

Analisis Pembebanan dan Pengujian Sistem Kelistrikan pada Kapal Tugboat Delta Cakra 31

Ryanda Davicky, Purwoharjono, Zainal Abidin

Universitas Tanjungpura Pontianak, Indonesia

E-mail: ryandadavicky666@gmail.com

ABSTRAK

Kata kunci:

tugboat; load test;
generator; daya
listrik kapal.

Keywords:

tugboat; load test;
generator; power
ship electricity.

Sistem kelistrikan kapal terdiri dari perangkat pembangkit listrik, sistem distribusi, dan berbagai perangkat kelistrikan yang harus berfungsi dengan baik untuk mendukung operasional kapal. Kapal tugboat merupakan kapal yang digunakan untuk menarik dan mendorong kapal lain atau tongkang untuk beberapa prosedur tertentu. Penelitian ini berfokus pada analisis beban yang digunakan pada generator kapal dengan menggunakan metode *Load Test* dan *Load Factor*, serta kemampuan uji pembebanan pada generator dalam empat kondisi operasional: normal sea going, operation, at port, dan fire fighting. Metodologi penelitian meliputi pengumpulan data dari electrical drawing, data load test, dan data hasil analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh generator adalah 53,75 kW dalam kondisi *normal sea going*, 83,96 kW dalam kondisi *operation*, 21,80 kW *at port*, dan 53,52 kW dalam kondisi *fire fighting*. Pengujian beban generator menunjukkan bahwa generator dapat beroperasi dengan baik sesuai spesifikasi, dengan variasi arus dan tegangan yang sesuai. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa generator kapal memiliki kinerja yang memadai untuk menyediakan listrik yang diperlukan dalam berbagai kondisi operasional, yang sangat penting untuk menjaga kelancaran operasional dan keselamatan kapal. Saran diberikan untuk mengikuti prosedur yang tepat dalam pengujian daya generator guna memastikan peralatan listrik berfungsi dengan baik dan mencegah kerusakan.

The ship's electrical system consists of power generation devices, distribution systems, and various electrical devices that must function properly to support ship operations. A tugboat is a vessel used to tow and push other vessels or barges for certain procedures. This research focuses on analyzing the load used on the ship's generator using the Load Test and Load Factor methods, as well as the ability to test the loading on the generator in four operational conditions: normal sea going, operation, at port, and fire fighting. The research methodology includes data collection from electrical drawings, load test data, and data analysis results. The results show that the power generated by the generator is 53.75 kW under normal sea going

conditions, 83.96 kW under operation conditions, 21.80 kW at port, and 53.52 kW under fire fighting conditions. Generator load testing shows that the generator can operate properly according to specifications, with appropriate current and voltage variations. The conclusion of this study is that the ship's generators have adequate performance to provide the required electricity under various operational conditions, which is essential to maintain the smooth operation and safety of the ship. Advice is given to follow proper procedures in generator power testing to ensure electrical equipment is functioning properly and prevent damage.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](#).
This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.*

PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan kapal *tugboat* terdiri dari perangkat pembangkit listrik, sistem distribusi dan juga berbagai perangkat kelistrikan (Yanto et al., 2022). Penyediaan listrik yang berkelanjutan sangat penting untuk pengoperasian peralatan kapal yang aman, sehingga ketersediaan kapasitas daya generator yang cukup sangat penting. Hal ini terutama terkait dengan kondisi kapal saat sedang berlayar (Zaman, 2012).

Jenis kapal *tugboat* yang berada di kota Batam seperti *seagoing tugboat* dan *harbour tugboat*, kedua kapal ini sama-sama memiliki 2 generator utama dan 1 generator darurat yang menjadi perbedaan antara kedua kapal ini adalah kapasitas generator yang digunakan masing-masing menyesuaikan fungsi dari jenis kapal tersebut (Demeianto et al., 2020).

Dalam pemanfaatan sistem kelistrikan bukan hanya dilihat dan dinilai dari peralatan pendukungnya saja melainkan, salah satu faktor terpenting dalam pendistribusian atau pemanfaatan sistem kelistrikan yang menghasilkan suatu tenaga listrik adalah mengetahui karakteristik beban (Suyanto, 2017). Didalam karakteristik beban listrik di suatu jaringan sistem bergantung pada macam beban yang dilayaninya (Novitasari, 2010). Karakteristik beban merupakan peran penting didalam menentukan kapasitas pembebanan (Anthony et al., 2024). Faktor Yang menentukan karakteristik beban yaitu faktor beban, faktor beban harian rata-rata dan faktor penilaian beban (Haris et al., 2023).

Beban memiliki karakteristik yang resistif, induktif dan kapasitif. Semua karakteristik mempengaruhi sistem kelistrikan dan merupakan faktor beban (Wijaya et al., 2025). Semakin tinggi faktor beban, semakin baik sistem kelistrikannya (Silaen, 2018).

Selain itu, pengujian sistem kelistrikan untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam mengatasi beban yang diberikan (Waskito, 2019). Pengujian ini melibatkan simulasi kondisi-kondisi operasional yang berbeda dan memastikan bahwa sistem kelistrikan mampu berfungsi dengan baik dalam kondisi tersebut (Sibuea et al., 2020). Pengujian juga melibatkan pemeriksaan komponen kritis dalam sistem kelistrikan, seperti generator, kabel, panel listrik, dan perlengkapan keselamatan yang terkait dengan sistem kelistrikan (Demeianto et al., 2022).

