tug Boat Hangtuah V*.

a.  $118 \text{ kW} \times 25\% = 29,5 \text{ kW}$

Pemberian beban 25%, selama 5 menit, dengan Daya dari spesifikasi *generator* dikalikan dengan 25%. Spesifikasi pada *generator* 118 kW dikalikan dengan 25 % hasilnya 29,5 kW

CITRA SHIPYARD		LOAD TEST REPORT GENERATOR SET					
Doc No	03 / CS / 2019	Generator Maker	CATERPILLAR	Alternator Maker	GRIFFIN GA USA		
Shipyards	PT.CITRA SHIPYARD	Generator Type	LSAM 44 C64	Alternator Serial No	349879/1		
Project No.	TB 99 HANGTUAH V	Generator Serial	349879/1	KW / KVA	118 KW/147 KVA		
Ship of Name	HARBOUR TUG	KW	118	Ampere	244		
Date	10/09/2019	RPM 1500		Voltage	380		
PORT	Voltage	380	Frequency	50 HZ			
	Frequency	50	Revolution	1500 RPM			
	Date	2019	PF	1			
NO.	DURATION LOAD %	0%	25%	50%	75%	100%	110%
1	TIME FROM	0:00	5 mnt	10 mnt	15 mnt	30 mnt	2 MENIT
	TIME TO						Trip 4s
2	KW OUTPUT	0	28	59	90	118	128
	AMPERE R	0,1	43	91	138	179	192
3	AMPERE S	0,1	43	91	138	179	192
	AMPERE T	0,1	43	91	138	179	192
	VOLTAGE R - S	380	380	380	379	379	379
4	VOLTAGE S - T	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE T - R	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE R - N	220	219	219	219	219	219
5	VOLTAGE S - N	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE T - N	220	219	219	219	219	219
	POWER FACTOR	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
7	FREQUENCY (Hz)	50	50	50	50	50	50
8	SPEED (RPM)	1500	1500	1500	1500	1498	1498
9	ENGINE LUB. OIL PRESSURE (PSI) (MPa)	91.00	81.00	79.00	77.00	75.00	74
10	COOLING WATER TEMPERATURE (°C)	55	80	81	83	84	84

Tabel 5 Load Test Generator

b.  $118 \text{ kW} \times 50\% = 59 \text{ kW}$ .

Pemberian beban 50%, selama 10 menit, dengan Daya dari spesifikasi *generator* dikalikan dengan 50%. Spesifikasi pada *generator* 118 kW dikalikan dengan 50 % hasilnya 59 kW.

c.  $118 \text{ kW} \times 75\% = 88,5 \text{ kW}$ .

Pemberian beban 75%, selama 15 menit, dengan Daya dari spesifikasi *generator* dikalikan dengan 75%. Spesifikasi pada

*generator* 118 kW dikalikan dengan 75 % hasilnya 88,5 kW.

d.  $118 \text{ kW} \times 100\% = 118 \text{ kW}$ .

Pemberian beban 100%, selama 30 menit, dengan *Trip* setiap 4 *Seconds* dengan daya dari spesifikasi *generator* dikalikan dengan 100%. Spesifikasi pada *generator* 118 kW dikalikan dengan 100 % hasilnya 118 kW

Pada saat pengujian daya (KW) jika dilihat rentang daya dikalikan dengan persennya hampir mendekati jumlah daya pada perhitungan dengan 25% sebesar 28 kW, 50% sebesar 59 kW, 75% sebesar 90 kW, 100% sebesar 118 kW sesuai dengan spesifikasi, dan 110% sebesar 128 kW.

Pengukuran *Ampere RST*, *Voltage RST*, dan *Voltage RST-N* menggunakan Tang *Ampere* dan *Multitester*. Pada pengukuran Arus terjadi beberapa variasi arus pada beban yang berbeda-beda yakni, 0.1, 43, 91, 138, 179, dan 192 A. Pada pengukuran *Voltage RST* didapatkan sebesar 379-380 V pada semua pengujian sesuai dengan Spesifikasi. Pada pengukuran *Voltage RST-N* didapatkan tegangan 219-220 V di semua pengujian.

Frekuensi, *Speed (RPM)*, *Engine Lub. Oil Pressure*, dan *Cooling Water Temperature* dapat dilihat di monitor pada MSB yang terdapat di *Engine Room*. Pada frekuensi menunjukan 50Hz sama pada semua pengujian. *Speed* pada mesin memiliki rentang 1498-1500 Rpm. *Engine Lub. Oil Pressure* memiliki penurunan pada setiap pembebanan bertambah, berbeda dengan Suhu *Cooling Water* yang memiliki *tren* Naik apabila beban bertambah.



Gambar 5. MSB Kapal Tugboat Hangtuah V

Pada tabel 4.8 dimana ditunjukkan hasil pengujian *generator* pada *Generator STBD* pada Kapal *Tugboat Hangtuah V*. Pada pengujian dilakukan dengan prosedur

pemberian beban pada *generator* yang berbeda-beda. Pada saat pengujian daya (KW) jika dilihat rentang daya dikalikan dengan persennya hampir mendekati jumlah daya pada perhitungan dengan 25% sebesar 28 kW, 50% sebesar 59 kW, 75% sebesar 90 kW, 100%

sebesar 118 kW sesuai dengan spesifikasi, dan 110% sebesar 128 kW.

