

# Analisis Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Curah KM TL XVIII Dalam Rangka Efisiensi Energi

Rizka Ananda Marwan<sup>1</sup>, Aksan<sup>2</sup>, Nirwan A. Noor<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>1</sup>[rizkaanandamarwan@gmail.com](mailto:rizkaanandamarwan@gmail.com)

<sup>2</sup>[aksansubarjo@yahoo.co.id](mailto:aksansubarjo@yahoo.co.id)

<sup>3</sup>[nirwanpnup@gmail.com](mailto:nirwanpnup@gmail.com)

## Abstrak

Kapal Curah KM TL XVIII merupakan kapal kargo pengangkut semen curah yang memiliki 3 buah generator set dengan masing-masing daya generator adalah 225 kW. Untuk membangkitkan daya listrik yang dibutuhkan pada kapal curah KM TL XVIII maka generator set yang terpasang harus mampu beroperasi secara optimal dan efisien. Namun, dalam pembagian beban pada setiap generator set kurang optimal dan efisien sehingga konsumsi bahan bakar generator menjadi lebih boros. Kegiatan ini bertujuan untuk menentukan sistem penggunaan generator yang optimal untuk tiap kondisi operasional dan efisiensi konsumsi bahan bakar generator selama satu kali pelayaran. Salah satu cara dalam menentukan sistem penggunaan generator yang optimal dan efisiensi konsumsi bahan bakar generator adalah menggunakan metode *dynamic programming* dengan melakukan perhitungan pembagian beban merata. Sehingga diperoleh hasil analisa menunjukkan penggunaan generator 1 saat sandar, generator 2 saat berlayar, generator 1 dan 2 saat muat, dan generator 1 dan 2 saat bongkar. Adapun nilai efisiensi konsumsi bahan bakar generator adalah sebesar 23.713,16 liter. Jika dibandingkan dengan data di lapangan dengan jumlah penggunaan bahan bakar generator terbesar pada tahun 2020 adalah sebesar 29.324 liter selama satu kali pelayaran maka lebih efisien 5.610,84 liter.

**Keywords :** Generator, Dynamic Programming, Efisiensi Bahan Bakar

## I. PENDAHULUAN

Biro Klasifikasi Indonesia Vol IV Sec 3-4 (2004), menyatakan bahwa generator difungsikan sebagai sumber tenaga utama untuk mencukupi semua kebutuhan listrik di kapal. Hal inilah yang biasanya menyebabkan terjadinya penumpukan kebutuhan daya listrik di kapal. Penumpukan kebutuhan daya listrik tersebut biasanya terjadi pada saat-saat tertentu, dimana beberapa beban yang memiliki daya yang besar digunakan secara bersamaan [2].

Untuk membangkitkan daya listrik yang dibutuhkan pada kapal curah KM TL XVIII maka generator yang terpasang harus mampu beroperasi secara optimal dan efisien. Akan tetapi dalam pembagian beban pada setiap generator yang digunakan kurang optimal dan tidak efisien. Sehingga konsumsi bahan bakar generator menjadi lebih boros. Untuk mendapatkan penggunaan bahan bakar generator yang efisien dilakukan dengan perhitungan pembagian beban menggunakan metode *dynamic programming*.

*Dynamic programming* adalah strategi untuk membangun masalah optimal bertingkat, yaitu masalah yang dapat digambarkan dalam bentuk serangkaian tahapan (*multistage*) yang saling mempengaruhi satu sama lain. Dalam penelitian ini mendapatkan bahan bakar efisien pada saat operasional kapal dilakukan analisis daya menggunakan metode *dynamic programming*.

Tujuan dari penulisan jurnal ini adalah menentukan sistem penggunaan generator yang optimal untuk setiap kondisi operasional pada kapal curah KM TL XVIII dan memperoleh tingkat efisiensi konsumsi bahan bakar terhadap penggunaan generator selama satu kali perjalanan.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Kapal Curah KM TL XVIII

Kapal curah KM TL XVIII merupakan salah satu kapal kargo milik PT. Tonasa Lines yang mengangkut semen curah *unpackaged* yang hanya melayani semen curah dengan rute pelayaran dari Pelabuhan Biringkassi yang berada di Kab. Pangkep menuju Pelabuhan Samarinda lalu kembali ke Pelabuhan Biringkassi (Gambar 1).