Maka dari itu, Kapal *Tugboat* Delta Cakra 31 harus memiliki sistem kelistrikan yang baik agar kinerja mesin dan peralatan pendukung lainnya dapat bekerja dengan maksimal dan tidak mengalami terjadinya faktor gagal mesin atau gagal fungsi pada peralatan

Analisis Pembebanan dan Pengujian Sistem Kelistrikan pada Kapal Tugboat Delta Cakra 31

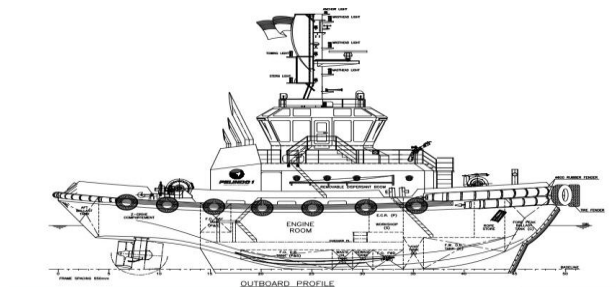
pendukung dikarenakan faktor sistem kelistrikan yang tidak stabil maupun yang tidak memadai (Prasetyo et al., 2021).

Dari permasalahan diatas dapat dilakukan penelitian mengenai Analisa pembebanan dan pengujian sistem kelistrikan yang ada di Kapal *Tugboat* yang hanya berfokus pada analisa beban dan pengujian pada generator kapal *Tugboat* DELTA CAKRA 31 dan menguji beban dengan menggunakan metode *Load test* dan *Load factor* (Haryudo, n.d.).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa besar beban yang digunakan pada generator di kapal Tugboat Delta Cakra 31 dengan menggunakan metode load test dan load factor. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan uji pembebanan pada generator dengan menggunakan *estimated calculation electrical load* dalam empat keadaan operasi kapal, yaitu *normal sea going*, *operation at port*, dan *fire fighting* (Pattiapon et al., 2019).

METODE

Objek penelitian pada penelitian ini adalah perhitungan dan menguji coba beban *Generator Kapal Tugboat* Delta Cakra 31 menggunakan *Load Bank*. Data yang diperlukan adalah data dari *electrical drawing* sebagai acuan komponen apa saja yang ada pada kapal dan beban yang dihasilkan, data *Load Test* pada kapal, dan data hasil analisis dari perhitungan dan pengujian *Load Test*. Kapal *Tugboat* Delta Cakra 31 adalah termasuk *Harbour Tug*. Kapal *Harbour Tug* merupakan jenis kapal yang dapat membantu kapal atau *Barge* yang keluar atau masuk pelabuhan. Seperti halnya Kapal *TUGBOAT*, kapal *Harbour Tug* juga bisa menarik Tongkang atau *Barge*. Kapal jenis ini beroperasi disekitar pelabuhan.. Berikut ini adalah Profil Umum dari Kapal *Tugboat* Delta Cakra 31 dari PT Delta *Shipyards* Batam.



Gambar 1. *General Arrangment Tugboat Delta cakra 31*

Sumber : PT Delta Shipyard

Data *Load test* kapal yang digunakan pada kapal *Tugboat* Delta Cakra 31 meliputi durasi beban, waktu, keluaran daya, arus tegangan, faktor daya, frekuensi, kecepatan, tekanan oli mesin, dan suhu ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Load Test generator

SPECIFICATION GENERATOR		118kW					
NO.	DURATIONLOAD %	0%	25%	50%	75%	100%	110%
1	TIME FROM (minute)	0:00	5	10	15	30	2
	TIME TO (second)					Trip 4s	
2	KW OUTPUT (kW)	0	28	59	90	118	128
3	AMPERE R (A)	0.1	43	91	138	179	192
	AMPERE S (A)	0.1	43	91	138	179	192
	AMPERE T (A)	0.1	43	91	138	179	192
4	VOLTAGE R- S (V)	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE S- T (V)	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE T-R (V)	380	380	380	379	379	379
5	VOLTAGE R- N (V)	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE S-N (V)	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE T-N (V)	220	219	219	219	219	219
6	POWER FACTOR	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
7	FREQUENCY (Hz)	50	50	50	50	50	50
8	SPEED (RPM)	1500	1500	1500	1500	1498	1498
9	ENGINE LUB. OIL PRESSURE (PSI) (MPa)	91.00	81.00	79.00	77.00	75.00	74
10	COOLING WATER TEMPERATURE(°C)	55	80	81	83	84	84

Dalam perhitungan beban tergantung pada kondisi peralatan tersebut saat berfungsi. Tidak semua peralatan di fungsikan semua. Pembagian peralatan yang disesuaikan dengan pemakaian peralatan bekerja, penempatan peralatan tersebut. Peralatan dan jumlah yang digunakan pada Kapal *Tugboat* Delta Cakra 31 yang mana kapal tersebut memiliki pembagian komponen yang terdiri dari 3 bagian, yakni *Machinery part*, *Hull part*, dan *Electrical part* serta menentukan jumlah penggunaannya pada kondisi tertentu. Pendataan ini dilihat dengan pemasangan pada kapal dan pada *Release Electrical Drawing*.

Metodologi penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Metode penelitian yang digunakan dalam pengumpulan data yang

dilakukan peneliti yaitu lokasi penelitian dilakukan pada PT Delta Shipyard Batam. Waktu Penelitian Pada Bulan Juli – Agustus 2023.

Alat dan Bahan

1. Load Bank

Load Bank adalah suatu alat yang digunakan untuk perangkat atau mesin yang mengembangkan sebuah beban listrik, berlaku beban ke sumber daya listrik dan mengubah atau menghilangkan *output* daya yang dihasilkan dari sumber. Ada beberapa alasan *genset* harus menjalani uji beban penyimpanan (*Load Bank Testing*) setiap tahun, termasuk yang berikut:

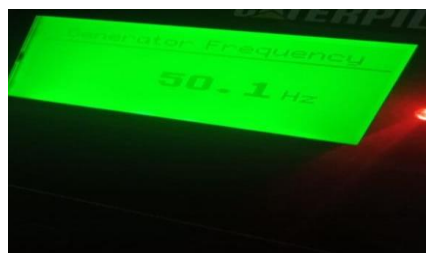
- Memaksimalkan kemampuan *Generator set* sebagai sumber daya cadangan yang cukup ketika dibutuhkan.
- Menemukan masalah secara signifikan dan mencegah masalah besar di masa yang akan datang.
- Membantu membersihkan dan mengurangi karbon yang keluar dari saluran pembuangan, dan Memverifikasi sistem pendingin mesin.



