

## BAB IX

### PERHITUNGAN BEBAN LISTRIK

#### Perhitungan daya kebutuhan listrik kapal

Motor bantu atau generator berfungsi sebagai sumber energi untuk berbagai kebutuhan listrik di kapal, dimana kapasitas dan jumlah yang diperlukan disesuaikan dengan kebutuhan listrik tersebut antara lain: pompa-pompa, penerangan, serta keperluan-keperluan lain sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik.

Sumber tenaga listrik diatas kapal dapat dibagi menjadi :

- Sumber listrik utama
- Sumber listrik darurat (*emergency*)

Pemakaian beban listrik dibedakan menjadi beberapa kondisi pelayaran:

- Kondisi saat olah gerak
- Kondisi saat berlayar
- Kondisi saat sandar

#### 9.1 Penghitungan daya dan unit lampu (*ship lightings load*)

Untuk menentukan jumlah unit lampu yang digunakan maka menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{E \times A}{\text{lumen} \times UF \times LLF}$$

dimana,

N = Jumlah pencahayaan (lampu) yang diperlukan untuk setiap ruangan

E = Standar iluminasi berdasarkan tipe ruangan (lux)

A = Luas area ruangan ( $m^2$ )

Lumen = lumen keluaran cahaya sesuai dengan spesifikasi lampu (lm)

UF = Faktor utilisasi

LLF = Faktor rugi cahaya



Besaran parameter-parameter diatas disesuaikan menurut kondisi dan jenis tiap-tiap ruangan di kapal. Penentuan besaran parameter tersebut adalah sebagai berikut:

1. Luas area  $A$

Berikut adalah luas area dari masing-masing ruangan:

Jumlah ruang	Ruangan	panjang	lebar	Luas area
	*Navigation deck*	p (m)	l (m)	A (m <sup>2</sup> )
1	R. NAVIGASI	8,5	3,8	32,3
2	STAIRCASE	2	1,5	3,0
	<b>*Bridge deck*</b>			
1	R.KAPTEN	3,0	2,0	6,0
1	R.CHIEF ENGINE	3,0	2,0	6,0
	<b>* Boat deck *</b>			
1	1 <sup>ST</sup> ENGINEER	3,0	2,0	6,0
1	CHIEF OFFICER	3,0	2,0	6,0
1	RADIO OFFICER	4,0	2,0	8,0
1	2 <sup>ND</sup> ENGINEER	3,0	2,0	6,0
1	STAIRCASE	2,0	1,5	3,0
1	TOILET	3,0	2,0	6,0
	<b>*Poop deck*</b>			
1	R. SALOON	3,0	2,0	6,0
1	R. CADET	3,0	2,0	6,0
1	R. ELECTRICAN	3,0	2,0	6,0
1	R. MEDICAL	3,0	2,0	6,0
1	R. SALOON	3,0	2,0	6,0
1	R. KITCHEN / PANTRY	3,0	2,0	6,0
1	R. CADET	3,0	2,0	6,0
1	STAIRCASE	2,0	1,5	3,0
	<b>*Second deck*</b>			
1	R.ENGINE CONTROL	5,5	2,5	19.25
1	R. ENGINE	10.20	5.8	59.16
1	STAIRCASE	2.0	1.5	3,0
1	R. SPARE PART STORE	3.5	1.5	5.25
1	R. CO <sub>2</sub>	1.5	1.5	22.5
1	R. WORKSHOP	3.5	1.5	5.25



## 2. Standar iluminasi ruangan di kapal E

Berdasarkan *Japan Marine Standards 1995 hal 309-312*, total iluminasi yang dibutuhkan dalam setiap ruangan kapal adalah sebagai berikut;

