



BAB IX

SISTEM KELISTRIKAN DAN GENERATOR SET

IX.I Umum

Pemakaian tenaga listrik di kapal berbeda dengan pemakaian tenaga listrik di darat seperti industri, kantor, toko, atau perumahan, karena konstruksi kapal demikian kompleks dimana beberapa instalasi lain terpasang seperti pipa minyak, pipa air, dsb yang letaknya berdekatan dengan instalasi listrik.

Pada saat kapal sedang berlayar, kapal harus dapat mencukupi kebutuhan listrik sendiri. Sehingga pada saat berlayar kebutuhan listriknya sangat diperhitungkan, karena apabila terjadi gangguan pada listrik kapal maka kapal akan mengalami kesulitan untuk beroperasi atau kembali pada kondisi seperti sediakala dengan cepat.

Dalam penentuan kapasitas generator perlu diketahui jumlah beban pada beberapa kondisi operasi kapal, hal ini dilakukan dengan perhitungan analisa beban listrik yang berupa tabel dan biasanya disebut tabel kalkulasi keseimbangan beban listrik (calculation of electric power balance) atau disebut juga anticipated electric power consumption table.

Analisa ini berisi kolom tentang jenis peralatan, jenis operasi, daya masuk, jumlah peralatan yang dipakai serta yang terakhir adalah jumlah beban dari kelompok peralatan tersebut. Perhitungan beban ini dikelompokkan berdasarkan fungsi beban sehingga dapat terbagi menjadi

- Beban pada geladak, lambung
- Beban berupa motor – motor listrik / pesawat tenaga, dalam sistem permesinan kapal
- Beban yang berupa pesawat elektronika dan penerangan

Dan setelah menentukan besar tenaga listrik maksimum dikapal yang merupakan daya kontinu baru dapat ditentukan jumlah generator yang akan digunakan



dikapal yang besarnya dinyatakan dengan satuan kilowatt, dimana minimal harus ada 2 generator guna melayani kebutuhan listrik dikapal.

Yang menjadi pertimbangan dalam instalasi generator set adalah :

1. Cukup dekat dengan main switch board, karena jaraknya mempengaruhi panjang kabel penghubung dengan alasan untuk sinkronasi.
2. Akan mempengaruhi letak servis tanki bahan bakar.
3. Penempatan pipa gas buang :
 - * Agar pressure drop tidak terlalu besar maka belokan sekecil mungkin
 - * Harus ada ruang yang cukup untuk perawatan.
 - * Kebutuhan akan tanki seperti pendingin dan bahan bakar.
4. Diversity factor sering juga disebut sebagai faktor kebersamaan, adalah faktor yang merupakan perbandingan antara total daya keseluruhan peralatan yang ada dengan total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu. Jika penentuan yang tepat sulit dilaksanakan maka faktor kesamaan waktu yang digunakan menurut aturan BKI tidak boleh rendah dari 0.5, dalam perhitungan penentuan kapasitas generator ini diambil harga 0.7.
5. Untuk menentukan kapasitas generator yang dipilih dihitung dengan seminimalnya daya yang digunakan untuk mengoperasikan kapal dilaut adalah 15 % lebih besar dari kebutuhan daya yang terbesar.

Jumlah Genset :

Pada kapal ini menggunakan 2 buah genset, dimana 1 buah merupakan genset utama sedangkan satunya lagi untuk cadangan.



IX.II Power Distribution

Switchboard

Switchboard terletak di engine control room pada kamar mesin yang terletak pada frame no. 16 – 18.

Emergency Power System

Perhitungan emergensi ini dibutuhkan bila generator mengalami kegagalan untuk beroperasi pada kapal dalam keadaan darurat, dasar perhitungan adalah jarak terdekat yang harus ditempuh oleh kapal ke pelabuhan terdekat bila sewaktu – waktu terjadi gangguan pada rute pelayaran yang ada atau datangnya bantuan dari pelabuhan terdekat.