Gambar 2. *Load Bank*

Sumber : PT Delta Shipyard

Pada suatu instalasi tertentu *Load Bank* diperlukan sebagai media pemindah beban, pada instalasi *crane*, *Load Bank* dipakai sebagai pengalih beban untuk menghindari efek *overspeed* pada *Generator set*. akibat beban kejut yang hilang secara tiba-tiba, dengan menggunakan *Load Bank*, beban *crane* yang hilang langsung dipindahkan ke unit *Load Bank* sehingga kondisi *Generator set* akan tetap stabil.



Gambar 3. Frekuensi dari *Load Bank*

Sumber : PT Delta Shipyard

Pengetesan *Load Test Generator* yang dilihat untuk mengetahui masih stabil nya *Generator* tersebut apakah masih normal *frequency*-nya yang ini di catat 50,1 Hz.

2. MultiTester

MultiTester adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi). Itu adalah pengertian multimeter secara umum, sedangkan pada perkembangannya multimeter masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, mungkin maksudnya A (*Ampere*), V(*volt*), dan O(*ohm*). Pada penelitian ini *MultiTester* digunakan sebagai pengukur dan pembaca dari tegangan, *Ampere*, serta resistansi yang diperlukan untuk pengujian beban *Generator*. Gambar 3 menunjukkan Waktu *Test Load Bank* menggunakan multi *Tester* yang di ambil *Voltage* nya 220 V.



Gambar 4. Multi Tester

Sumber: PT Delta Shipyard

3. Clamp Ampere

Clamp Ampere atau dalam bahasa Inggrisnya disebut dengan *Clamp Meter* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitnya (*Clamp*) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya. Dengan demikian, kita tidak perlu mengganggu rangkaian listrik yang akan diukur, cukup dengan ditempatkan pada sekeliling kabel listrik yang akan diukur. Pada umumnya, Tang *Ampere* (*Clamp Meter*) yang terdapat di pasaran memiliki fungsi sebagai Multimeter juga. Jadi selain terdapat dua rahang penjepit, *Clamp Meter* juga memiliki dua *probe* yang dapat digunakan untuk mengukur Resistansi, Tegangan AC, Tegangan DC dan bahkan ada model tertentu yang dapat mengukur Frekuensi, Arus Listrik DC, Kapasitansi dan Suhu.

Pada penelitian ini *Clamp Ampere* sendiri digunakan untuk pengukur dan pembaca dari tegangan, *Ampere*, serta resistansi yang diperlukan untuk pengujian beban *Generator*.



Gambar 5. *Clamp Ampere*

Sumber: PT Delta Shipyard

Penelitian ini dimulai dari pencarian beban semu dari spesifikasi yang didapatkan dari setiap komponen yang digunakan yang selanjutnya dilakukan proses perhitungan data sesuai dengan spesifikasi. Kemudian, penelitian ini dilanjutkan dengan pendataan peralatan listrik yang digunakan dengan klasifikasi peralatan tersebut berdasarkan fungsi dan juga kondisi bekerja. Perhitungan kapasitas bekerja pada peralatan dengan menentukan pemakaian beban dengan kondisi *Continous Load* atau *Intermitern Load* sangat dibutuhkan untuk menghitung kapasitas *Generator* bekerja dan faktor bebannya. Selanjutnya melakukan uji coba beban pada *Generator* yang digunakan Penelitian ini diakhiri dengan penyimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Prosedur load test generator dimulai dengan mempersiapkan alat yang akan digunakan, yaitu load bank, multi tester, kabel, thermometer, dan stopwatch. Sebelum melakukan pengetesan, penting untuk memperhatikan kondisi yang ada, termasuk memastikan bahwa semua instalasi sistem, seperti F.O line, sea water cooling line, dan kabel listrik, telah terpasang dengan lengkap. Pemeriksaan sistem harus dilakukan untuk memverifikasi bahwa pemasangan sesuai dengan persyaratan produsen, serta memastikan bahwa beban generator untuk pengujian sudah terpasang pada load bank. Selanjutnya, prosedur uji operasi harus dilakukan; jika pengujian dalam kondisi aktual sulit dilakukan, uji simulasi atau metode lain yang sesuai dengan instruksi produsen dapat digunakan untuk mengonfirmasi fungsionalitas. Selain itu, pengujian karakteristik eksternal generator diesel perlu diperhatikan, memastikan bahwa tegangan transien, variasi, dan frekuensi berada dalam batasan yang diizinkan. Saat generator berjalan dengan beban bahan bakar, perlu diperiksa varians dan waktu stabil ketika semua beban diambil secara tiba-tiba. Setelah generator berjalan stabil, beban dapat ditambahkan secara tiba-tiba hingga 50% dari daya pengenal, diikuti dengan sisa 50% setelah memberikan interval yang cukup untuk mencapai kondisi stabil pada kecepatan, tegangan, arus, dan frekuensi. Uji coba beban berjalan harus dilakukan sesuai dengan prosedur, dari 100% ke 0%, kemudian 50%, dan kembali ke 100%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Beban Listrik

Perhitungan beban listrik adalah langkah yang dilakukan setelah mendata komponen yang digunakan meliputi bagian *Machinery*, *Hull*, dan *Electrical part* dengan keadaan yang berbeda-beda. Keadaan atau kondisi tersebut meliputi empat kondisi :

1. Total Penggunaan daya *Machinery Part*

Berikut ini adalah tabel perhitungan penggunaan daya di *Machinery Part* dalam empat keadaan yang berbeda yaitu *Normal Sea Going*, *Operation*, *At Port*, dan *Fire Fighting*.