Gambar 1 Kapal Curah KM TL XVIII

### B. Generator

Generator merupakan sumber tenaga utama untuk mencukupi semua kebutuhan daya listrik di kapal. Selama kapal di laut dan terisolasi dari sumber tenaga dari darat (PLN), maka sistem kelistrikan yang ada di kapal harus mampu menyuplai semua kebutuhan listrik.

### C. Perhitungan Kapasitas Generator

Dalam menentukan kapasitas generator kapal untuk melayani kebutuhan daya listrik maka analisis beban listrik digunakan sebagai metode untuk menentukan jumlah daya listrik yang dibutuhkan dengan memvariasikan pemakaian generator sesuai kondisi operasional [1].

#### 1. Faktor Beban (*Load Factor*)

*Load factor* untuk tiap peralatan listrik di kapal tidak sama. Hal ini tergantung pada jenis kapal dan daerah pelayarannya seperti faktor medan yang fluktuatif (rute pelayaran), kondisi beban yang berubah-ubah, serta periode waktu pemakaian yang tidak tentu atau tidak sama.

#### 2. Faktor Kesamarataan (*Diversity Factor*)

*Diversity factor* sering juga disebut sebagai faktor kebersamaan yang merupakan perbandingan antara total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu dengan total daya keseluruhan peralatan yang ada. Pembebanan pada kapal dibagi menjadi dua yaitu :

##### a. Beban Kontinyu (*Continous Load*)

*Continous Load* adalah peralatan listrik yang digunakan secara terus-menerus. Contohnya penerangan, AC, kulkas, kipas angin, *internal communication*, *radio system*, dan *nautical system*, dan lain-lain.

##### b. Beban Sementara (*Intermitten Load*)

*Intermitten Load* terdapat pada peralatan yang digunakan secara periodik atau tidak secara terus-menerus Contohnya pompa transfer bahan bakar, pompa air tawar, *mechanical fan*, *dust collector fan*, *blower unloading*, *cargo compressor cooling pump*, dan *cargo auxiliary compressor*, dan lain-lain.

Dalam perhitungan kapasitas selain *load factor* dan *diversity factor* ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain kondisi kapal, data beban listrik, dan penggolongan beban listrik.

Perhitungan daya listrik dari berbagai bagian kapal diperoleh daya total beban seperti persamaan (1) sebagai berikut [4] :

$$PB = PA + (x \cdot PT) \quad (1)$$

Dengan:

- PB : Daya total beban  
PA : Pemakaian beban kotinyu  
PT : Pemakaian beban intermitten  
x : *Common simultanity factor* (0.5)

### D. Dynamic Programming

Konsep dasar *dynamic programming* dibagi menjadi lima konsep yang saling berkaitan, lima konsep itu antara lain [3]:

#### 1. Dekomposisi

Persoalan *dynamic programming* dapat dipecah-pecah menjadi sub-persoalan atau tahapan (*stage*) yang lebih kecil dan berurutan. Setiap tahap disebut juga sebagai titik keputusan. Setiap keputusan yang dibuat pada suatu tahap akan

mempengaruhi keputusan-keputusan pada tahap berikutnya.

#### 2. Status

Status adalah kondisi awal dan kondisi akhir pada setiap tahap, dimana pada tahap tersebut keputusan dibuat. Status akhir pada sebuah tahap tergantung kepada status awal dan keputusan yang dibuat pada tahap yang bersangkutan. Status akhir pada suatu tahap merupakan input bagi tahap berikutnya.

#### 3. Variabel Keputusan dan Hasil

Keputusan yang dibuat pada setiap tahap merupakan keputusan yang berorientasi kepada *return* yang diakibatkannya yaitu tingkat maksimal atau minimal.

#### 4. Optimasi Tahap

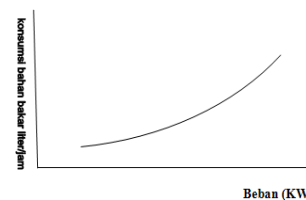
Optimasi Tahap dalam *dynamic programming* adalah menentukan keputusan optimal pada setiap tahap dari berbagai kemungkinan nilai status inputnya.