RUANGAN DI KAPAL	Iluminasi E (lx)
* Navigation deck *	
R. NAVIGASI	200
STAIRCASE	50
* Bridge deck *	
R.KAPTEN	100
R.CHIEF ENGINE	100
* Boat deck *	
1 <sup>ST</sup> ENGINEER	100
CHIEF OFFICER	100
RADIO OFFICER	100
2 <sup>ND</sup> ENGINEER	100
TOILET	50
STAIRCASE	50
* Poop deck *	
R. SALOON	200
R. KITCHEN / PANTRY	100
R. CADET	100
R. ELECTRICAN	100
R. MEDICAL	100
R. SALOON	100
R. CADET	100
STAIRCASE	50
* Second deck *	
STAIRCASE	50
CO <sub>2</sub>	50
R. SPARE PART STORE	100
R. WORKSHOP	100
R. ENGINE ROOM	150
R.ENGINE CONTROL	200

### 3. Standar flux lampu

Setiap lampu memiliki karakteristik pencahayaan yang berbeda-beda. Lumen adalah karakteristik lampu yang menandakan besaran iluminasi yang dihasilkan dari tiap-tiap lampu. Direncanakan pada kapal menggunakan marine lamps dan marine fluorescent lamps. Berikut adalah beberapa spesifikasi lampu marine (*marine lamps*) dan lampu marine fluorescent berdasarkan *Japan Marine Standards JIS F 8407* dan *JIS C 7601*.

Marine Lamps	
Type	Light flux (lm)
KG 110V 10 W	60
KG 110V 20 W	142
KG 110V 40 W	540
KG 110V 60 W	590
KG 110V 100 W	1150
KG 110V 200 W	2740
KG 110V 300 W	4500

Marine Fluorescent Lamps	
Type	Light flux (lm)
FL-4W	90, 95, 100
FL-6W	155, 170, 180
FL-8W	260, 280, 290
FL-10W	410, 440, 460, 490, 530
FL-15W	710, 780, 820, 860, 920
FL-20W	1010, 1100, 1160, 1320, 1400
FL-30W	1480, 1620, 1700, 1790, 1900
FL-40W	2610, 2850, 3000, 3180, 3380

### 4. Faktor utilisasi UF

Fluks cahaya yang dapat mencapai bidang datar selalu kurang dari lumen keluaran lampu karena sejumlah tertentu cahaya akan diserap oleh berbagai macam tekstur permukaan. Diasumsikan faktor utilisasi = 0,7.



## 5. Faktor rugi cahaya

Cahaya keluaran dari sebuah luminari akan berkurang seiring dengan bertambahnya usia pemakaian karena terjadinya akumulasi debu dan kotoran pada lampu. Faktor ini berkisar 0,8-0,9. Diasumsikan faktor rugi cahaya 0,8.

Berdasarkan data diatas, maka dapat ditentukan jumlah lampu tiap ruangan serta daya yang dibutuhkan untuk penerangan dalam kapal.

Ruangan	Luas	E	Tipe	lumen	UF	LLF	N	Jumlah	Daya
* Nav. deck *	(m <sup>2</sup> )	(lx)	Lampu	(lm)			(unit)	ruang	(Watt)
R. NAVIGASI	32,3	200	FL-40W	1400	0.7	0.8	6	1	120
STAIRCASE	3,0	50	FL-15W	410	0.7	0.8	1	1	15
<b>* Bridge deck *</b>									
R.KAPTEN	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	80
R.CHIEF ENGINE	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	80
<b>* Boat deck *</b>									
1 <sup>ST</sup> ENGINEER	6,3	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
CHIEF OFFICER	6,3	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
RADIO OFFICER	6,3	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
2 <sup>ND</sup> ENGINEER	6,3	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
TOILET	3,0	50	FL-8W	280	0.7	0.8	2	1	16
STAIRCASE	7,5	50	FL-15W	710	0.7	0.8	1	1	15
<b>* Poop deck *</b>									
R. SALOON	6,0	200	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. KITCHEN / PANTRY	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. CADET	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. ELECTRICAN	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. MEDICAL	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. SALOON	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. CADET	6,0	100	FL-20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
STAIRCASE	3,0	50	FL-15W	710	0.7	0.8	1	1	15
<b>* Second deck *</b>									
R.ENGINE CONTROL	32.25	200	FL 20W	1010	0.7	0.8	5	1	500



