

# ANALISIS OPTIMASI PENENTUAN KAPASITAS DAYA GENERATOR PADA KAPAL KM. SINABUNG

Rolan Haris Ben Imanuel Purba<sup>1</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>1</sup>, Untung Budiarto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pogram Studi S1 Teknik Perkapalan

Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

Email : [rolanpoerba@gmail.com](mailto:rolanpoerba@gmail.com)

## Abstrak

Kapal KM. SINABUNG merupakan kapal penumpang yang memiliki 4 buah generator. Untuk membangkitkan daya yang dibutuhkan pada kapal KM. SINABUNG maka *generator set* yang terpasang harus mampu beroperasi secara optimal dan efisien. Akan tetapi dalam pembagian beban pada setiap *generator set* kurang optimal dan efisien. Sehingga konsumsi bahan bakar generator menjadi lebih boros. Pada penentuan kapasitas daya generator, peneliti melakukan beberapa tahap dalam proses mencari hasil yang optimum. Pertama, menghitung kapasitas peralatan yaitu dengan menghitung nilai faktor beban peralatan. Kedua, mencari jumlah beban dalam setiap kondisi operasional kapal pada saat sandar, manuver dan berlayar. Ketiga, mencari nilai faktor beban dari variasi generator yang digunakan dengan menggunakan simulasi metode *dynamic programming* untuk mendapatkan beban serta bahan bakar yang efisien. Hasil perhitungan jumlah beban dalam setiap kondisi adalah 633,64 kW pada saat sandar, 899,53 kW pada saat manuver, serta 678,72 kW pada saat berlayar. Metode *dynamic programming* diterapkan pada kapal KM. Sinabung pada simulasi pelayaran dari Tanjung Perak – Tanjung Priok – Kijang dan kembali ke Tanjung Perak. Konsumsi bahan bakar yang efisien adalah sebesar 7349,41 liter yaitu dengan mengoperasikan generator 1 & generator 3.

Kata kunci : *Diesel Generator, Dynamic Programming, Efisiensi Bahan Bakar*

## 1. PENDAHULUAN

*Generator set* di kapal menjadi tenaga utama yang mencukupi kebutuhan listrik pada kapal. Kapal KM.SINABUNG merupakan kapal penumpang yang memiliki 4 buah generator yang memiliki daya masing-masing sebesar 882 kW. Untuk membangkitkan daya yang dibutuhkan pada kapal KM. SINABUNG maka *generator set* yang terpasang harus mampu beroperasi secara optimal dan efisien. Akan tetapi dalam pembagian beban pada setiap *generator set* kurang optimal dan efisien. Sehingga konsumsi bahan bakar generator menjadi lebih boros. Untuk mendapatkan biaya operasional yang optimal dan efisien dapat dilakukan 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 daya dan bahan bakar optimal pada saat operasional kapal dilakukan analisis daya menggunakan metode *dynamic programming*. Penelitian yang sama yaitu pada penelitian Analisis Optimasi Kebutuhan Daya

Listrik Pada Kapal Penumpang KM.Egon Dengan Metode *Dynamic Programming* yang dimana hasilnya adalah jumlah beban yaitu sandar (219,84 kW), manuver (1014,37 kW), berlayar (419,55 kW) dan total penggunaan bahan bakar 2622,42 liter [1]. Kemudian pada penelitian Simulasi Perhitungan Pembebanan Ekonomis Pada Pusat Listrik Tenaga Diesel Dengan Menggunakan Metode *Dynamic Programming* yang hasilnya adalah dengan mengoperasikan pembangkit unit 1,2,3,4 biaya operasi pembangkit adalah Rp 6.718.079/hari, efisiensi penghematan konsumsi bahan bakar adalah Rp 1.192.525/hari[5]. Kemudian pada penelitian Penjadwalan Pembangkit Hidro-Thermal Menggunakan Metode *Dynamic Programming* dimana hasilnya adalah beban sistem sebesar 7980MW, dengan mengoperasikan 3 unit pembangkit Hidro dan 5 pembangkit Thermal menghasilkan penghematan biaya operasi sebesar 2.64% atau Rp 287.059.636,03/hari[6]. Dan pada penelitian ini hasilnya ialah jumlah beban setiap kondisi yaitu sandar(633,64kW), manuver(899,53kW), berlayar (678,72kW) dengan mengoperasikan Generator 1&3 dan menghasilkan bahan bakar yang paling minimum yaitu 7349,41 liter.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 KM.SINABUNG

KM.Sinabung merupakan kapal yang dioperasikan oleh PT.Pelayaran Nasional Indonesia (PELNI). KM. Sinabung merupakan jenis kapal penumpang yaitu kapal yang hanya melayani penumpang. Rute perjalanan KM. Sinabung melayani pelayaran dari pelabuhan Tanjung Priok Jakarta utara menuju pelabuhan Tanjung Perak Surabaya serta pelabuhan Kijang yang berada di Tanjung Pinang [11]



Gambar 1 Kapal Penumpang KM. Sinabung

### 2.2 Generator

Generator adalah alat bantu kapal yang berguna untuk memenuhi kebutuhan listrik di atas kapal. Dalam penentuan kapasitas generator kapal yang akan digunakan untuk melayani kebutuhan listrik di atas 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. [1]

#### Perencanaan Kapasitas Generator

Untuk menentukan kapasitas generator di kapal dipergunakan suatu table balans daya yang mana seluruh peralatan listrik yang ada kapasitasnya atau dayanya tertera dalam table tersebut. Sehingga dengan table balans daya tersebut dapat diketahui daya listrik yang diperlukan untuk masing-masing kondisi operasional kapal. Dalam penentuan *electric balans* BKI Vol. IV (Bab I, D.I) mengisyaratkan bahwa: [2]

- Seluruh perlengkapan pemakaian daya yang secara tetap diperlukan untuk memelihara pelayanan normal harus diperhitungkan dengan daya kerja penuh.
- Beban terhubung dari seluruh perlengkapan cadangan harus dinyatakan. Dalam hal perlengkapan pemakaian daya nyata yang hanya bekerja bila suatu perlengkapan serupa rusak, kebutuhan dayanya tidak perlu dimasukkan dalam perhitungan.
- Daya masuk total harus ditentukan, dari seluruh pemakaian daya yang hanya untuk sementara dimasukkan, dikalikan dengan suatu factor kesamaan waktu

bersama (*common simultancity factor*) dan ditambahkan kepada daya masuk total dari seluruh perlengkapan pemakaian daya yang terhubung tetap.