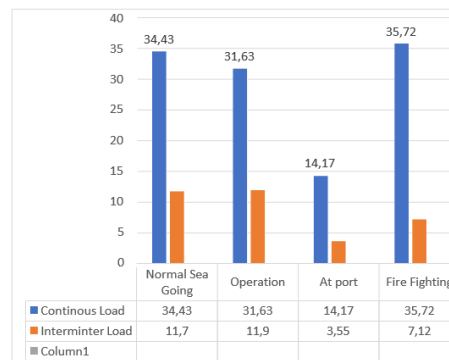
Tabel 2. Perhitungan Penggunaan Daya Machinery Part

No.	Equipment	Capacity		input	Demand Factor (%) & Consumption (kW)																	
		Rated Load	Load		Normal Sea Going				Operation				At Port				Fire Fighting					
				kW	set	eff	KW	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L
Machinery Part																						
1	Bilge/ Ballast Pump	5,5	2	85%	6,5	1	70		4,53													
2	GS/ Fire Pump	5,5	1	85%	6,5					1	80		5,18					1	30		1,94	
3	Air Compressor Starting	5,5	2	85%	6,5	1												1	30		1,94	
4	Fuel Oil Transfer Pump	4	2	80%	5	1	70		3,5	1	70		3,5					1	30		1,5	
5	Sludge/D.O pump	2,2	1	80%	2,8	1	70		1,92									1	30		0,83	
6	ME Standby LO Pump	15	2	90%	16,7																	
7	Oil Water Separator	0,37	1	75%	0,5	1	70		0,35									1	30		0,15	
8	Oil Dispersant Pump	3	1	75%	4																	
9	FW Hydrophore Pump	1,5	1	75%	2	1	70	1,4		1	80		1,6	1	70		1,4					
10	SW Hydrophore Pump	1,5	1	75%	2	1	70	1,4		1	80		1,6	1	70		1,4					
11	Eng. Room Fan	15	2	90%	16,7	2	80	26,67		2	80	26,67		1	85	14,17		2	85	28,33		
12	Z-Drive Space Fan	1,5	2	90%	1,7	1	80	1,33		1	80	1,33						1	85	1,42		
13	Z-Drive Control	2	1	75%	2,7	1	80	2,13		1	80	2,13						1	85	2,27		
14	FIFI Monitor	2	2	78%	2,8													1	85	2,4		
15	Sprinkler Pump		1																			
16	Sewage Treatment Plant	2	1	78%	2,6	1				1				1				1	30		0,76	
17	Sewage pump	1,5	1	78%	1,9	1	70		1,35	1				1								
18	SW cooling Pump (Back-up)	11	1	90%	12,2																	
19	FW Cooling Pump (Back-up)	7,5	1	90%	8,3																	
20	FO purifier	1,5	1	80%	1,9	1	80	1,5		1	80	1,5		1	40		0,75	1	70	1,31		
21	Foam Supply Pump	15	1																			
22	Fi-Fi Pump (Disal Driven)			75%																		
		Sub Total 1						34,43	11,65			31,63	11,88			14,17	3,55			35,73	7,12	

CL= Countinuous Load (kW)

IL=Intermitten Load (kW)

Pada tabel 2 dapat dilihat peralatan dan jumlah yang digunakan pada bagian *Machinery part* Kapal *Tugboat Delta Cakra 31* yang mana kapal tersebut memiliki pembagian komponen yang terdiri dari jumlah penggunaannya pada kondisi tertentu. Pendataan ini dilihat dengan pemasangan pada kapal dan pada *Release Electrical Drawing*.



	Normal Sea Going	Operation	At port	Fire Fighting
Continous Load	34,43	31,63	14,17	35,72
Interminter Load	11,7	11,9	3,55	7,12
Column1				

Gambar 6. Grafik *Marchinary Part*

Pada *Machinery part*, *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Normal Sea Going* adalah 70 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*. Hal ini dikarenakan fan ini berfungsi untuk mendinginkan ruangan mesin agar tidak terlalu panas dengan mengoperasikan 2 *Fan*.

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

Demand factor yang bekerja pada kondisi *At Port* adalah 40 % - 85 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*. Hal ini dikarenakan fan ini berfungsi untuk mendinginkan ruangan mesin agar tidak terlalu panas hanya menggunakan 1 *Fan*.

Lalu *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Fire Fighting* adalah 30 % - 85 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Engine Room Supply fan* yang bekerja secara *continuous*. Hal ini dikarenakan fan ini berfungsi untuk mendinginkan ruangan mesin agar tidak terlalu panas mengoperasikan 2 *Fan*.

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

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

2. Total Penggunaan daya *Hull Part*

Berikut ini adalah tabel perhitungan penggunaan daya di *Hull Part* dalam empat keadaan yang berbeda yaitu *Normal Sea Going*, *Operation*, *At Port*, dan *Fire Fighting*.

Tabel 3. Perhitungan Penggunaan Daya Hull Part

No.	Equipment	Capacity			Input	Demand Factor % & Consumption (kW)															
		Rated Load		eff		Normal Sea Going				Operation				At Port				Fire Fighting			
		kW	set			Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL
Hull Part																					
1	Deck Machinery Hydraulic Power Pack	22	2	97%	22,7					2	80	36,29									
2	AC Chiller Unit Sea Water Pump	2,2	2	90%	2,4	1	80		1,96	1	80		1,96	1	70		1,71	1	80	1,96	
3	AC Chiller Unit Fresh Water Pump	2,2	2	90%	2,4	1	80		1,96	1	80		1,96	1	70		1,71	1	80	1,96	
4	AC Fan Unit Heating Coils	1,1	1	90%	1,2	1	80	0,98		1	80	0,98		1	70		0,86	1	80	0,98	
5	AC Central Chiller Unit	7,5	2	90%	8,3	1	80	6,66		1	80	6,67		1	70	5,83		1	80	6,67	
6	AC Central Air Handling/Heating	4	2	90%	4,4	1	80	3,56		1	80	3,56		1	70		3,11	1	80	3,56	
7	Galley & Laundry Equipment	23	1	85%	27,1	1	50		13,52	1	40		10,82	1	70		18,94	1	30	8,12	
8	Laundry Equipment	4	1	85%	4,7	1	50		2,35	1	40		1,88	1	70		3,29	1	30	1,41	
9	Z-Drive Cooling Sea Water	1,5	2	90%	1,7	1	85	1,42		1	80	1,33						1	80	1,33	
10	Z-Drive Control	0,8	1	75%	1,7	1	80	0,85		1	80	0,85						1	80	0,85	
Sub Total 2								13,47	19,79			49,68	16,62			5,83	29,62		13,39	13,45	