#### 5. Fungsi Rekursif

Fungsi Rekursif biasanya digunakan pada berbagai program komputer, dimana nilai sebuah variabel pada fungsi itu merupakan nilai kumulatif dari nilai variabel tersebut pada tahap sebelumnya.

### E. Efisiensi Energi

Penentuan kapasitas generator harus mendukung untuk pengoperasian di kapal. Walaupun pada beberapa kondisi pengoperasian kapal terdapat selisih yang cukup besar sehingga mengakibatkan efisiensi generator (*load factor*) generator berkurang atau melebihi yang pada akhirnya mempengaruhi bahan bakar generator tersebut.



Gambar 2 Kurva Karakteristik Biaya Bahan Bakar ( $C_i$ ) Terhadap *Output* Daya ( $P_i$ )

Hubungan antara konsumsi bahan bakar terhadap *output* daya generator seperti pada Gambar 2 dirumuskan oleh persamaan (2) berikut [3]:

$$C_i = \alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2 \quad (2)$$

Dengan:

- $C_i$  = Konsumsi bahan bakar generator ke-*i* (m<sup>3</sup>/h atau liter/jam)  
 $P_{gi}$  = Daya yang dibangkitkan generator unit ke-*i* (kW)  
 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  = Konstanta hubungan bahan bakar dan daya yang dihasilkan unit ke-*i* generator

Konstanta  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\gamma_i$  didapatkan dengan menentukan tiga titik potong pada Gambar 2 antara konsumsi bahan bakar ( $y_i$ ) dan daya yang dibangkitkan atau beban ( $x_i$ ) yang dipikul unit generator terlebih dahulu. Tiga titik potong tersebut

adalah titik  $x_1y_1$  (pada beban rendah),  $x_2y_2$  (pada beban menengah), dan  $x_3y_3$  (pada beban tinggi) yang ketiga titik tersebut diambil pada sembarang titik. Persamaan (2) menjadi persamaan (3), (4), dan (5) sebagai berikut [3].

$$y_1 = \alpha_1 + \beta_1 x_1 + \gamma_1 x_1^2 \quad (3)$$

$$y_2 = \alpha_2 + \beta_2 x_2 + \gamma_2 x_2^2 \quad (4)$$

$$y_3 = \alpha_3 + \beta_3 x_3 + \gamma_3 x_3^2 \quad (5)$$

Ketiga persamaan tersebut disubstitusikan hingga didapatkan nilai-nilai  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\gamma_i$ . Dalam suatu sistem tenaga dengan sejumlah  $n$  generator, konsumsi bahan bakar total generator dirumuskan seperti persamaan (6) berikut [3]:

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i \quad (6)$$

Dengan:

$C_t$  = konsumsi bahan bakar total generator

$C_i$  = konsumsi bahan bakar unit ke- $i$  generator

$n$  = jumlah unit generator

Pembagian beban harus memenuhi batasan-batasan kemampuan generator yang akan memikul beban tersebut. Syarat untuk  $n$  buah generator dengan syarat  $P_{1min} + \dots + P_{nmin} \leq P_d \leq P_{1max} + \dots + P_{nmax}$  [3].

Dengan :

$P_{nmin}$  = batas daya minimum generator untuk memikul beban

$P_{nmax}$  = batas daya maksimum generator untuk memikul beban

$P_d$  = daya beban yang dilayani generator

Jika dipikul oleh  $n$  buah generator, maka persamaan matematis (7) seperti berikut [3]:

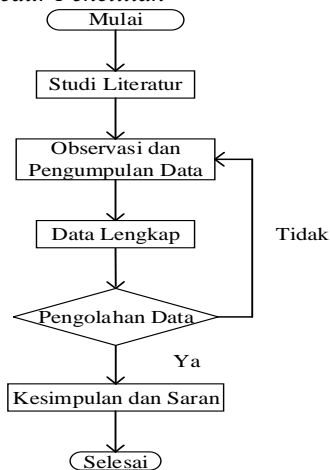
$$P_1 = P_2 = \dots = P_n = P_d / n \quad (7)$$

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis terkait Analisis Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Curah KM TL XVIII Dalam Rangka Efisiensi Energi dilaksanakan di Kapal Curah KM TL XVIII yang terletak di Pelabuhan Biringkassi, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan.