R.CO <sub>2</sub>	22.5	50	FL-10W	410	0.7	0.8	1	1	10
R. ENGINE	59.16	150	KG-300W	4500	0.7	0.8	2	1	600
STAIRCASE	3,0	50	FL-15W	180	0.7	0.8	1	1	15
R. SPARE PART STORE	5.25	100	FL 20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
R. WORKSHOP	5.25	100	FL 20W	1010	0.7	0.8	2	1	40
<b>Total Daya</b>									<b>1946W</b>

Dari kebutuhan daya tiap ruangan maka dapat dijumlah keseluruhan daya yang terpakai untuk penerangan adalah sebesar 1946 Watt atau 1.946 kW.

\*\*Note

Berdasarkan *BKI Rules Vol IV section 11 tabel 11.1*, jarak minimum antara luminari diatur berdasarkan besarnya daya lampu tersebut.

Rated power (Watt)	Minimun distances (m)
diatas 100	0.5
100-300	0.8
300-500	1

Tidak ada metode khusus yang mengatur mengenai jarak antara luminari. Namun penempatan luminari dalam ruangan harus menghasilkan total standar iluminasi yang diijinkan dihitung dari beberapa titik pengukuran iluminasi.

### 1. Beban listrik sistem nautikal, komunikasi, dan peralatan keselamatan

Peralatan	Daya (Watt)
Radio equipment (1.8 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	1800
Giro kompas dan pilot (0.35 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	350
Echo Sounder (0.5 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	500
General Alarm (0.2 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	200
Interior Communication (0.75 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	750
Radar (1.60 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	1600
Motor sirine and motor horn (0.2 kW; 220V; 1Φ; 50Hz)	200
<b>Total Daya</b>	
	<b>5400 Watt</b>



## 2. Beban listrik sistem monitoring dan lampu navigasi

Peralatan	Daya (Watt)
Mast Head Light	400
Fore Anchor Light	200
Green Side Light	200
Stern Anchor Light	200
Red Side Light	200
Fire and Smoke Det.	200
Stern Light	300
<b>Total Daya</b>	<b>1700 Watt</b>

## 3. Beban listrik sistem pelayanan mesin induk

Peralatan	Unit	Daya (Watt)
FO Transfer Pump	2	1500
FO Supply pump	2	400
Lubricating Oil Pump	2	5500
FW Cooling Pump	2	3700
SW Cooling Pump	2	2200
Air Compressors	1	6530
<b>Total Daya</b>		<b>19830 Watt</b>

## 4. Beban listrik sistem pelayanan umum

Peralatan	Unit	Daya (Watt)
Bilge Pump	3	30000
Ballast Pump	2	11000
FW Sanitary Pump	2	1500
SW Sanitary Pump	2	1500
Fire Pump	2	37000
<b>Total Daya</b>		<b>81000 Watt</b>



### 5. Beban listrik sistem permesinan geladak

Peralatan	Daya (Watt)
Mesin Kemudi	4802
Mesin Jangkar	44394
Mesin Tali Temali	10000
Boat Winch	1853
<b>Total Daya</b>	<b>61049 Watt</b>

### 6. Beban listrik sistem pendinginan

Peralatan	Daya (Watt)
E/R Supply Fan	7500
E/R Exhaust Fan	7500
Accommodation Supply Fan	800
Accommodation Exhaust Fan	800
Accommodation AC unit	107080
R. penyimpanan makanan	5323
<b>Total Daya</b>	<b>129003 Watt</b>

Berdasarkan macam-macam kondisi pelayaran, maka diperkirakan total daya keseluruhan yang dibutuhkan setiap kondisi pelayaran diuraikan sebagai berikut:

Geladak / Peralatan	Daya (Watt)	Beban berlayar		Beban olah gerak		Beban Sandar	
		L.F	Daya(W)	L.F	Daya(W)	L.F	Daya(W)
<b>Lighting &amp; Stop Kontak</b>							
Nav deck	135	1	135	1	135	1	135
Bridge deck	120	1	135	1	135	1	135
Boat deck	191	1	191	1	191	1	191





Poop deck	295	1	295	1	295	1	295
Second deck	1305	1	1305	1	1305	1	1305
<b>Sistem Nautikal</b>							
Radio equipment	1800	1	1800	1	1800	-	
Giro kompas dan pilot	350	1	350	1	350	-	
Echo Sounder	500	1	500	-		-	
General Alarm	200	1	200	-		1	200
Interior Communication	750	1	750	1	750	1	750
Radar	1600	1	1600	-		1	1600
Motor sirine and motor horn	200	1	200	1	200	1	200
<b>Lampu Navigasi</b>							
Mast Head Light	400	-		-		1	400
Fore Anchor Light	200	-		-		1	200
Green Side Light	200	1	200	1	200	-	
Stern Anchor Light	200	-		-		1	200
Red Side Light	200	1	200	1	200	-	
Fire and Smoke Det.	200	1	200	1	200	1	200
Stern Light	300	1	300	1	300	-	
<b>Sistem pelayanan motor induk</b>							
FO Transfer Pump	1500	1	1500	1	1500	-	
Supply Pump	400	1	400	1	400	1	400
Lubricating Oil Pump	5500	1	5500	1	5500	-	
FW Cooling Pump	3700	1	3700	1	3700	1	3700
SW Cooling Pump	2200	1	2200	1	2200	1	2200
Air Compressors	6530	1	6530	1	6530	1	6530
<b>Sistem pelayanan umum</b>							
Bilge Pump	30000	1	30000	1	30000	1	30000
Ballast Pump	11000	1	11000	1	11000	1	11000
FW Sanitary Pump	1500	1	1500	1	1500	1	1500



SW Sanitary Pump	1500	1	1500	1	1500	1	1500
Fire Pump	37000	-		-		-	
<b>Permesinan geladak</b>							
Mesin Kemudi	4802	1	4802	1	4802	1	4802
Mesin Jangkar	44394	-		1	44394	1	44394
Mesin Tali Temali	10000	-		1	10000	1	10000
Boat Winch	1853	-		1	1853	1	1853
<b>Sistem pengkondisian udara</b>							
E/R Supply Fan	7500	1	7500	1	7500	1	7500
E/R Exhaust Fan	7500	1	7500	1	7500	1	7500
Accomodation Supply Fan	800	1	800	1	800	1	800
Accomodation Exhaust Fan	800	1	800	1	800	1	800
Accomodation AC unit	107080	1	107080	1	107080	1	107080
R. Penyimpanan makanan	5323	1	5323	1	5323	1	5323
			<b>205701 W</b>		<b>250748 W</b>		<b>253233 W</b>

Jadi jumlah daya berdasarkan kondisi pelayaran adalah sebagai berikut:

- Kondisi berlayar : 205701 W
- Kondisi olah gerak : 250748 W
- Kondisi sandar : 253233 W

## 9.2 Perencanaan perhitungan Generator

Berdasarkan *BKI Rules Vol IV section 3B-1.1-2*, setiap kapal harus memiliki minimum 2 (dua) buah independen generating set. Perhitungan kapasitas dari generating sets dihitung dimana apabila salah satu generating sets rusak (*fault*), generating set lainnya mampu mensuplai kebutuhan seperti:

- Sistem pelayanan mesin induk
- Sistem keselamatan kapal

- Kondisi minimum kenyamanan dalam kapal meliputi;
  1. Penerangan yang memadai
  2. Refrigerasi
  3. Ventilasi, sanitari dan penyediaan air minum