- Daya masuk total sebagaimana telah ditentukan sesuai a. dan c. Maupun daya yang diperlukan untuk instalasi pendingin yang mungkin ada, harus dipakai sebagai dasar dalam pemberian ukuran instalasi generator. [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 :

**Faktor beban = Total waktu operasi peralatan : Total waktu kondisi**

Untuk peralatan yang jarang beroperasi dianggap mempunyai beban nol.

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

Peralatan listrik di atas kapal memiliki karakter pembebanan yang spesifik dimana peralatan bekerja tidak pada waktu pemakaian yang teratur dan secara bersamaan. Terdapat dua jenis pembebanan dalam pengoperasian peralatan listrik di kapal yaitu :

- Beban yang bekerja terus-menerus (*continuous load*) yaitu peralatan yang beroperasi secara kontiniu pada kondisi pelayaran normal seperti: lampu-lampu navigasi, pompa untuk CPP.
- Beban terputus-putus (*intermiten load*) yaitu peralatan yang beroperasi secara terputus-putus pada kondisi pelayaran normal dengan periode waktu yang tidak tetap seperti pompa transfer bahan bakar, pompa air tawar. [8]

#### Perhitungan Kapasitas

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. Dalam BKI Vol IV, Bab I,D.1.c, ditetapkan factor kesamarataan dengan mempertimbangkan beban tertinggi yang diharapkan terjadi pada waktu yang sama. Jika penentuan tepat tidaklah mungkin, factor kesamaan waktunya digunakan tidak boleh lebih kecil dari 0,5, dengan demikian diperoleh daya-daya total beban sebagai berikut :

$$PB = PA \text{ (kontinyu)} + (x \cdot PT \text{ (Intermitten)})$$

Dimana: PB: Daya total beban

PA: Pemakaian beban Kontinyu

PT: Pemakaian beban

Intermitten

X: Common Simultaneity factor  
(0.5)

Dalam perhitungan kapasitas selain *load factor* dan *diversity factor* ada beberapa hal yang harus diperhatikan,

- Kondisikapal
- Data peralatan
- Penggolongan Peralatan

Kemudian semua data peralatan dengan memperhatikan beberapa hal diatas dimasukkan kedalam table balans daya. [8]

Daya total yang diperlukan adalah jumlah beban yang harus dilayani generator pada masing-masing kondisi operasi kapal dan besarnya menurut BKI adalah :

**Jumlah beban = beban sementara x faktor diversitas + beban tetap** [1]

## 2.3 Dynamic Programming

### Konsep Dasar dalam DP

Konsep dasar *dynamic programming* dibagi menjadi lima konsep yang saling berkaitan, lima konsep itu antara lain: [9]

#### Dekomposisi

Persoalan DP 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.

#### Status

Status adalah kondisi awal ( $S_n$ ) dan kondisi akhir ( $S_{n-1}$ ) pada setiap tahap, dimana pada tahap tersebut keputusan dibuat ( $D_n$ ). 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.

#### Variabel Keputusan dan Hasil

Keputusan yang dibuat pada setiap tahap ( $D_n$ ) merupakan keputusan yang berorientasi kepada *return* yang diakibatkannya ( $R_n | D_n$ ), yaitu tingkat maksimal atau minimal.

#### Optimasi Tahap

Optimasi tahap dalam DP adalah menentukan keputusan optimal pada setiap tahap dari berbagai kemungkinan nilai status inputnya. Fungsi umum dari keputusan optimal adalah :

$f_n(S_n, D_n) = \text{return pada tahap-n dari nilai status input. S dan keputusan, Dn.}$

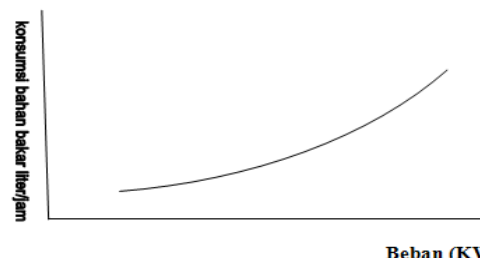
$f_n^*(S_n) = \text{return optimal pada tahap-n dari nilai input status, S, n.}$

## Fungsi Rekursif

Fungsi rekursif biasanya digunakan pada berbagai program komputer, di mana nilai sebuah variable pada fungsi itu merupakan nilai kumulatif dari nilai variable tersebut pada tahap sebelumnya. Pada DP, fungsi umum dituliskan sebagai:

$$f_n(S_n, D_n) = R_n + f_{n-1}^*(S_{n-1}, D_{n-1}) \quad (2.1)$$

## Optimasi Bahan Bakar Menggunakan DP



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

Hubungan antara konsumsi bahan bakar terhadap *output* daya generator dirumuskan oleh persamaan berikut: [4]

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

Dimana:

$C_i$  = Konsumsi bahan bakar generator ke- $i$  ( $m^3/h$  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 yang unit ke  $i$

Konstanta  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  didapatkan dengan menentukan 3 (tiga) titik potong pada gambar 2.2 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 (2.2) menjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} y_1 &= \alpha_1 + \beta_1 x_1 + \gamma_1 x_1^2 \\ y_2 &= \alpha_2 + \beta_2 x_2 + \gamma_2 x_2^2 \\ y_3 &= \alpha_3 + \beta_3 x_3 + \gamma_3 x_3^2 \end{aligned}$$

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 oleh: [9]

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i$$

Dimana :

$C_t$  = 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:[1]

$$P_{1min} + \dots + P_{nmin} \leq P_d \leq P_{1max} + \dots + P_{nmax}$$

dimana:

$P_{nmin}$  dan  $P_{nmax}$  = masing-masing adalah batas kemampuan minimum dan maksimum generator untuk memikul beban.

$$P_d = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (2.8)$$

Jika dipikul oleh n buah generator maka:

$$P_1 = P_2 = \dots = P_n = P_d / n \quad (2.9)$$

Perencanaan beban hendaknya dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan kombinasi unit generator yang akan memikul beban tersebut. Jumlah unit generator yang akan memikul beban harus memenuhi syarat kemampuan jumlah generator yang akan dioperasikan memikul beban.