Tabel 6 Load Test STBD

CITRA SHIPYARD		LOAD TEST REPORT GENERATOR SET					
Doc No	03 / CS / 2019	Generator Maker	CATERPILLAR	Alternator Maker	GRIFFIN GA USA		
Shipyards	PT.CITRA SHIPYARD	Generator Type	LSAM 44 C64	Alternator Serial No	349879/2		
Project No.	TB 99 HANGTUAH V	Generator Serial	349879/2	KW / KVA	118 KW/147 KVA		
Ship of Name	HARBOUR TUG	KW	118	Ampere	244		
Date	10/09/2019		RPM 1500	Voltage	380		
STBD	Voltage	380		Frequency	50 HZ		
	Frequency	50		Revolution	1500 RPM		
	Date	2019		PF	1		
NO.	DURATION LOAD %	0%	25%	50%	75%	100%	110%
1	TIME FROM	0:00	5 mnt	10 mnt	15 mnt	30 mnt	2 MENIT
	TIME TO					Trip 4s	
2	KW OUTPUT	0	28	59	90	118	128
3	AMPERE R	0.1	44	90	138	179	195
	AMPERE S	0.1	44	90	138	179	195
	AMPERE T	0.1	44	90	138	179	195
4	VOLTAGE R - S	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE S - T	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE T - R	380	380	380	379	379	379
5	VOLTAGE R - N	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE S - N	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE T - N	220	219	219	219	219	219
6	POWER FACTOR	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
7	FREQUENCY (Hz)	50	50	50	50	50	50
8	SPEED (RPM)	1500	1500	1500	1500	1498	1498
9	ENGINE LUB. OIL PRESSURE (PSI) (MPa)	91.00	81.00	79.00	77.00	75.00	74
10	COOLING WATER TEMPERATURE (°C)	55	81	81	83	84	84

Pengukuran *Ampere RST*, *Voltage RST*, dan *Voltage RST-N* menggunakan Tang *Ampere* dan Multitester. Pada pengukuran *Ampere* terjadi beberapa variasi arus pada beban yang berbeda-beda yakni, 0.1, 44, 90, 138, 179, dan 195 *Ampere*. Pada pengukuran *Voltage RST* didapatkan tegangan sebesar 379-380 V pada semua pengujian sesuai dengan Spesifikasi. Pada pengukuran *Voltage RST-N* didapatkan tegangan sebesar 219-220 V pada semua pengujian.

Frekuensi, *Speed* atau *RPM*, *Engine Lub. Oil Pressure*, dan *Cooling Water Temperature* dapat dilihat pada monitor yang terdapat pada MSB yang terdapat di *Engine Room*. Pada frekuensi menunjukan 50Hz sama pada semua pengujian. *Speed* pada mesin memiliki rentang 1498-1500 Rpm. *Engine Lub. Oil Pressure* memiliki penurunan pada setiap pembebanan bertambah, berbanding terbalik dengan Suhu *Cooling Water* yang

memiliki *tren* Naik apabila beban bertambah



Gambar 7. Cooling water temperature Display

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Perhitungan beban daya Kapal *Tugboat Hangtuh V* dan mengitung pemakaian *generator* dan *shore connection* didapat data *Power Balance* tertinggi yaitu pada saat kondisi *Operation* yaitu sebesar 101,01 kW maka dipilih *generator Caterpillar* dengan kapasitas 118 kW sebanyak 2 Buah dimana 1 buah *generator standby*. Pada kondisi ini pemakaian beban dengan *Load Factor* sebesar 86% dan sedikit lebih besar dari perkiraan awal sebelum dilakukannya perhitungan beban *generator*. Dilakukannya pengujian beban *generator* untuk mengetahui pemakaian dan layaknya *generator* sebagai penyedia listrik di kapal. Hasil pada pengujian *Generator* juga menunjukkan hasil yang baik dan dapat digunakan.

### B. Saran

Perhitungan beban harus dilakukan sebelum menentukan *generator* yang akan

digunakan agar mengantisipasi kekurangan daya pada kapal. Pengujian dengan memberikan beban pada *generator* sangat diperlukan mengingat untuk memastikan *generator* dapat difungsikan dan dapat digunakan dengan tidak melebihi aturan dan perhitungan yang telah dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Suyanto, M. T. Prasetyo, and A. Kiswanto, "*Perancangan Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Perintis 2000 GT Dengan Elektrik Balance BKI*," p. 14, 2017.
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia, "*Rules for electrical Installation*," vol. IV. 2004.
- [3] A. B. Setyoko, E. S. Hadi, and U. Budiarto, "*Analisis Optimasi Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Penumpang Ro-Ro KM. Egon Dengan Metode Dynamic Programming*," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 1, no. 2, 2013.
- [4] E. Prayetno, *Sistem Installasi Listrik Perkapalan*. Teknik Elektro UMRAH, 2016.
- [5] R. H. B. I. Purba, E. S. Hadi, and U. Budiarto, "*Analisis Optimasi Penentuan Kapasitas Daya Generator Pada Kapal KM. Sinabung*," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 2, 2015.