CL= Countinous Load (kW)

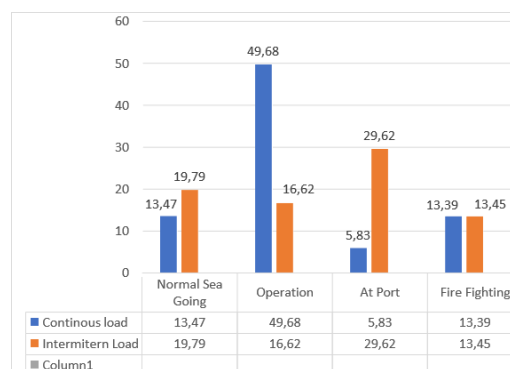
IL=Intermitten Load (kW)

CL= Countinous Load (kW)

IL=Intermitten Load (kW)

IL=Intermitten Load (kW)

Pada tabel 3 dapat dilihat peralatan dan jumlah yang digunakan pada bagian *Hull part* Kapal *Tugboat Delta Cakra 31* yang mana kapal tersebut memiliki komponen yang terdiri dari jumlah penggunaannya pada kondisi tertentu. Pendataan dilihat dari pemasangan di kapal dan pada *Release Electrical Drawing*.



	Normal Sea Going	Operation	At Port	Fire Fighting
Continous load	13,47	49,68	5,83	13,39
Intermitten Load	19,79	16,62	29,62	13,45
Column1				

Gambar 7. Grafik HullPart

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

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

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

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

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

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

3. Total Penggunaan daya Electrical Part

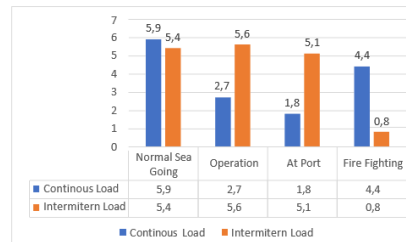
Berikut ini adalah tabel perhitungan penggunaan daya di Electrical Part dalam empat keadaan yang berbeda yaitu Normal Sea Going, Operation, At Port, dan Fire Fighting.

Tabel 4. Perhitungan Penggunaan Daya Electrical Part

No.	Equipment	Capacity			Input	Demand Factor % & Consumption (kW)																
		Rated Load				Normal Sea Going				Operation				At Port				Fire Fighting				
		kW	set	eff		kW	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL	Set	%	C.L	IL
Electrical Part																						
1	E/R Light	2	1		2	1	80	1,6		1	80	1,6		1	60	1,2		1	80	0,8		
2	Accommodation Light	1	1		1	1	80	0,8		1	80	0,8		1	60	0,6		1	70	0,7		
3	Navigation Light	0,5	1		0,5	1	50	0,25		1	50	0,25		1	50		0,25	1	50	0,5		
4	Flood Light	1	4		4	1	40		1,6	1	40		1,6	1	40		1,6	1	40		0,4	
5	Search light	1	2		2	1	40		0,8	1	40		0,8	1	40		0,8	1	40		0,4	
6	Internal Communication	1,5	1		1,5	1	80	1,2		1	80		1,2	1	60		0,9	1	80	0,8		
7	Radio & Nautical System	2	1		2	1	80	1,6		1	80		1,6	1	60		1,2	1	80	0,8		
8	FA & GA System	0,5	1		0,5	1	80	0,4		1	80		0,4	1	60		0,3	1	80	0,8		
9	Miscellaneous & Alarm system	5	1		5	1	60		3									1	70		0	
Sub Total 3							5,85	5,4			2,65	5,6			1,8	5,05			4,4	0,8		

CL= Countinous Load (kW)

IL=Intermitten Load (kW)



	Normal Sea Going	Operation	At Port	Fire Fighting
Continous Load	5,9	2,7	1,8	4,4
Intermitern Load	5,4	5,6	5,1	0,8

Gambar 8. Grafik *Electrical Part*

Pada *Electrical Part*, *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Normal Sea Going* adalah 40 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *E/R Light* dan *Radio & Nautical System* yang bekerja secara *continuous* dan *Flood light* bekerja secara *Intermitten*.

Demand factor yang bekerja pada kondisi *Operation* adalah 40 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *E/R Light* dan *Radio & Nautical System* yang bekerja secara *continuous* dan *Flood light* bekerja secara *Intermitten*.

Demand factor yang bekerja pada kondisi *At Port* adalah 40 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *Flood Light* bekerja secara *Intermitten*. Lalu *Demand factor* yang bekerja pada kondisi *Fire Fighting* adalah 30 % - 80 % dengan *power consumption* tertinggi yaitu pada *E/R Light*, *Radio & Nautical System*, *FA & GA System*, *Miscellaneous & Alarm System*.

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

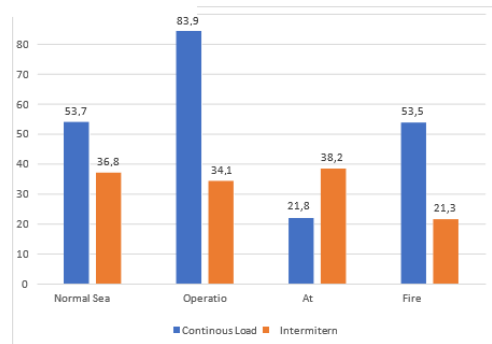
Kemudian, untuk daya beban pemakaian terputus – putus atau *Intermitten Load* pada kondisi *Normal Sea Going* sebesar 5,40 Kw, kondisi *Operation* sebesar 5,60 Kw, kondisi *At Port* sebesar 5,05 Kw, dan Kondisi *Fire Fighting* sebesar 0,80 Kw.