Algoritma untuk menghitung pembagian beban antar unit generator dan konsumsi bahan bakar untuk membangkitkan daya tersebut adalah sebagai berikut:[9]

1. Jika beban dilayani 1 generator atau  $n = 1$ , yaitu apabila unit generator berjumlah satu buah. Tidak ada pilihan lain maka beban sistem hanya dapat dilayani oleh satu-satunya unit generator yang ada, sehingga biaya minimum dapat ditulis sebagai:

$$C_t(P_d) = C_1(P_d) \quad (2.10)$$

dengan syarat :  $P_{1min} \leq P \leq P_{1maks}$ . (2.11)

$P_{1min}$  dan  $P_{1maks}$  masing-masing adalah batas kemampuan minimum dan maksimum generator ke-1 untuk memikul beban. Jika beban melebihi kemampuan maksimum 1 generator maka jumlah generator yang akan dioperasikan harus ditambah untuk memikul beban tersebut menjadi 2 generator.

2. Beban dipikul 2 generator sehingga  $n = 2$  persamaan menjadi:

$$C_t(P_d) = [C_1((P_d/2) + \delta) + C_2((P_d/2) - \delta)]$$

Persamaan (2.10) dipecahkan dengan urutan sebagai berikut:

- a. Membagi beban  $P_d$ . Persamaan (2.9) menjadi:  $P_1 = P_2 = P_d / 2$  (2.13) Sehingga persamaan (2.12) menjadi:

$$C_t(P_d) = [C_1(P_1) + C_2(P_2)]$$

Kemudian mencatat nilai  $C_t$ ,  $P_1$  dan  $P_2$

- b. Kemudian menentukan iterasi yang diinginkan untuk mendapatkan variasi daya yang dipikul generator.  $P_1$  pada persamaan 2.14 sebesar  $\delta$ . Sehingga  $P_{1baru} = P_1 \pm \delta$  (2.14)

$P_{2baru} = P_2 \pm \delta$  (2.15) Untuk variasi  $P_{1baru} = P_1 \pm \delta$  dapat didekati dengan menggunakan logika matematis menggunakan nilai bit. Untuk bit = 0 diasumsikan (-) dan untuk bit = 1 diasumsikan (+). Logika matematis untuk variasi pembebanan ekonomis antara 2 unit generator dapat dilihat di lampiran. Persamaan (2.8) harus dipenuhi.  $P_{1baru} + P_{2baru} = P_d$

$$(2.16) \quad (2.9)$$

$$P_d - P_{1baru} + P_{2baru} = 0 \quad (2.17)$$

$\delta$  adalah suatu nilai tertentu.

Dengan syarat masih memenuhi kemampuan generator.[1]

$$P_{1min} + P_{2min} \leq P_d \leq P_{1max} + P_{2max}$$

$$P_{1min} \leq P_{1baru} \leq P_{1maks}$$

$$P_{2min} \leq P_{2baru} \leq P_{2maks}$$

Sehingga

$$C_t(P_d) = [C_1(P_{1baru}) + C_2(P_{2baru})]$$

Kemudian hitung kembali nilai  $C_t$ , persamaan (2.12) kemudian catat nilai  $P_{1baru}$ ,  $P_{2baru}$  dan  $C_t$  baru yang didapatkan. Jika persamaan (2.16), (2.17) dan (2.18) tidak dipenuhi maka iterasi dihentikan dan jumlah generator yang akan dioperasikan ditambah.

- c. Kemudian mengiterasikan  $P_{1baru}$  dan  $P_{2baru}$  terus-menerus sesuai dengan yang diinginkan sehingga didapatkan variasi pembebanan pada kedua generator tersebut lalu hasil masing-masing iterasi dicatat.
- d. Kemudian membandingkan hasil perhitungan  $C_t$ . Variasi pembebanan yang ekonomis didapatkan dengan mengoperasikan generator pada hasil perhitungan  $C_t$  yang paling minimum

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Materi Penelitian

##### Studi Literature

Mempelajari setiap permasalahan yang terjadi beserta solusi yang akan diangkat dalam tugas akhir yang diambil dari berbagai referensi berupa buku, artikel, dan jurnal yang berkaitan dalam penyelesaian penelitian ini yang didapatkan dari internet atau meminjam buku di Perpustakaan Universitas Diponegoro dan Perpustakaan Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro.

##### Studi Lapangan

Studi lapangan untuk pengumpulan data dilakukan melalui observasi secara langsung, yaitu :

- PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PELNI) dalam hal pencarian data sekunder yaitu data kapal penumpang
- Kapal Penumpang KM. SINABUNG dalam hal pengambilan data sekunder yaitu data generator kapal dan data primer berupa beban generator kapal.

### Pengolahan Data

Setelah melakukan observasi dan mendapatkan data kebutuhan daya listrik setiap peralatan pada kapal penumpang akan diproses dengan tahapan sebagai berikut:

- Analisis mengenai daya listrik yang dibutuhkan kapal pada setiap kondisi operasional kapal yaitu sandar atau labuh, manuver dan berlayar, dengan menggunakan perangkat lunak *open source*.
- Simulasi pembagian beban tiap generator yang terpakai dalam setiap kondisi sesuai ketersediaan kapasitas generator set yang ada menggunakan metode *dynamic programming*.
- Menentukan konsumsi bahan bakar yang paling efisien dengan metode *dynamic programming* dengan bantuan perangkat lunak *open source*.