Berdasarkan kondisi-kondisi diatas, maka kebutuhan daya minimum yang dihitung adalah sebesar 205701 kW. Penggunaan generator sebagai sumber tenaga listrik di kapal, harus mampu memenuhi kebutuhan listrik diatas ditambah dengan efisiensi dari generator :

$$\text{Daya (kW)} = P + (0,2 \times P)$$

dimana,

$$P = 205701 \text{ W}$$

$$\eta_g = \text{Efisiensi generator}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 205701 + (0,2 \times 205701) \\ &= 246841,2 \text{ W} \end{aligned}$$

Maka dengan demikian direncanakan pemakaian generator sebanyak 2 unit. Masing-masing generator mempunyai kapasitas daya yang sama yaitu 255 kW.

Spesifikasi Generating set

Merk / Tipe	= YANMAR 6HAL2-DTN
Daya motor	= 255 KW
RPM	= 1200 rpm
Jumlah silinder	= 6
Cylinder (bore x stroke)	= 130 x 165
Dimensi	= 1563 x 1163 x 1410 mm
Jumlah	= 2 unit

## 7. Baterai darurat

Penggunaan sumber listrik emergency dalam kapal diatur dalam *BKI Rules Vol IV section 14C-1.1-4*. Pada *section 14C-1.1*, setiap kapal harus memiliki sumber listrik independen untuk kebutuhan emergency. Sedangkan pemilihan sumber listrik emergency diatur *section 14C-1.4* yaitu pemilihan sumber listrik emergency dapat berupa emergency generator atau baterai darurat.

Kapasitas sumber listrik yang terpasang harus dapat mensuplai kebutuhan listrik untuk kebutuhan sebagai berikut (*section 14C-1.2-3*):

1. Iluminasi darurat selama 36 jam
  - a) Ruang kemudi dan geladak peluncuran liferaft (Geladak navigasi)
  - b) Kamar mesin dan engine control room (Geladak alas)
  - c) Ruang CO<sub>2</sub>
2. Peralatan lainnya selama 36 jam
  - a) Peralatan nautical dan monitoring
  - b) Lampu navigasi
  - c) General alarm dan fire detection system
  - d) Keperluan kemudi

Keperluan daya yang diuraikan diatas adalah sebagai berikut :

Iluminasi Navigation deck	=	250
Iluminasi Boat deck	=	500
Iluminasi Poop deck	=	850
Iluminasi Bridge deck	=	200
Iluminasi Second deck	=	700
Peralatan nautical dan lampu navigasi	=	7100
Mesin kemudi	=	<u>4802 +</u>
Jumlah	=	<b>14402 W</b>

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan daya selama 12 jam} &= 14402 \times 12 \\ &= 172824 \text{ WH} \end{aligned}$$

Perencanaan besaran tegangan yang diinginkan dari rangkaian baterai ialah 24 Volt.  
Sehingga daya listrik yang diperlukan dalam satuan Ampere Hour adalah:

$$\text{Daya listrik yang diperlukan (AH)} = \frac{172824 \text{ WattHour}}{24 \text{ Volt}} = 14402 \text{ AH}$$

Sedangkan untuk baterai darurat direncanakan menggunakan marine battery dengan kapasitas sesuai spesifikasi sebesar 395 AH.

Maka jumlah penggunaan baterai dalam keadaan darurat adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= \frac{\text{Daya AH}}{395 \text{ AH}} = \frac{14402}{395} \\ &= 36.461 \text{ (dibulatkan menjadi 37 unit)} \end{aligned}$$



Sehingga dapat disimpulkan perencanaan sumber listrik emergency menggunakan 37 unit baterai darurat dengan kapasitas 395 AH.

### Spesifikasi Marine Battery

Merk / Tipe : CROWN CR 395  
Voltage : 6 Volt per single battery  
Kapasitas : 395 AH (penggunaan 20 jam)  
Jumlah : ~~12 unit in series / parallel - total 4740 AH~~  
7