Berat bahan bakar mesin bantu

Pemakaian mesin bantu direncanakan dengan daya 300 kW menggunakan 1 mesin bantu selama 313 jam. Maka :

$$\begin{aligned}W_{fo} &= 1 \times P_{AE} \times SFOC \times t \times \eta \\ &= 1 \times 300 \times 179 \times 313 \times 10^{-6} \times 0,6 \\ &= 10,08486 \text{ ton}\end{aligned}$$

Berat badan keseluruhan

$$\begin{aligned}V_{fo} &= 152,942 + 10,08486 \\ &= 163,02686 \text{ ton}\end{aligned}$$

Volume bahan bakar (V_{fo})

$$V_{fo} = W_{fo} / \gamma_{fo}$$

Dimana:

$$\gamma_{fo} = \text{Berat jenis bahan bakar} = 0,95 \text{ ton/m}^3 \text{ Tergolong jenis HFO}$$

jadi :

$$V_{fo} = 163,02686 / 0,95$$

$$V_{fo} = 171,6072211 \text{ m}^3$$



Tabel IX.II.a Beban Listrik nautikal, komunikasi, dan peralatan keselamatan

Peralatan	Daya (Watt)
Radio equipment (1,8 kW;220 V;1ø;50 Hz)	1800
Giro kompas dan pilot (0,35 kW; 220 V;1ø;50HZ)	350
Echo Sounder (0,5 kW;220V;1ø;50 Hz)	500
General alarm (0,2 kW;220 V;1ø;50 Hz)	200
interior comunication (0,75 kW;220 V;1ø;50 Hz)	750
Radar (1,6 kW;220 v;1ø;50 Hz)	1600
Motor sirine and motor horn (0,2 kW;220 V;1ø;50 Hz)	200
Total Daya	5400

Tabel IX.II.b Beban Listrik Sistem monitoring dan lampu navigasi

Peralatan	Daya (Watt)
Fire and Smoke det	200
Green side light	200
Forward Anchor Light	200
Masthead Light	400
Stern Light	300
Stern anchor Light	200
Red Light	200
Total Daya	1700

Tabel IX.II.c Beban Listrik sistem penerangan

Daerah	Daya (Watt)
MAIN DECK	8220
FORECASTLE DECK	3700
BRIDGE DECK	580
TANK TOP	4180
SHELTER DECK	8300
TOTAL DAYA	24980



Tabel IX.II.d Beban Listrik Sistem pelayanan mesin induk

peralatan	unit	daya
FO transfer Pump	2	10839
Supply Pump	2	4800
Lubricating Oil pump	2	27285
FW Cooling Pump	2	13774
SW cooling Pump	2	15786
Air Compressor	1	11140
TOTAL DAYA		83624

Tabel IX.II.e Beban Listrik Sistem pelayanan umum

peralatan	unit	daya
bilge pump	2	12016
ballast pump	2	3190
FW sanitary pump	4	207
Fire pump	2	282
kompresor sismic	1	59390
kompresor selam	1	99,3
sewage pump	2	190
TOTAL DAYA		75374,3