## 4. Perhitungan dan Analisa Data

### 4.1 Spesifikasi Generator Set

*Maintenance Aux. Diesel Set Diesel Set*

- *Manufacture* : Daihatsu
- *Type* : 6 DL-24
- *Output* : 882 kW at 750 rpm
- *Quantity* : 4

*AC Generator*

*Manufacture* : TAIYO

*Output* : 1000 kVA, 800 kW, 50 hZ

### 4.2 Jalur Pelayaran

Pada tanggal 10 November 2014 s/d 15 November 2014 jalur pelayaran yang dilalui oleh kapal KM. SINABUNG ialah Tanjung Perak (Surabaya) – Tanjung Priok (Jakarta) – Kijang(Tanjung Pinang) – Tanjung Priok (Jakarta) – Tanjung Perak (Surabaya)

### 4.3 Perhitungan Balans Daya Kapal

#### Beban Kerja (Load Factor)

#### Faktor Kesamaan (*Diversity Factor*)

Peralatan listrik diatas kapal mempunyai karakter pembebanan yang spesifik, dimana peralatan yang bekerja tidak pada waktu pemakaian yang teratur dan bersamaan. Berikut jenis pembebanan dalam operasional peralatan listrik diatas kapal :

- Beban kontinyu (*continous load*)
- Beban terputus-putus (*Intermittent Load*)

Dalam perhitungan kapasitas selain yang disebutkan diatas, ada juga beberapa hal yang harus diperhatikan, hal-hal yang harus diperhatikan ialah :

- Kondisi Kapal
- Data peralatan
- Penggolongan peralatan

Tabel 1 Balans Daya Peralatan Kondisi Sandar

No	Peralatan	Daya (kW)	LF	Sandar/ Labuh		Arus (A)
				CL	IL	
1	Lighting Distribution (Penerangan)	219.52	1	219.52		686
2	Radar 2	3.584	0.5	1.792		11.2
3	Positionslatern Distr. Feed 1 (Pembagi Lampu Jalan)	3.584	1	3.584		11.2
4	Test Switchboard (Papan Hubungan Percobaan)	3.584	1		3.584	11.2
5	Lighting Distr. Wheelhouse Console (Penerangan)	11.2	1	11.2		35
6	Bus Bar Deck 6 FZ2 PS (Kabel Kanal Dek 6)	7.84				
7	Bus Bar Deck 6 FZ2 SB (Kabel Kanal Dek 6)	7.84				
8	Bus Bar Deck 6 FZ3 PS (Kabel Kanal Dek 6)	11.2				
9	Bus Bar Deck 6 FZ3 SB (Kabel Kanal Dek 6)	11.2				
10	Workshop (Bengkel)	22.4	0.9		19.04	70
11	Laundry	22.4	0.214			
12	Galley Deck 5 (Dapur Dek 5)	44.8	0.643		28.8	140
13	Galley Deck 4 (Dapur Dek 4)	56	0.643		36	175
14	Power Pack Automation (Paket Daya Otomatik)	3.584				
15	Sea Cool Wat.PP.2 Aux Eng (Pompa Pend.A.L.M Bantu 2)	11.2	1	11.2		35
16	Starting Air Compressor 2 (Kompresor Udara Penja 2)	11.2	1		11.2	35
17	Starting Air Compressor 3 (Kompresor Udara Penja 3)	11.2	1		11.2	35
18	Hydr.PP.2 Pitch Propeller PS (Pompa Hidr.CCP 2 Kiri)	11.2	1	11.2		35
19	Hydr.PP.2 Pitch Propeller SB (Pompa Hidr.CCP 2 Kanan)	11.2	1	11.2		35
20	Distribution Fans (Pembagi Kipas-kipas)	136.64	1	136.64		427
21	Main Eng.Room Fan PS Fore (Kipas Ruang Mesin 1)	17.92	1	17.92		56
22	Main Eng.Room Fan PS Aft (Kipas Ruang Mesin 3)	17.92	1	17.92		56
23	Fore Castle	56				
24	Fire Fighting Pump 3 (Pompa Kebakaran 3)	28				
25	Anchor Winches (Derek Jangkar)	44.8	0.8		35.84	140
26	Boatswinches SB 7.Deck (Derek Sekoci Kanan Dek 7)	35.84				
27	Cool Water Pumps Air Cond.Plant (Pompa Pendingin Air Inst.A.C)	44.8	0.85	38.08		140
28	Steering Gear 2 SB (Mesin Kemudi 2 Kanan)	44.8				
29	Main Eng.Room Fan SB Aft (Kipas Ruang Mesin 4)	28	1	28		56
30	Main Eng.Room Fan SB Fore (Kipas Ruang Mesin 2)	17.92	1	17.92		56
31	Fire Fighting Pump 2 (Pompa Kebakaran 2)	17.92				
32	Mooring Winches (Derek Kapstan)	28	0.65		18.2	112
33	Sprinkler Pump (Pompa Sprinkler)	35.84				
34	Sea Cool Wat.PP.1 Aux Eng (Pompa Pend.A.L.M Bantu 1)	22.4	1	22.4		35
35	Provision Cool Plant (Inst Kamar Beku )	11.2	1			
36	Starting Air Compressor 1 (Kompresor Udara Penja 1)	7.84	0.8		6.272	35
37	Boiler Plant (Instalasi ketel)	11.2				
38	Hydr.PP.1 Pitch Propeller PS (Pompa Hidr. CCP 1 Kiri)	5.6				
39	Hydr.PP.1 Pitch Propeller SB (Pompa Hidr. CCP 1 Kanan)	11.2				
40	Cool Water Pumps Air Cond Plant (Pompa Pend Air Inst.A.C)	11.2				
41	Boatswinches PS 7.Deck (Derek Sekoci Kiri Dek 7)	44.8				
42	Bow Thruster	240				750
	Sub Total			548.58	170.14	3177.60