#### B. Prosedur Penelitian



Gambar 3 Bagan alur prosedur penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *dynamic programming* dalam menentukan penggunaan bahan bakar generator yang efisien. Pada prosedur penelitian seperti Gambar 3 menjelaskan alur yang akan dilakukan dalam pembuatan jurnal ini. Diawali dengan studi literatur, lalu melakukan observasi dan mengumpulkan data. Kemudian mengolah data menggunakan rumus konsumsi bahan bakar. Dari proses pengolahan data didapatkan hasil dan pembahasan, sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai hasil evaluasi.

#### C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur yang berkaitan dengan penulisan jurnal ini, observasi pada kapal curah KM TL XVIII, mengumpulkan data yang diperlukan, melakukan wawancara dengan KKM kapal tersebut, dan melakukan dokumentasi sebagai penunjang penelitian.

#### D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan penulis dalam penelitian ini merujuk pada tujuan penelitian yang telah dirumuskan. Berdasarkan tujuan penelitian, maka analisis data yang digunakan adalah analisis data deskriptif dengan cara menghitung konsumsi bahan bakar terhadap penggunaan setiap generator, melakukan simulasi pembagian beban merata dengan cara memvariasikan penggunaan generator untuk memperoleh tingkat efisiensi konsumsi bahan bakar generator selama satu kali pelayaran, menentukan nilai persentase efisiensi konsumsi bahan bakar generator, dan membandingkan hasil teori perhitungan dengan data konsumsi bahan bakar di lapangan. Dari perbandingan tersebut dapat diperoleh efisiensi konsumsi bahan bakar pada kebutuhan daya listrik pada Kapal Curah KM TL XVIII.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Spesifikasi Generator

Berikut adalah spesifikasi generator KM TL XVIII, yaitu:

Manufacture	: YANMAR
Type	: 6 HAL Z-WDT
Rated output	: 225 kW

#### B. Jalur Pelayaran

Pada tanggal 29 November 2020 – 8 Desember 2020 rute pelayaran yang dilalui oleh kapal curah KM TL XVIII adalah Pelabuhan Biringkassi – Pelabuhan Samarinda – Pelabuhan Biringkassi.

### C. Perhitungan Kapasitas Generator

Tabel 1 Total Beban Listrik

Designation	Berlayar	Muat	Sandar	Bongkar
Total Continuous Load	108	108	82	291.1
Total Intermittent Load	136.7	293	166.3	177.2
Grand Total Load	203.7	313.1	198.4	415.1

### D. Analisa Karakteristik Generator

Cara untuk mencari persamaan Ci generator 1, 2, dan 3 dengan menentukan beban rendah, beban menengah dan beban yang paling tinggi yang diambil dari data masing-masing generator yang diperoleh.

Tabel 1 Test Record Generator 1

Generator 1		
Load (%)	Daya (kW)	Bahan Bakar (liter/jam)
25%	63	15.85
50%	127	30.7
75%	191	50.65

Load % adalah beban maksimum yang bekerja pada generator tersebut.

$$\begin{aligned} x_1 &= 63 & y_1 &= 15,85 \\ x_2 &= 127 & y_2 &= 30,7 \\ x_3 &= 191 & y_3 &= 50,65 \end{aligned}$$

Selanjutnya, nilai di atas dimasukkan ke dalam persamaan berikut :

$$\begin{aligned} 15,85 &= \alpha + 63\beta + 3.969\gamma \\ 30,7 &= \alpha + 127\beta + 16.129\gamma \\ 50,65 &= \alpha + 191\beta + 36.481\gamma \end{aligned}$$

Selanjutnya, mensubstitusikan persamaan di atas seperti berikut :

$$\begin{aligned} 15,85 &= \alpha + 63\beta + 3.969\gamma \\ 50,65 &= \alpha + 191\beta + 36.481\gamma - \\ 34,8 &= 128\beta + 32.512\gamma \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 30,7 &= \alpha + 127\beta + 16.129\gamma \\ 50,65 &= \alpha + 191\beta + 36.481\gamma - \\ 19,95 &= 64\beta + 20.352\gamma \end{aligned}$$