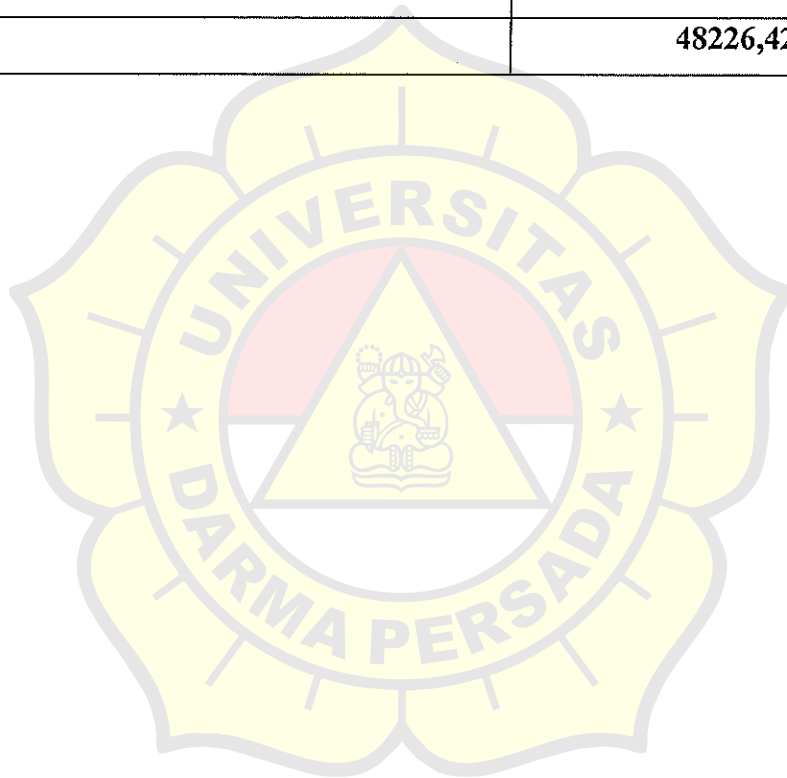
Tabel IX.II.f Beban Listrik Sistem permesinan geladak

Peralatan	Daya (Watt)
mesin kemudi	2005,6
mesin jangkar	12609
mesin tali temali	19140
boat winch	394,55
Total Daya	34149,15



Tabel IX.II.g Beban Listrik Sistem pengkondisian udara

Peralatan	Daya (Watt)
pendinginan cold storage	28667,56634
pendinginan ac central	14495,96638
supply fan	2233,79
exhaust fan	2829,1
Total daya	48226,42272





Tabel IX.II.h Perhitungan beban disaat berlayar, olah gerak maupun beban sandar

Geladak	geladak/peralatan	daya(Watt)	beban berlayar		beban olah gerak		beban Sandar	
			LF	DAYA(WATT)	LF	DAYA(WATT)	LF	DAYA(WATT)
geladak paling atas		260	1	260				
Navigasi Bright deck		260	1	260	1	260		
boat deck		460	1	460				
geladak atas		1480	1	1480				
Sistem nautikal								
Radio equipment (1,8 kW;220 V;1ø;50 Hz)		1800	1	1800	1	1800		
Giro kompas dan pilot (0,35 kW; 220 V;1ø;50HZ)		350	1	350	1	350		
Echo Sounder (0,5 kW;220V;1ø;50 Hz)		500	1	500				
General alarm (0,2 kW;220 V;1ø;50 Hz)		200	1	200			1	200
interior communication (0,75 kW;220 V;1ø;50 Hz)		750	1	750	1	750	1	750
Radar (1,6 kW;220 v;1ø;50 Hz)		1600	1	1600			1	1600
Motor sirine and motor hom (0,2 kW;220 V;1ø;50 Hz)		200	1	200	1	200	1	200
Lampu navigasi								
Fire and Smoke det		200	1	200	1	200	1	200
Green side light		200	1	200	1	200		
Forward Anchor Light		200					1	200
Masthead Light		400					1	400