Tabel 2 Balans Daya Peralatan Kondisi Manuver

No	Peralatan	Daya (kW)	LF	Manuver		Arus (A)
				CL	IL	
1	Lighting Distribution (Penerangan)	219.52	1	219.52		686
2	Radar 2	3.584	0.85	3.0464		11.2
3	Positionslatern Distr. Feed 1 (Pembagi Lampu Jalan)	3.584	1	3.584		11.2
4	Test Switchboard (Papan Hubungan Percobaan)	3.584	1		4.584	11.2
5	Lighting Distr. Wheelhouse Console (Penerangan)	11.2	1	11.2		35
6	Bus Bar Deck 6 FZ2 PS (Kabel Kanal Dek 6)	7.84				
7	Bus Bar Deck 6 FZ2 SB (Kabel Kanal Dek 6)	7.84				
8	Bus Bar Deck 6 FZ3 PS (Kabel Kanal Dek 6)	11.2				
9	Bus Bar Deck 6 FZ3 SB (Kabel Kanal Dek 6)	11.2				
10	Workshop (Bengkel)	22.4	1		22.4	70
11	Laundry	22.4				
12	Galley Deck 5 (Dapur Dek 5)	44.8				
13	Galley Deck 4 (Dapur Dek 4)	56				
14	Power Pack Automation (Paket Daya Otomatik)	3.584	1			11.2
15	Sea Cool Wat.PP.2 Aux Eng (Pompa Pend.A.L.M Bantu 2)	11.2	1	11.2		35
16	Starting Air Compressor 2 (Kompresor Udara Penja 2)	11.2	0.95		10.64	35
17	Starting Air Compressor 3 (Kompresor Udara Penja 3)	11.2	0.95		10.64	35
18	Hydr.PP.2 Pitch Propeller PS (Pompa Hidr.CCP 2 Kiri)	11.2	0.95	10.64		35
19	Hydr.PP.2 Pitch Propeller SB (Pompa Hidr.CCP 2 Kanan)	11.2	0.95	10.64		35
20	Distribution Fans (Pembagi Kipas-kipas)	136.64	1	136.64		427
21	Main Eng.Room Fan PS Fore (Kipas Ruang Mesin 1)	17.92	1	17.92		56
22	Main Eng.Room Fan PS Aft (Kipas Ruang Mesin 3)	17.92	1	17.92		56
23	Fore Castle	56				
24	Anchor Winches (Derek Jangkar)	44.8				
25	Boatswinches SB 7.Deck (Derek Sekoci Kanan Dek 7)	35.84				
26	Cool Water Pumps Air Cond.Plant (Pompa Pendingin Air Inst.A.C)	44.8	0.85	38.08		140
27	Steering Gear 2 SB (Mesin Kemudi 2 Kanan)	44.8	1	44.8		87.5
28	Main Eng.Room Fan SB Aft (Kipas Ruang Mesin 4)	28	1	28		56
29	Main Eng.Room Fan SB Fore (Kipas Ruang Mesin 2)	17.92	1	17.92		56
30	Fire Fighting Pump 2 (Pompa Kebakaran 2)	17.92				
31	Mooring Winches (Derek Kapstan)	28				
32	Sprinkler Pump (Pompa Sprinkler)	35.84				
33	Sea Cool Wat.PP.1 Aux Eng (Pompa Pend.A.L.M Bantu 1)	22.4	0.9	20.16		35
34	Provision Cool Plant (Inst Kamar Beku )	11.2	0.9	10.08		24.5
35	Starting Air Compressor 1 (Kompresor Udara Penja 1)	7.84	0.9		7.056	35
36	Boiler Plant (Instalasi ketel)	11.2	0.6	6.72		17.5
37	Hydr.PP.1 Pitch Propeller PS (Pompa Hidr. CCP 1 Kiri)	5.6	0.85	4.76		35
38	Hydr.PP.1 Pitch Propeller SB (Pompa Hidr. CCP 1 Kanan)	11.2	0.85	9.52		35
39	Cool Water Pumps Air Cond Plant (Pompa Pend Air Inst.A.C)	11.2	0.85	9.52		140
40	Boatswinches PS 7.Deck (Derek Sekoci Kiri Dek 7)	44.8				
41	Bow Thruster	240	1	240		750
	Sub Total			871.87	55.32	2961.30



Tabel 3 Balans Daya Peralatan Kondisi Berlayar

No	Peralatan	Daya (kW)	Berlayar			Anus (A)
			LF	Daya (kW)		
				CL	IL	
1	Lighting Distribution (Penerangan)	219.52	1	219.52	686	
2	Radar 2	3.584	1	3.584	11.2	
3	Positionalatern Dstr. Feed 1 (Pembagi Lampu Jalan)	3.584	1	3.584	11.2	
4	Test Switchboard (Papan Hubungan Percobaan)	3.584	1	3.584	11.2	
5	Lighting Dstr. Wicehouse Console (Penerangan)	11.2	1	11.2	35	
6	Bus Bar Deck 6 FZ2 PS (Kabel Kanal Dek 6)	7.84				
7	Bus Bar Deck 6 FZ3 SB (Kabel Kanal Dek 6)	7.84				
8	Bus Bar Deck 6 FZ3 PS (Kabel Kanal Dek 6)	11.2				
9	Bus Bar Deck 6 FZ3 SB (Kabel Kanal Dek 6)	11.2				
10	Workshop (Bengkel)	22.4	1	22.4	70	
11	Laundry	22.4				
12	Galley Deck 5 (Dapur Dek 5)	44.8	0.8	35.84	140	
13	Galley Deck 4 (Dapur Dek 4)	56	0.8	44.8	175	
14	Power Pack Automation (Paket Daya Otomatik)	3.584	1	3.584	11.2	
15	Sea Cool Wat.PP-2 Aux Eng (Pompa Pend.A.L.M Bantu 2)	11.2	0.85	9.52	35	
16	Starting Air Compressor 2 (Kompresor Udara Penjaj 2)	11.2	0.8	8.96	35	
17	Starting Air Compressor 3 (Kompresor Udara Penjaj 3)	11.2	0.8	8.96	35	
18	Hydr.PP-2 Pitch Propeller PS (Pompa Hidr. CCP 2 Kiri)	11.2	0.85	9.52	35	
19	Hydr.PP-2 Pitch Propeller SB (Pompa Hidr. CCP 2 Kanan)	11.2	0.85	9.52	35	
20	Distribusi Fans (Pembagi Kipas-kipas)	136.64	1	136.64	427	
21	Main Eng.Room Fan PS Fore (Kipas Ruang Mesin 1)	17.92	1	17.92	56	
22	Main Eng.Room Fan PS Aft (Kipas Ruang Mesin 3)	17.92	1	17.92	56	
23	Fore Castle	56				
24	Fire Fighting Pump 3 (Pompa Kebakaran 3)	28				
25	Anchor Winches (Derek Jangkar)	44.8				
26	Boatwinches SB 7.Deck (Derek Sekoci Kanan Dek 7)	35.84				
27	Cool Water Pumps Air Cond Plant (Pompa Pendingin Air Inst.A.C)	44.8	0.85	38.08	140	
28	Steering Gear 2 SB (Mesin Kemudi 2 Kanan)	44.8	0.85	38.08	87.5	
29	Main Eng.Room Fan SB Aft (Kipas Ruang Mesin 4)	28	0.85	23.8	56	
30	Main Eng.Room Fan SB Fore (Kipas Ruang Mesin 2)	17.92	0.85	15.232	56	
31	Fire Fighting Pump 2 (Pompa Kebakaran 2)	17.92				
32	Mooring Winches (Derek Kapstan)	28				
33	Sprinkler Pump (Pompa Sprinkler)	35.84				
34	Sea Cool Wat.PP 1 Aux Eng (Pompa Pend.A.L.M Bantu 1)	22.4	0.85	19.04	35	
35	Provision Cool Plant (Inst Kamar Beku)	11.2	0.65	7.28	24.5	
36	Starting Air Compressor 1 (Kompresor Udara Penjaj 1)	7.84	0.8	6.272	35	
37	Boiler Plant (Instalasi ketel)	11.2	0.65	7.28	17.5	
38	Hydr.PP-1 Pitch Propeller PS (Pompa Hidr. CCP 1 Kiri)	5.6	0.85	4.76	35	
39	Hydr.PP-1 Pitch Propeller SB (Pompa Hidr. CCP 1 Kanan)	11.2	0.85	9.52	35	
40	Cool Water Pumps Air Cond Plant (Pompa Pend Air Inst.A.C)	11.2	0.85	9.52	140	
41	Boatwinches PS 7.Deck (Derek Sekoci Kiri Dek 7)	44.8				
42	Bow Thruster	240			750	
	Sub Total			611.52	134.40	3276.30