Setelah itu, hasil dari kedua substitusi persamaan di atas kemudian disubstitusikan kembali untuk mencari nilai  $\gamma$  seperti berikut :

$$\begin{aligned} 34,8 &= 128\beta + 32.512\gamma & \times 1 & \left| \begin{array}{l} 34,8 = 128\beta + 32.512\gamma \\ 19,95 = 64\beta + 20.352\gamma \end{array} \right. \\ 19,95 &= 64\beta + 20.352\gamma & \times 2 & \left| \begin{array}{l} 34,8 = 128\beta + 32.512\gamma \\ 39,9 = 128\beta + 40.704\gamma \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5,1 &= 8.192\gamma \\ \gamma &= 0,00062 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $\gamma$  seperti di atas, selanjutnya nilai  $\gamma$  dimasukkan ke salah satu persamaan untuk mendapatkan nilai dari  $\beta$  seperti berikut :

$$\begin{aligned} 19,95 &= 64\beta + 20.352\gamma \\ 19,95 &= 64\beta + 20.352(0,00062) \\ 19,95 &= 64\beta + 12,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{7,33}{64} \\ \beta &= 0,11 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai  $\beta$  dan  $\gamma$  disubstitusikan ke salah satu persamaan untuk mendapatkan nilai dari  $\alpha$  seperti berikut :

$$\begin{aligned} 15,85 &= \alpha + 63\beta + 3.969\gamma \\ 15,85 &= \alpha + 63(0,11) + 3.969(0,00062) \\ 15,85 &= \alpha + 6,93 + 2,46 \\ \alpha &= 6,46 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  maka didapatlah persamaan konsumsi bahan bakar untuk generator 1 seperti persamaan berikut :

$$CiDG1 = \alpha + \beta Pg1 + \gamma Pg1^2$$

Jadi untuk mencari konsumsi bahan bakar generator 1 menggunakan persamaan

$$CiDG1 = 6,46 + 0,11Pg1 + 0,00062Pg1^2$$

Tabel 2 Test Record Generator 2

Generator 2		
Load (%)	Daya (kW)	Bahan Bakar (liter/jam)
25%	78	18.8
50%	136	33.86
75%	200	51.7

Cara untuk mencari konsumsi bahan bakar pada generator 2 sama seperti di atas, maka untuk mencari konsumsi bahan bakar generator 2 menggunakan persamaan

$$CiDG2 = -0,11 + 0,23Pg2 + 0,00016 Pg2^2$$

Tabel 4 Test Record Generator 3

Generator 3		
Load (%)	Daya (kW)	Bahan Bakar (liter/jam)
25%	63	15.85
50%	117	30.7
75%	181	50.65

Untuk mencari konsumsi bahan bakar generator 3 dengan menggunakan persamaan

$$CiDG3 = 0,8 + 0,22Pg3 + 0,00030Pg3^2$$

### E. Simulasi Pembagian Beban Generator Menggunakan Metode Dynamic Programming

#### 1. Simulasi Pembagian Beban Merata

Generator yang beroperasi di kapal curah KM TL XVIII adalah (1 x 225 kW) + (1 x 225 kW) dengan pembagian beban  $P1 = P2 = 415,1 \text{ kW} / 2 = 207,55 \text{ kW}$ , dengan beban listrik masing-masing generator adalah 207,55 kW.

#### 2. Simulasi Pertama

Sandar menggunakan generator (DG1), berlayar menggunakan generator (DG2), muat menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG2), dan bongkar muatan menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG2).

Tabel 3 Simulasi Pertama

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)			Bahan Bakar (liter)			Waktu (jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG1	DG2	DG3	DG1	DG2	DG3		
Sandar	198.4	198.4			52.68			1	52.68
Muat	313.1	156.55	156.55		101.68	81.45		20	3662.6
Berlayar	203.7		203.7			53.38		51	2722.38
Sandar	198.4	198.4			52.68			5	263.4
Bongkar	415.1	207.55	207.55		158.95	108.64		54	14449.86
Berlayar	203.7		203.7			53.38		48	2562.24
Total									23713.16

### 3. Simulasi Kedua

Sandar menggunakan generator (DG1), berlayar menggunakan generator (DG3), muat menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG3), dan bongkar muatan menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG3).