Stern Light	300	1	300	1	300	1	300		
Stern anchor Light	200					1		200	
Red Light	200	1	200	1	200				
Sistem pelayanan motor induk									
FO transfer Pump	10839	1	10839	1	10839				
Supply Pump	4800	1	4800	1	4800	1	4800	4800	
Lubricating Oil pump	27285	1	27285	1	27285				
FW Cooling Pump	13774	1	13774	1	13774	1	13774	13774	
SW cooling Pump	15786	1	15786	1	15786	1	15786	15786	
Air Compressor	11140	1	11140	1	11140	1	11140	11140	
sistem pelayanan umum									
bilge pump	12016	1	12016	1	12016	1	12016	12016	
ballast pump	3190	1	3190	1	3190	1	3190	3190	
FW sanitary pump	207	1	207	1	207	1	207	207	
Fire pump	282								
kompresor sismic	59390	1	59390	1	59390				
kompresor selam	99,3	1	99,3						
sewage pump	190	1	190	1	190	1	190	190	
permesinan geladak									
mesin kemudi	2005,6	1	2005,6	1	2005,6	1	2005,6	2005,6	
mesin jangkar	12609			1	12609	1	12609	12609	
mesin tali temali	19140			1	19140	1	19140	19140	



boat winch	394,55				1	394,55	1	394,55
sistem pengkondisian udara								
pendinginan cold storage	28667,56634	1	28667,56634		1	28667,56634	1	28667,56634
pendinginan ac central	14495,96638	1	14495,96638		1	14495,96638	1	14495,96638
supply fan	2233,79	1	2233,79		1	2233,79	1	2233,79
exhaust fan	2829,1	1	2829,1		1	2829,1	1	2829,1
Beban Listrik sistem penerangan								
MAIN DECK	8220	1	8220		1	8220	1	8220
FORECASTLE DECK	3700	1	3700		1	3700	1	3700
BRIDGE DECK	580	1	580		1	580	1	580
TANK TOP	4180	1	4180		1	4180	1	4180
SHELTER DECK	8300	1	8300		1	8300	1	8300
Total daya dalam beberapa kondisi			242688,3227			210652,5727		172208,5727

Jadi jumlah daya berdasarkan kondisi pelayaran adalah sebagai berikut :

Kondisi berlayar : 242,6883227 kW

Kondisi olah gerak : 210,6525727 kW

Kondisi sandar : 172,2085727 kW



IX.III. Perencanaan perhitungan Generator

Berdasarkan BKI 2009 Vol IV section 38-1.1-2 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 menyuplai kebutuhan seperti (satu hidup dan satu stanby) :

- Sistem pelayanan mesin Induk
- Sistem keselamatan kapal
- Kondisi minimum kenyamanan dalam kapal meliputi :
 1. Penerangan yang memadai
 2. Refrigasi
 3. Ventilasi, sanitari dan penyediaan air minum

Berdasarkan kondisi kondisi diatas, maka kebutuhan daya maksimum yang dihitung adalah sebesar 242688,3227 kW. Penggunaan generator sebagai sumber tenaga listrik dikapal, harus mampu memenuhi kebutuhan listrik diatas ditambah dengan efisiensi dari generator :

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

dimana

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 242688,3227 \text{ W} \\ \eta_g &= \text{Efisiensi generator} \\ \text{Daya} &= 242688,3227 + (0,2 \times 242688,3227) \\ &= 291,2259872 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka dengan demikian direncanakan pemakaian generator sebanyak 2 unit dan 1 lagi stanby. Masing masing generator mempunyai kapasitas daya yang sama yaitu 291,2259872 kW



IX.III.a Spesifikasi Generator set

Mesin :

Jumlah	: 2 Unit
Merk	: Cummins
Model	: KTA – 19 G2
Type	: 4 stroke cycle 6 cylinder
Engine No	: 37179115 (aux. 1) dan 37179116 (aux. 2)
Serial No	: 66101
Plat No	: 3632398
Advert Hp	: 496 pada 1500 Rpm (yang dipakai)
Valve Lash Cold	: 0.14 intake 0.27 Exh
Injection	: 0.304 Inch Lash
Inj Timing code	: CU
CPL	: 0886
Family	: K – 19
DC8003	
Tahun pembuatan	: 10/97
Pabrik pembuatan	: coloumbus Indiana (USA)

Generator :