**Perhitungan Kapasitas**

Tabel 4 Jumlah beban dan load factor generator kondisi sandar / labuh

No	Item		Sandar / Labuh
1	Part	CL	548.58
		IL	170.14
2	Total Penggunaan Daya	CL	548.58
		IL	170.14
3	Faktor Diversitas		0.50
4	Necessary Power (Total Daya IL x Faktor diversitas)		85.07
5	Jumlah Beban (Continue Power + Necessary Power)		633.64
6	Kapasitas yang Bekerja (KW)		1764.00
7	Load Factor Generator (%) [5/6]		0.36
8	Generator yang Tersedia (kW x S.Set)		882x2 = 1764

Tabel 5 Jumlah Beban dan load factor generator kondisi manuver

No	Item		Manuver
1	Part	CL	871.87
		IL	55.32
2	Total Penggunaan Daya	CL	871.87
		IL	55.32
3	Faktor Diversitas		0.50
4	Necessary Power (Total Daya IL x Faktor diversitas)		27.66
5	Jumlah Beban (Continue Power + Necessary Power)		899.53
6	Kapasitas yang Bekerja (KW)		2646.00
7	Load Factor Generator (%) [5/6]		0.34
8	Generator yang Tersedia (kW x S.Set)		882x3 = 2646

Tabel 6 Jumlah Beban dan load factor generator kondisi berlayar

No	Item		Berlayar
1	Part	CL	611.52
		IL	134.4
2	Total Penggunaan Daya	CL	611.52
		IL	134.4
3	Faktor Diversitas		0.5
4	Necessary Power (Total Daya IL x Faktor diversitas)		67.2
5	Jumlah Beban (Continue Power + Necessary Power)		678.72
6	Kapasitas yang Bekerja (KW)		1764
7	Load Factor Generator (%) [5/6]		0.38
8	Generator yang Tersedia (kW x S.Set)		882x2 = 1764

**4.4 Analisa Karakteristik Generator**

Tabel 7 Test Record Generator 1

Load %	kW	kg/h
25 %	200	16,86
50%	400	33,72
75%	600	50,59
100%	800	67,45

Load % artinya adalah beban maksimum yang bekerja pada individual generator 1. Cara untuk mencari persamaan Ci generator 1 dengan menentukan beban rendah, beban menengah dan beban yang paling tinggi yang diambil dari data yang diperoleh dalam grafik, yaitu :

$$\begin{aligned}
 X1 &= 200 & y1 &= 16.86 \\
 X2 &= 500 & y2 &= 42.16 \\
 X3 &= 800 & y3 &= 67.45
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan diatas menjadi :

$$\begin{aligned}
 16,86 &= \alpha + \beta 200 + \gamma(200)^2 \\
 42,16 &= \alpha + \beta 500 + \gamma(500)^2 \\
 67,45 &= \alpha + \beta 800 + \gamma(800)^2
 \end{aligned}$$

Persamaan menjadi :

$$16,86 = \alpha + 200\beta + 40000\gamma \quad (4.1)$$

$$42,16 = \alpha + 500\beta + 250000\gamma \quad (4.2)$$

$$67,45 = \alpha + 800\beta + 640000\gamma \quad (4.3)$$

Selanjutnya persamaan 4.1 disubstitusikan kepersamaan 4.3 dan persamaan 4.2 disubstitusikan kepersamaan 4.3 yang diperoleh sebagai berikut :

$$50,59 = 600\beta + 600000\gamma \quad (4.4)$$

$$25,29 = 300\beta + 390000\gamma \quad (4.5)$$

Selanjutnya persamaan 4.4 disubstitusikan kepersamaan 4.5

$$50,58 = 600\beta + 780000\gamma$$

$$0,01 = - 180000 \gamma$$

$$\gamma = -0,00000006 \quad (4.6)$$

Setelah didapatkan persamaan 4.6, persamaan 4.6 disubstitusikan kepersamaan 4.4

$$50,59 = 600\beta + 600000(-0,00000006)$$

$$50,59 = 600\beta - 0,036$$

$$\beta = 0,08 \quad (4.7)$$

Selanjutnya persamaan 4.6 dan persamaan 4.7 disubstitusikan ke persamaan 4.1

$$16,86 = \alpha + 200\beta + 40000\gamma$$

$$16,86 = \alpha + 16 - 0,0016$$

$$\alpha = 0,86 \quad (4.8)$$

Jadi untuk mencari konsumsi bahan bakar diesel generator 1 dengan persamaan  $CiDG1 = 0,86 + 0,08Pi - 0,0000006Pi^2$  (4.9)