Semua hasil yang telah dihitung dan simpulkan pada penjelasan perhitungan beban *machinery part*, *Hull part*, dan *Electrical part* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Ringkasan beban semua part

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

Analisis Pembebanan dan Pengujian Sistem Kelistrikan pada Kapal Tugboat Delta Cakra 31



Gambar 9. Grafik Total Keseluruhan Beban

Pada Grafik diatas dijelaskan bahwa penggunaan daya pada kondisi *normal sea going* 53,75 kW dan 36,84 kW dengan *demand factor* 70-80% , *total* penggunaan daya terbesar ada pada kondisi *Operation* yaitu 83.96 kW dan 34,1 kW dengan *demand factor* 70-80%.

Daya pada kondisi *At port* yaitu 21,8 kW dan 38,22 kW dengan *demand factor* 40-80%. Untuk kondisi *fire fighting* daya yang didapatkan adalah 53,52 kW dan 21,37 kW dengan *demand factor* 40-50% bongkar muat.

Dari daya yang didapatkan tersebut telah sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan oleh BKI (Biro Klasifikasi Indonesia), yang dimana menyebutkan jika masih belum melebihi ambang batas maka listrik dikapal masih dapat dinyatakan normal dan aman untuk melakukan suatu operasi.

Kapasitas Generator

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

1. Menjumlahkan seluruh beban *Continuous Load* dan *Intermittent Load* keseluruhan *Part* dalam setiap kondisi. Menggunakan data yang diperoleh dari Tabel 5 yakni ringkasan dari penggunaan beban tiap kondisi dan *part*.
2. Untuk menentukan Total beban dari keseluruhan beban, dibutuhkan faktor kesamaan beban dari seluruh beban. Dengan menggunakan persamaan 2.1 untuk mencari faktor kesamaan beban dari beban *Intermittent Load* setiap kondisi maka dipergunakan rumus yaitu :

$$e = (0,5) \times P_{\text{total IL}}$$

$$e \text{ normal sea going} = 0,5 \times 36,84 = 18,42 \text{ kW} \text{ e Operation} = 0,5 \times 34,10 = 17,05 \text{ kW}$$

$$e \text{ At port} = 0,5 \times 38,22 = 19,11 \text{ kW} \text{ e Fire Fighting} = 0,5 \times 21,37 = 10,69 \text{ kW}$$

3. Selanjutnya untuk mencari Total beban setiap kondisi kapal. Dengan menggunakan persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung total beban tiap
4. kondisi kapal saat berlayar, bermanuver, bongkar muat, dan *fire fighting* maka dipergunakan rumus yaitu :

$$\text{Jumlah Beban} = P_{\text{total CL}} + (e)$$

Total *normal sea going* = 53,75 + 18,42 = 72,17 kW Total *Operation* = 83,96 + 17,05 = 101,01 kW

Total *At port* = 21,80 + 19,91 = 40,91 kW Total *Fire Fighting* = 53,52 + 10,69 = 64,21 kW

5. Menentukan *Generator* yang akan dipakai berdasarkan Perhitungan Total beban. Terdapat 2 buah *Generator* pada Kapal *Tugboat Delta Cakra 31* yang masing-masing memiliki spesifikasi daya 118 kW. Berdasarkan perhitungan pada poin 3, total beban tertinggi adalah sebesar 101,01 kW, dengan demikian pemakaian 1 buah *Generator* sudah memenuhi pemakaian daya Berdasarkan BKI Vol IV Tahun 2004 yang mengisyaratkan bahwa sekurang-kurangnya 2 *agregat* yang terpisah dari mesin penggerak utama harus disediakan untuk pemberi daya listrik. Daya keluaran harus berukuran sedemikian sehingga keluaran *Generator* masih tersisa dan cukup untuk menutup kebutuhan daya dalam pelayaran dilaut ketika salah satu *agregat* rusak ataupun dihentikan. Pada kondisi *at port* penggunaan daya menggunakan *Generator Harbour* yang memiliki spesifikasi 50 kW.
6. Mencari *Load Factor* dari *Generator*. *Load Factor* pada setiap pemakaian dengan kondisi yang terdapat pada peraturan BKI tidak melebihi 85%. Dengan menggunakan persamaan 2.3 untuk mencari *Load Factor* tiap-tiap kondisi maka dipergunakan rumus yaitu:

$$Lf = \frac{P_{\text{Total}}}{P_{\text{gen}}} \times 100\%$$

LF *normal sea going* = 72,17 kW / 118 kW x 100 % = 61 %

LF *Operation* = 101,01 kW / 118 kW x 100 % = 86 %

LF *At port* = 40,91 kW / 50 kW x 100 % = 82 %

LF *Fire Fighting* = 64,21 kW / 118 kW x 100 % = 54 %

Berdasarkan perhitungan diatas, maka *LF* dengan faktor terendah yakni pada kondisi *Fire Fighting* dan *LF* dengan faktor tertinggi pada kondisi *Operation* yakni 86% dengan perbedaan 1 % dari aturan pemakaian *Generator* BKI.

7. Memutuskan pemakaian *Generator* pada setiap kondisi dan menentukan *Generator plan*. Pada perhitungan *Load Factor* telah didapatkan, maka dibuatkan *Generator plan* untuk penggunaannya

Tabel 6. Perhitungan Load Generator

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

Generator Running	1 x Main Gen	1 x Main Gen	1 x Main Gen	1 x Main Gen
-------------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Pada Tabel 6, dapat dilihat penggunaan dengan faktor beban tidak mencapai 100%. Hal ini disebabkan oleh perlakuan perhitungan untuk memperoleh daya cadangan.