Jumlah	: 2 Unit
Merk	: Newage Stamford
Serial Number	: C 087604/1 (Gen.1) dan C 087604/2 (Gen.2)
Machine ID Number	: 97464872
Frame / Core	: HCM534EI
KVA Base Rate	: 398
KW Base Rate	: 318
Frequency	: 50Hz
Voltage	: 380v



Putaran	: 1500 Rpm
Phase	: 3 phase
Amps Base Rate	: 605
PF	: 0,8
Rating	: Con
Ex Volt	: 40
Ex Amps	: 2.0
Ambient Temp	: 45°C
Insulation Class	: H
Enclosure	: IP 23
Stator WDG	: 311
Stator Conn	: S.Star
AVR	: MX 341
Pabrik pembuatan	: England

IX.III.b Baterai darurat

Penggunaan sumber listrik emergency dalam kapal diatur dalam *BKI 2009 VOL IV section 14 C-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 14 C-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 14 C-1.2-3*) :

- 1 Iluminasi darurat selama 18 jam
 - a) Ruang kemudi dan geladak peluncuran liferaft (Geladak navigasi)
 - b) Kamar mesin dan engine control room (geladak atas)
 - c) Ruang CO₂
2. Peralatan lainnya selama 18 jam
 - a) Peralatan nautical dan monitoring
 - b) lampu navigasi



- c) General alarm dan fire detection system
 - d) Keperluan kemudi
3. Untuk kapal yang secara rutin mempunyai jarak pelayaran dekat, kapasitas sumber listrik emergency dapat dikurangi dari 36 jam menjadi 18 jam.

Keperluan daya yang diuraikan diatas adalah sebagai berikut :

Illuminasi geladak atas = 260

Illuminasi geladak sekoci = 460

Illuminasi geladak Navigasi = 260

Illuminasi geladak alas = 1480

Peralatan nautical dan lampu navigasi = 7100

Steering gear = 2005

Jumlah = 11565 W

Kebutuhan daya selama 18 jam = $11565 \times 18 = 208170$ WH

Daya kebutuhan listrik dalam Ampere hour = $208170/24 = 8674$

Maka jumlah penggunaan baterai dalam keadaan darurat adalah (direncanakan menggunakan baterai darurat kapasitas 435 AH)

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Daya AH}}{435 \text{ AH}} = \frac{8673}{435 \text{ AH}}$$

$$= 19,939 \quad (\text{Dibulatkan menjadi 20 unit})$$

Sehingga dapat disimpulkan perencanaan sumber listrik emergency menggunakan unit baterai darurat dengan Kapasitas 435 AH.

Spesifikasi marine battery

Merk : Trojan L16h

Voltage : 6 volt

Kapasitas : 435 AH

Jumlah : 20 unit in series (total 8700 AH)



EMERGENCY GENERATOR / GENERATOR DARURAT

Mesin :

Jumlah : 1 Unit
Merk : Cummins
Model : 6CTA8,3G
Number : 3926667

Generator :

Merk : Stamford
Type : HCM343C1
Serial Number : C 086968 / 01
Machine ID : 97415275
Frame Core : HC 44 C
AVR : MX 341
Putaran : 1500 Rpm
Power : 175KvA
PF : 0,8
Voltage : 380 V
Phase : 3 phase
Frequency : 50Hz
Amps : 265,8
Ambient Temp : 45°C
Stator WDG : 311
Stator Con : Star
Insulation Clash : H
Tahun pembuatan : 10/97

Radiator :

Merk : Bearward
Model : 3281237
Part No. : 54556
Serial No. : C 62420
Manufactur : 42/97

Dynamo Stater / Electric Stater :

Merk : Cummins
Part No. : 3910646
Serial No. : 97/J 09



Voltage : 240 V
CW : 104 / 9118

Solenoid Start / Stop :

Merk : Synclaro Start
Model : 20001 – 24 E 201 B2
Serial No. : 37145
Voltage : 24 V DC





JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

UNIVERSITAS DARMA PERSADA