Tabel 8 Test Record Generator 2

Load %	kW	kg/h
25 %	235	19,81
50%	435	36,67
75%	615	51,85
100%	815	68,71

Cara untuk mencari persamaan konsumsi bahan bakar diesel generator 2 sama dengan seperti diatas, maka untuk mencari konsumsi bahan bakar diesel generator 2 dengan persamaan  $CiDG2 = 1,02 + 0,08Pi - 0,00000012Pi^2$

Tabel 9 Test Record Generator 3

Load %	kW	kg/h
25 %	200	16,86
50%	390	33,72
75%	590	50,59
100%	790	67,45

Untuk mencari konsumsi bahan bakar diesel generator 3 dengan persamaan  $CiDG3 = 0,86 + 0,08Pi + 0,0000006Pi^2$

Tabel 10 Test Record Generator 4

Load %	kW	kg/h
25 %	230	19.39
50%	420	35.41
75%	620	52.28
100%	810	68.30

Untuk mencari konsumsi bahan bakar diesel generator 4 dengan persamaan  $CiDG4 = 0,98 + 0,08Pi + 0,0000006Pi^2$

#### 4.6 Simulasi Pembagian Beban Generator Dengan Metode *Dynamic Programming* Simulasi Pembagian Beban Merata

Generator yang beroperasi adalah (1x882 kW) + (1x882 kW) dengan pembagian beban  $P1 = P2 = 899,53 / 2 = 449,77$ , dengan masing –masing generator 449,77 kW.

##### Simulasi Pertama

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG4), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG3) dan (DG4), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG3) dan (DG4)

Tabel 11 Simulasi Pertama

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64			633.64	71.84				51.70	8	413.56	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48			28.02	28.14	26	1123.03	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Sandar	633.64			633.64	71.84				51.70	3	155.09	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48			28.02	28.14	26	1459.94	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Sandar	633.64			633.64	71.84				51.70	8	413.56	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48			28.02	28.14	26	1459.94	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Sandar	633.64			633.64	71.84				51.70	9	465.26	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48			28.02	28.14	22	1235.33	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99			36.85	36.97	1	73.82	
Sandar	633.64			633.64	71.84				51.70		51.70	
<b>Total</b>											<b>7367.99</b>	

##### Simulasi Kedua

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG2), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG2) dan (DG4), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG2) dan (DG4)

Tabel 12 Simulasi Kedua

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64		633.64		71.84			51.66		8	413.31	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97		1	73.95	
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48		28.15	28.14	20	1125.81		
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Sandar	633.64		633.64		71.84			51.66		3	154.99	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48		28.15	28.14	26	1463.56		
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Sandar	633.64		633.64		71.84			51.66		8	413.31	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48		28.15	28.14	26	1463.56		
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Sandar	633.64		633.64		71.84			51.66		9	464.97	
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Berlayar	678.72		339.36	339.36	38.48		28.15	28.14	22	1238.40		
Manuver	899.53		449.77	449.77	50.99		36.98	36.97	1	73.95		
Sandar	633.64		633.64		71.84			51.66			51.66	
<b>Total</b>											<b>7381.16</b>	

##### Simulasi Ketiga

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG1), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG3), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG3)

Tabel 13 Simulasi Ketiga

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64	633.644			71.84	51.53				8	412.22	
Manuver	899.53	449.7652		449.765	50.99	36.83		36.85		1	73.68	
Berlayar	678.72	339.36		339.36	38.48	28.00		28.02	20	1120.35		
Manuver	899.53	449.7652		449.765	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Sandar	633.64	633.644			71.84	51.53				3	154.58	
Manuver	899.53	449.7652		449.765	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Berlayar	678.72	339.36		339.36	38.48	28.00		28.02	26	1456.46		
Manuver	899.53	449.7652		449.765	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Sandar	633.64	633.644			71.84	51.53				8	412.22	
Manuver	899.53	449.7652		449.765	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Berlayar	678.72	339.36		339.36	38.48	28.00		28.02	26	1456.46		
Manuver	899.53	449.7652		449.765	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Sandar	633.64	633.644			71.84	51.53				9	463.75	
Manuver	899.53	449.7652		449.7652	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Berlayar	678.72	339.36		339.36	38.48	28.00		28.02	22	1232.39		
Manuver	899.53	449.7652		449.7652	50.99	36.83		36.85	1	73.68		
Sandar	633.64	633.644			71.84	51.53					51.53	
<b>Total</b>											<b>7349.41</b>	

### Simulasi Keempat

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG1), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG4), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG4)

Tabel 14 Simulasi Keempat

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.70	8	413.56
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00			28.14	20	1123.75
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.70	3	155.09
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00			28.14	26	1459.58
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.70	8	413.56
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00			28.14	26	1459.58
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.70	9	465.26
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00			28.14	22	1235.03
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83			36.97	1	73.80
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.70		51.70
<b>Total</b>												7366.53

### Simulasi Kelima

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG3), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG3), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG3)

Tabel 15 Simulasi Kelima

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.58	8	412.60
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.02			20	1120.35
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.58	3	154.73
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.02			26	1456.46
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.58	8	412.60
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.02			26	1456.46
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.58	9	464.18
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.02			22	1232.39
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.85			1	73.68
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.58		51.58
<b>Total</b>												7350.81

### Simulasi Keenam

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG1), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG2), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG2)

Tabel 16 Simulasi Keenam

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.53	8	412.22
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			20	1123.14
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.53	3	154.58
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			26	1460.08
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.53	8	412.22
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			26	1460.08
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.53	9	463.75
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			22	1235.45
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.53		51.53
<b>Total</b>												7363.49

### Simulasi Ketujuh

Sandar menggunakan 1 diesel generator (DG2), manuver akan menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG2), berlayar menggunakan 2 diesel generator (DG1) dan (DG2)