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

Tabel 7. Generator Plan

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

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

Perhitungan Shore Connection

Adanya *Shore Connection* atau daya yang dipakai pada saat bersandar membuat kapal mematikan mesinnya. Agar dapat mengaliri listrik dari darat saja. Dengan menggunakan persamaan 2.4 untuk mencari *Shore Connection* maka dipergunakan rumus yaitu :

$$\text{Shore Connection} = 1,15 \times \text{Jumlah Beban Bongkar Muat}$$

$$\text{Shore Connection} = 40,91 \text{ kW} \times 1,15 = 47,05 \text{ kW}$$

Dengan beban pada kondisi *At Port* sebesar 40,91 Kw, maka *Shore Connection* memerlukan daya 47,05 Kw.

Pembahasan

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

Persiapan Pengujian Generator

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

Pengujian Beban Generator

Pengujian dilakukan dengan 2 Generator yang ada pada Kapal *Tugboat* Delta Cakra 31. Pengujian ini dilakukan secara bergantian dengan memastikan bahwa *Generator* tersebut dapat diuji bebannya sesuai prosedur yang ada.

Tabel 8. Load Test Generator

SPECIFICATION GENERATOR		118Kw					
NO.	DURATIONLOAD %	0%	25%	50%	75%	100%	110%
1	TIME FROM (minute)	0:00	5	10	15	30	2
	TIME TO (second)	Trip 4s					
2	KW OUTPUT (kW)	0	28	59	90	118	128
3	AMPERE R (A)	0.1	43	91	138	179	192
	AMPERE S (A)	0.1	43	91	138	179	192
	AMPERE T (A)	0.1	43	91	138	179	192
4	VOLTAGE R- S (V)	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE S- T (V)	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE T-R (V)	380	380	380	379	379	379
5	VOLTAGE R- N (V)	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE S-N (V)	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE T-N (V)	220	219	219	219	219	219
6	POWER FACTOR	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
7	FREQUENCY (Hz)	50	50	50	50	50	50
8	SPEED (RPM)	1500	1500	1500	1500	1498	1498
9	ENGINE LUB. OIL PRESSURE (PSI) (MPa)	91.00	81.00	79.00	77.00	75.00	74
10	COOLING WATER TEMPERATURE(°C)	55	80	81	83	84	84

Pada tabel 8 dimana ditunjukkan hasil pengujian *Generator* pada *Generator* port pada Kapal *Tugboat* Delta Cakra 31 . Pada pengujian dilakukan dengan prosedur pemberian beban pada *Generator* yang berbeda-beda. Perhitungan secara data dapat dilihat dengan mengkalikan Spesifikasi *Generator* dengan besarnya persentase dari prosedur pengujian.

Dengan menggunakan persamaan 2.5 untuk mencari daya yang dapat dihasilkan dari beberapa persentase maka dipergunakan rumus yaitu:

$$Lt = P_{Gen} \times \text{Persentase Pengujian}$$

1. Pemberian beban 25%, selama 5 menit, dengan Daya dari spesifikasi *Generator* dikalikan dengan 25%.
118 kW x 25 % = 29,5 kW
Pemberian beban 50%, selama 10 menit, dengan Daya dari spesifikasi *Generator* dikalikan dengan 50 %.
118 kW x 50 % = 59 kW.
2. Pemberian beban 75%, selama 15 menit, dengan Daya dari spesifikasi *Generator* dikalikan dengan 75%.
118 kW x 75 % = 88,5 kW.
3. Pemberian beban 100%, selama 30 menit, dengan *Trip* setiap 4 *Seconds* dengan Daya dari spesifikasi *Generator* dikalikan dengan 100%.
118 kW x 100 % = 118 kW
4. Pemberian beban 110%, selama 2 menit, dengan Daya dari spesifikasi *Generator* dikalikan dengan **110**

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

Pengukuran *Ampere* RST, *Voltage* RST, dan *Voltage* RST-N menggunakan Tang *Ampere* dan *MultiTester*. Pada pengukuran *Ampere* terjadi beberapa variasi arus pada beban yang berbeda-beda yakni, 0.1, 43, 91, 138, 179, dan 192 *Ampere*. Pada pengukuran *Voltage* RST didapatkan tegangan sebesar 379-380 V pada semua

pengujian sesuai dengan Spesifikasi. Pada pengukuran *Voltage* RST-N didapatkan tegangan sebesar 219-220 V pada semua pengujian.

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

Tabel 9. Load Test Generator

SPECIFICATION GENERATOR			118kW				
NO.	DURATIONLOAD %	0%	25%	50%	75%	100%	110%
	TIME FROM (minute)	0:00	5	10	15	30	2

1	TIME TO (second)	Trip 4s					
2	KW OUTPUT (kW)	0	28	59	90	118	128
3	AMPERE R (A)	0.1	43	91	138	179	192
	AMPERE S (A)	0.1	43	91	138	179	192
	AMPERE T (A)	0.1	43	91	138	179	192
4	VOLTAGE R- S (V)	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE S- T (V)	380	380	380	379	379	379
	VOLTAGE T-R (V)	380	380	380	379	379	379
5	VOLTAGE R- N (V)	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE S-N (V)	220	219	219	219	219	219
	VOLTAGE T-N (V)	220	219	219	219	219	219
6	POWER FACTOR	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
7	FREQUENCY (Hz)	50	50	50	50	50	50
8	SPEED (RPM)	1500	1500	1500	1500	1498	1498
9	ENGINE LUB. OIL PRESSURE (PSI) (MPa)	91.00	81.00	79.00	77.00	75.00	74
10	COOLING WATER TEMPERATURE (°C)	55	80	81	83	84	84

Pada tabel 9 dimana ditunjukkan hasil pengujian *Generator* pada *Generator* pada Kapal *Tugboat Delta Cakra 31*. Pada pengujian dilakukan dengan prosedur pemberian beban pada *Generator* yang berbeda-beda. Pada saat pengujian daya (KW) jika dilihat rentang daya dikalikan dengan persennya hampir mendekati jumlah daya pada perhitungan dengan 25% sebesar 28 kW, 50% sebesar 59 kW, 75% sebesar 90 kW, 100% sebesar 118 kW sesuai dengan spesifikasi, dan 110% sebesar 128 kW.