### 4. Simulasi Ketiga

Sandar menggunakan generator (DG2), berlayar menggunakan generator (DG3), muat menggunakan 2 generator (DG2) dan (DG3), dan bongkar muatan menggunakan 2 generator (DG2) dan (DG3).

Tabel 4 Simulasi Kedua

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)			Bahan Bakar (liter)			Waktu (jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG1	DG2	DG3	DG1	DG2	DG3		
Sandar	198.4	198.4			52.68			1	52.68
Muat	313.1	156.55		156.55	101.68		99.09	20	4015.4
Berlayar	203.7			203.7			58.06	51	2961.06
Sandar	198.4	198.4			52.68			5	263.4
Bongkar	415.1	207.55		207.55	158.95		143.81	54	16349.04
Berlayar	203.7			203.7			58.06	48	2786.88
Total									26428.46

Tabel 5 Simulasi Ketiga

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)			Bahan Bakar (liter)			Waktu (jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG1	DG2	DG3	DG1	DG2	DG3		
Sandar	198.4		198.4		51.82			1	51.82
Muat	313.1		156.55	156.55	87.59		99.09	20	3733.6
Berlayar	203.7			203.7			58.06	51	2961.06
Sandar	198.4		198.4		51.82			5	259.1
Bongkar	415.1		207.55	207.55	122.93		143.81	54	14403.96
Berlayar	203.7			203.7			58.06	48	2786.88
Total									24196.42

### 5. Simulasi Keempat

Sandar menggunakan generator (DG2), berlayar menggunakan generator (DG1), muat menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG2), dan bongkar muatan menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG2).

Tabel 6 Simulasi Keempat

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)			Bahan Bakar (liter)			Waktu (jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG1	DG2	DG3	DG1	DG2	DG3		
Sandar	198.4		198.4		51.82			1	51.82
Muat	313.1	156.55	156.55		101.7	87.59		20	3785.4
Berlayar	203.7	203.7			54.6			51	2784.6
Sandar	198.4		198.4		51.82			5	259.1
Bongkar	415.1	207.55	207.55		159	122.93		54	15221.52
Berlayar	203.7	203.7			54.6			48	2620.8
Total									24723.24

### 6. Simulasi Kelima

Sandar menggunakan generator (DG3), berlayar menggunakan generator (DG1), muat menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG1), dan bongkar muatan menggunakan 2 generator (DG1) dan (DG3).

Tabel 7 Simulasi Kelima

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)			Bahan Bakar (liter)			Waktu (jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG1	DG2	DG3	DG1	DG2	DG3		
Sandar	198.4			198.4			56.26	1	56.26
Muat	313.1	156.55		156.55	101.68		99.09	20	4015.4
Berlayar	203.7	203.7			54.6			51	2784.6
Sandar	198.4			198.4			56.26	5	281.3
Bongkar	415.1	207.55		207.55	158.95		143.81	54	16349.04
Berlayar	203.7	203.7			54.6			48	2620.8
Total									26107.4

### 7. Simulasi Keenam

Sandar menggunakan generator (DG3), berlayar menggunakan generator (DG2), muat menggunakan 2 generator (DG2) dan (DG3), dan bongkar muatan menggunakan 2 generator (DG2) dan (DG3).

Berdasarkan hasil dari keenam simulasi dalam menentukan konsumsi bahan bakar generator menggunakan metode *dynamic programming* sehingga didapatkan total penggunaan konsumsi bahan bakar generator yang paling minimum yaitu simulasi pertama dengan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Adapun grafik jumlah bahan bakar generator yang optimal seperti yang terlihat pada Gambar 4. Sistem kelistrikan yang digunakan pada kapal curah KM TL XVIII yaitu beban generator disesuaikan dengan kebutuhan pada jumlah beban listrik yang digunakan yang sinkron dengan generator yang beroperasi.