Tabel 17 Simulasi Ketujuh

Kondisi	Beban (kW)	Pembagian Beban (kW)				L F (%)	Bahan Bakar (liter)				Waktu (Jam)	Bahan Bakar AE (liter)
		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		DG 1	DG 2	DG 3	DG 4		
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.66	8	413.31
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			20	1123.14
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.66	3	154.99
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			26	1460.08
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.66	8	413.31
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			26	1460.08
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.66	9	464.97
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Berlayar	678.72	339.36			339.36	38.48	28.00	28.15			22	1235.45
Manuver	899.53	449.77			449.77	50.99	36.83	36.98			1	73.81
Sandar	633.64				633.64	71.84				51.66		51.66
<b>Total</b>												7367.43

Simulasi *dynamic programming* yang paling minimum mengkonsumsi bahan bakar ialah simulasi ke 3 dengan hasil sebagai berikut

Tabel 18 Tabel Simulasi 3

Rute	Kondisi	Simulasi 3	
		Kombinasi DG	Bahan Bakar (liter)
1	Sandar	DG 1	412.22
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
	Berlayar	DG 1 & DG 3	1120.35
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
2	Sandar	DG 1	154.58
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
	Berlayar	DG 1 & DG 3	1456.46
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
3	Sandar	DG 1	412.22
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
	Berlayar	DG 1 & DG 3	1456.46
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
4	Sandar	DG 1	463.75
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
	Berlayar	DG 1 & DG 3	1232.39
	Manuver	DG 1 & DG 3	73.68
	Sandar	DG 1	51.53
<b>TOTAL</b>			<b>7349.41</b>

Tabel 19 Perbedaan jumlah konsumsi bahan bakar yang optimal

Sim. 1	Sim. 2	Sim. 3	Sim. 4
+18,58	+312,7	0 liter	+17,12

Sim. 5	Sim. 6	Sim. 7	D.Lapangan
+1,40	+14,08	+18,02	+8925,29



## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu analisa optimasi penentuan kapasitas daya generator pada kapal KM. SINABUNG dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan menganalisis perhitungan beban yang digunakan pada kapal KM.SINABUNG didapat jumlah beban yang bermacam variasi pada kondisi sandar, manuver, berlayar. Beban yang didapat adalah 633,64 kW pada saat kondisi sandar, 899,53 kW pada saat kondisi manuver dan 678,72 pada saat kondisi berlayar.
2. Hasil simulasi perhitungan menggunakan metode *dynamic programming* pada operasional kapal KM.SINABUNG dengan pelayaran dari tanjung perak ke tanjung priok ke kijang (pulang pergi) yaitu konsumsi bahan bakar yang paling efisien adalah 7349,41 liter, jika dibandingkan dengan data lapangan yaitu sebesar 16274,7 liter, maka lebih efisien 8925,29 liter yaitu dengan persentase efisiensi sebesar 221,44%, yang membedakan konsumsi bahan bakar hasil perhitungan lebih efisien dibandingkan dengan dilapangan adalah penggunaan generator dilapangan dengan hasil perhitungan berbeda dengan mengacu pada *testrecord* generator yaitu konsumsi bahan bakar / jam. Pada saat dilapangan, kondisi sandar menggunakan generator 1, manuver menggunakan generator 1,3&4, berlayar menggunakan generator 3&4, sedangkan hasil perhitungan, simulasi ketiga adalah yang paling optimal, dimana pada saat kondisi sandar menggunakan diesel generator 1, saat kondisi manuver menggunakan generator 1&3 serta kondisi berlayar menggunakan generator 1&3.

### 5.2 Saran

Tugas akhir yang telah disusun dengan baik oleh penulis ini masih memiliki kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengaharapkan tugas akhir ini dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

Saran penulis dalam penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya penelitian selanjutnya tidak hanya dilakukan pada satu kapal

penumpang saja , tetapi dilakukan kapal yang berbeda dan memiliki kapasitas generator yang masing-masing berbeda

2. Menggunakan sebuah software lain dalam menganalisis simulasi pembagian generator agar memperoleh hasil yang lebih akurat atau menggunakan metode lain dalam pengoptimalisasian.
3. Pada ketiga kondisi yaitu sandar, manuver dan berlayar yang memiliki total masing-masing beban 633,64 kW, 899,53 kW, 678,72 kW, agar lebih optimal dan mengurangi jumlah dari generator yang berpengaruh terhadap luasnya ruangan kamar mesin, maka sebaiknya menggunakan generator berjumlah 2 unit yang mempunyai masing-masing kapasitas 1000 kW.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bayu Setyoko, Alexius [2013], *Analisis Optimasi Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Penumpang Ro-Ro KM. Egon Dengan Metode Dynamic Programming*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia Volume IV *Rules for electrical installations*.
- [3] Hakan B.H, Jorge F.2004. “*Scheduling Electric Power Generation Using Particle Swarm Optimization Combined With The Lagrangian Relaxation Method*”. *Department Of Industrial And Systems Engineering Auburn University, Auburn, Al, 36849,USA*.
- [4] Handoko, Hani. 1993. “Dasar-Dasar Operations Research”, Bulaksamur
- [5] Luciana, Erlina. 2009. “Simulasi Perhitungan Pembebanan Ekonomis Pada Pusat Listrik Tenaga Diesel Dengan Metode Dynamic Programming (Studi Kasus Di PT. Arteria Daya Mulia)”, Tugas akhir, Jurusan Teknik Elektro UNDIP Semarang.
- [6] Rakhman Mukhtar, Alief 2010. “Penjadualan Pembangkit Hidro-Thermal Menggunakan Metode Dynamic Programming”. Tugas akhir, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- [7] Ristono, Agus ; Puryani [2011] , *Penelitian Operasional Lanjut*, Yogyakarta : Graha Ilmu.

- [8] Sasmito Hadi, Eko, *Kumpulan Bahan Ajar Mata Kuliah: Listrik kapal*. Semarang: PS. Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Undip.
- [9] Imam, Kamarul. "Dynamic Programming".  
URL: [http://elearning.unej.ac.id/courses/\\_/DYNAMIC\\_PROGRAMMINI.pdf?](http://elearning.unej.ac.id/courses/_/DYNAMIC_PROGRAMMINI.pdf?)
- [10] <http://magnapam.com/?p=3704> (diakses 3 Desember 2014)
- [11] <http://www.pelni.co.id/detailkapal.php?id=47> (diakses 10 April 2014)