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

Engine Lub. Oil Pressure, dan *Cooling Water Temperature* dapat dilihat pada monitor yang terdapat pada MSB yang terdapat di *Engine Room*. Pada frekuensi menunjukan 50Hz sama pada semua pengujian. *Speed* pada mesin memiliki rentang 1498-1500 Rpm. *Engine*

Lub. Oil Pressure memiliki penurunan pada setiap pembebanan bertambah, berbanding terbalik dengan Suhu *Cooling Water* yang memiliki *tren* Naik apabila beban bertambah.

KESIMPULAN

Dari pembahasan pada Bab IV pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Perhitungan Beban Listrik: Dalam analisis beban listrik pada kapal Tugboat Delta Cakra 31, diperoleh bahwa total daya beban pemakaian berkelanjutan (*Continuous Load*) dan terputus-putus (*Intermittent Load*) bervariasi tergantung pada kondisi operasional kapal, seperti *Normal Sea Going*, *Operation*, *At Port*, dan *Fire Fighting*. Daya tertinggi tercatat pada kondisi *Operation* dengan total beban mencapai 101,01 kW, sedangkan kondisi *At Port* menunjukkan penggunaan daya terendah sebesar 40,91 kW. Hal ini menunjukkan pentingnya perencanaan dan pengelolaan beban listrik yang efisien untuk memastikan operasi kapal yang aman dan optimal. Pada saat pengujian daya (kW) jika dilihat rentang daya dikalikan dengan persennya hampir mendekati jumlah daya pada perhitungan dengan 25% sebesar 28 kW, 50% sebesar 59 kW, 75% sebesar 90 kW, 100% sebesar 118 kW sesuai dengan spesifikasi, dan 110% sebesar 128 kW, Untuk Pengukuran *Ampere* RST, *Voltage* RST, dan *Voltage* RST-N menggunakan Tang *Ampere* dan *MultiTester*, Pada pengukuran *Ampere* terjadi beberapa variasi arus pada beban yang berbeda-beda yakni, 0.1, 44, 90, 138, 179, dan 195 *Ampere*. Pada pengukuran *Voltage* RST didapatkan tegangan sebesar 379-380 V pada semua pengujian sesuai dengan Spesifikasi, Pada pengukuran *Voltage* RST-N didapatkan tegangan sebesar 219-220 V pada semua pengujian.

REFERENSI

- Anthony, Z., Widia, I. L., Erhaneli, E., Putra, A. Y. D., & Syofian, A. (2024). Analisis Pengaruh Desain Kumpanan 6-Fasa Terhadap Torsi Dan Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Berbasis Desain 3 Fasa Ganda Tak Simetris. *Elkom: Jurnal Elektronika Dan Komputer*, 17(2), 626–634.
- Demeianto, B., Ramadani, R. P., Musa, I., & Priharanto, Y. E. (2020). Analisa Pembebanan Pada Generator Listrik Kapal Penangkap Ikan Studi Kasus Pada Km. Maradona. *Aurelia Journal*, 2(1), 63–72.
- Demeianto, B., Wahab, A., & Siahaan, J. P. (2022). Analisa Faktor Beban Tenaga Listrik pada Kapal Perikanan KM. Sumber Mandiri. *Aurelia Journal*, 4(1), 9–17.
- Haris, M., Huwae, J. C., Pakaya, F., & Nantan, Y. (2023). Analisa Penggunaan Daya Listrik pada KM. Jaya Utama 66 Berdasarkan Electric Balance BKI. *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 328–335.
- Haryudo, S. I. (n.d.). *Studi Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik pada Kapal Tug Boat Sei Deli DI PT. DOK dan Perkapalan Surabaya Sri Adiyansa*.
- Novitasari, E. (2010). *Sistem pengendalian intern penerimaan kas pada PD BPR BKK Karangmalang cabang Sragen kota*.
- Pattiaapon, D. R., Rikumahu, J. J., & Jamlaay, M. (2019). Penggunaan Motor Sinkron Tiga Fasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron. *Jurnal Simetrik*, 9(2), 197–207.
- Prasetyo, D., Abrori, M. Z. L., & Nurfauzi, A. (2021). Efisiensi Generator Set Terhadap Perubahan Beban Listrik Pada Kapal Perikanan. *Edu Elektriika Journal*, 10(2), 56–61.
- Sibuea, A. D. H. P., Sarwito, S., & Winarno, A. (2020). Analisa Harmonisa Tegangan pada Sistem Kelistrikan Kapal Latih Bung Tomo dengan Simulasi. *Jurnal EECCIS Vol*,

- 14(3), 96–100.
- Silaen, D. P. (2018). *Analisis Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik Kapal AHTS BNI Castor Akibat Penggunaan Motor Elektrik pada Mode Dynamic Positioning Menggunakan Metode Simulasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suyanto, A. (2017). *Jurnal Perancangan Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Perintis 2000 Gt Dengan Elektrik Balance Bki*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Waskito, I. (2019). Studi Perencanaan Instalasi Listrik di Kapal Pesiar. *Jurnal Teknologi Maritim*, 2(2), 15–21.
- Wijaya, D. D., Fat, J., & Mawardi, V. C. (2025). Aplikasi Algoritma Sarsa Dalam Pengendalian Motor Dc. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1).
- Yanto, Y., Wijaya, T. K., & Susanti, E. (2022). Analisa Kebutuhan Daya Listrik Di Kapal Self Propelled Oil Barge (Spob) Perkasa Samudera 1. *Sigma Teknika*, 5(1), 108–118.
- Zaman, B. (2012). *Buku Ajar Pengelolaan Kualitas Lingkungan*. LPPMP UNIVERSITAS DIPONEGORO.