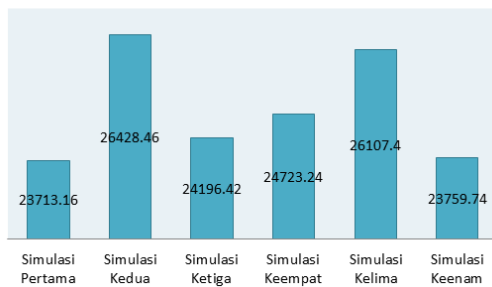
Tabel 8 Simulasi Keenam

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)			Bahan Bakar (liter)			Waktu (jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG1	DG2	DG3	DG1	DG2	DG3		
Sandar	198.4			198.4			56.26	1	56.26
Muat	313.1		156.55	156.55	87.59	99.09		20	3733.6
Berlayar	203.7		203.7			53.38		51	2722.38
Sandar	198.4			198.4			56.26	5	281.3
Bongkar	415.1		207.55	207.55		122.93	143.81	54	14403.96
Berlayar	203.7		203.7			53.38		48	2562.24
Total									23759.74

Berdasarkan pengamatan, dalam penentuan simulasi pembagian beban merata dengan memvariasikan penggunaan generator 1, 2, dan 3 pada saat kapal dalam kondisi sandar, berlayar, muat, dan bongkar muatan nilai efisiensi konsumsi bahan bakar generator yang paling minimum yaitu pada simulasi pertama dengan total penggunaan bahan bakar sebesar 23.713,16 liter dengan memvariasikan penggunaan generator 1 dan generator 2 untuk kondisi sandar menggunakan generator 1, kondisi muat menggunakan 2 buah

generator yaitu generator 1 dan 2, kondisi berlayar menggunakan generator 2, dan kondisi bongkar muatan menggunakan generator 1 dan 2.

#### Penggunaan Bahan Bakar



Gambar 4 Grafik penggunaan bahan bakar generator

Jika dibandingkan dengan data di lapangan dengan jumlah penggunaan bahan bakar generator terbesar pada tahun 2020 adalah sebesar 29.324 liter selama satu kali pelayaran dengan rute Pelabuhan Biringkassi – Pelabuhan Samarinda – Pelabuhan Biringkassi, maka lebih efisien 5.610,84 liter.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan data di lapangan pada tanggal 29 November – 8 Desember 2020 saat kapal kondisi sandar menggunakan generator 2, berlayar menggunakan generator 1, kondisi muat menggunakan generator 2 dan 3, dan kondisi bongkar muatan menggunakan generator 2 dan 3. Sedangkan hasil perhitungan menyatakan bahwa simulasi ketiga yang mendapatkan hasil konsumsi bahan bakar generator yang paling minimum untuk kondisi sandar menggunakan generator 2, kondisi berlayar menggunakan generator 2, kondisi muat menggunakan 2 buah generator yaitu generator 2 dan 3, dan kondisi bongkar muatan menggunakan generator 2 dan 3.
2. Berdasarkan pengamatan, nilai efisiensi konsumsi bahan bakar generator yang paling minimum yaitu pada simulasi pertama dengan total penggunaan bahan bakar sebesar 23.713,16 liter. Jika dibandingkan dengan data di lapangan dengan jumlah penggunaan bahan bakar generator terbesar pada tahun 2020 adalah sebesar 29.324 liter selama satu kali pelayaran dengan rute Pelabuhan Biringkassi – Pelabuhan Samarinda – Pelabuhan Biringkassi, maka lebih efisien 5.610,84 liter. Yang membedakan konsumsi bahan bakar generator hasil perhitungan lebih efisien dibandingkan dengan data di lapangan adalah penggunaan generator. Konsumsi bahan bakar generator hasil perhitungan mengacu pada data

*test record generator* yaitu konsumsi bahan bakar/jam.

#### REFERENSI

- [1] Bestari, Freniko Eka, *Analisis Karakteristik Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Ferry Dalam Rangka Efisiensi Energi*, ITS, Surabaya, 2011.
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules For Electrical Installation*, Vol IV, Jakarta. 2004.
- [3] Purba, Rolan Haris Ben Imanuel, *Analisis Optimasi Penentuan Kapasitas Daya Generator Pada Kapal KM. Sinabung*, Universitas Diponegoro Semarang. Semarang, 2015.
- [4] Roy L, Harrington, *Marine Engineering. The Society Of Naval Architects and Marine Engineers*, New York, 1992.