

MONITORING TINGKAT GETARAN MOTOR INDUK KM. PANGRANGO

Yustinus Tarigan¹⁾, Novitha. L. Th. Thenu²⁾, P. Ciptoadi³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Email: yustinustarigan2000@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: novitha.thenu@fatek.unpatti.ac.id

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: p.ciptoadi@fatek.unpatti.ac.id

Abstrak

KM. Pangrango merupakan salah satu tipe kapal penumpang yang masih beroperasi hingga saat ini. Kapal ini dibuat oleh PT. PAL Indonesia pada tahun 1995 dan mulai berlayar di tahun 1996. Dengan usia kapal yang telah mencapai 27 tahun dapat dinyatakan sementara bahwa kapal ini telah mengalami perubahan dinamik pada sistem permesinan sehingga mempengaruhi kenyamanan penumpang di kapal. Salah satu perubahan yang mungkin mengganggu kenyamanan penumpang dari sistem permesinan ialah tingkat getaran. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar getaran yang terjadi di motor induk KM. Pangrango. Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah pengukuran langsung dengan alat *vibration meter* dan data - data pendukung berupa artikel terkait. Variabel terukur pada penelitian ini adalah *displacement*, kecepatan, dan percepatan. Berdasarkan aturan kelas *Lloyd's Register* (LR) 2006 menjelaskan fungsi dari 3 variabel dan batasannya pada kapal yaitu : *displacement* ($\pm 0,25$ mm), kecepatan (± 30 mm/s), dan percepatan (± 20 m/s²). Dari hasil pengukuran diperoleh getaran yang terjadi pada KM. Pangrango dengan nilai percepatan tertinggi terjadi pada silinder 1 yakni 22,074 m/s², silinder 2 yakni 22,344 m/s², dan silinder 7 yakni 22,182 m/s² pada motor induk kiri sedangkan percepatan pada silinder 7 motor induk kanan yakni 21,124 m/s². Nilai - nilai *displacement*, kecepatan dan percepatan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan batasan standar kelas *Lloyd's Register Displacement* sehingga diperoleh bahwa *displacement* dan kecepatan motor induk KM. Pangrango masih memenuhi standar sedangkan percepatan telah melebihi batas standar.

Kata Kunci : KM. Pangrango, Tingkat getaran, *Displacement*, Kecepatan, Percepatan

1. PENDAHULUAN

KM. Pangrango merupakan salah satu tipe kapal penumpang yang masih beroperasi hingga saat ini. Kapal ini dibuat oleh PT. PAL Indonesia pada tahun 1995 dan mulai berlayar di tahun 1996. KM. Pangrango telah beroperasi selama 27 tahun dan telah melewati proses *maintenance* yang telah terjadwalkan. Menurut Departemen Perhubungan Laut tahun 2007, usia maksimal kelayakan berlayar kapal penumpang ditentukan selama periode 25 tahun. Dengan usia kapal yang telah mencapai 27 tahun dapat dinyatakan sementara bahwa kapal ini telah mengalami perubahan dinamik pada sistem permesinan sehingga mempengaruhi kenyamanan penumpang di kapal. Salah satu perubahan yang mungkin mengganggu kenyamanan penumpang dari sistem permesinan ialah getaran. Kemudian faktor yang sangat mempengaruhi getaran di kapal adalah gaya eksitasi yang berasal dari sumber – sumber eksitasi seperti *gearbox*, poros, *propeller*, dan gelombang laut. Untuk nilai batas getaran kapal

penumpang yang diizinkan dalam nilai percepatan root mean square frekuensi berkisar antara 0,5 – 80 Hz (*Vibration Limit for Crew and Passengers* - Standar *American Bureau of Shipping*). Kemudian Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor PM 62 tahun 2019 Pasal 15 menyatakan untuk memastikan kenyamanan angkutan laut dan penumpangnya wajib dilakukan monitoring dan evaluasi secara berkala dan insidental. Adapun penelitian terdahulu telah dilakukan oleh Putraka tentang analisa getaran ruang kamar mesin pada kapal Meratus Sumbawa I menyatakan bahwa getaran yang dihasilkan kapal Meratus Sumbawa I masih memenuhi standar ABS (*American Bureau of Shipping*) setelah dilakukan analisa secara teori dengan cara membandingkan data hasil pengukuran dengan batasan standard kelas yaitu ABS (*American Bureau of Shipping*) dan LR (*Lloyd's Register*). Kemudian untuk mengetahui kondisi tingkat getaran yang terjadi di KM. Pangrango, penulis akan meninjau ke objek penelitian dan melakukan pengukuran secara langsung. Setelah melakukan pengukuran dan olah data terkait getaran yang terjadi, maka akan diketahui apakah getaran masih sesuai standar atau melebihi standard yang telah ditentukan. Dengan demikian setelah tingkat getaran telah diketahui, maka anggapan kenyamanan dan ketidaknyamanan itu dapat ditentukan secara pasti dan kondisi mesin induk layak atau tidak untuk beroperasi.

2. METODE PENELITIAN

A. Variabel penelitian

Variabel bebas : Waktu *engine running* pada *recting output* 600 rpm. Variabel terikat : Besarnya nilai amplitudo getaran perpindahan, kecepatan, dan percepatan rektilinear dari motor induk.

B. Metode pengumpulan data

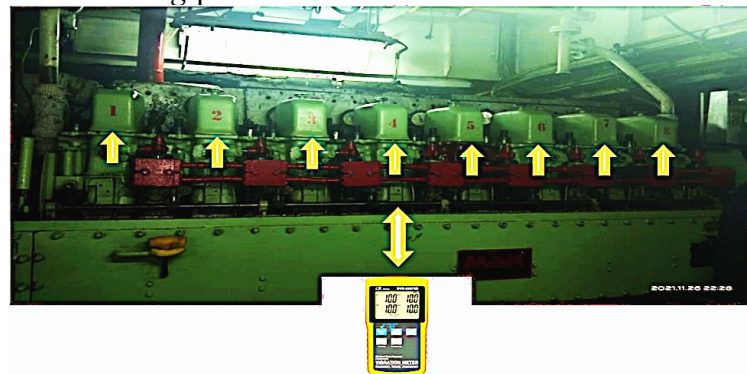
Pengumpulan data penelitian ini penulis menggunakan :

1. Metode observasi untuk mengamati secara langsung di kapal.
2. Metode pengukuran langsung pada motor induk
3. Metode data sekunder dengan cara pengumpulan data dilakukan dalam bentuk dokumen, gambar motor induk dan studi literatur yang bersumber dari buku, jurnal ilmiah untuk mendukung data penelitian.

C. Prosedur Pengambilan Data

1. Pengukuran akan dilakukan pada tiap silinder mesin induk baik kiri maupun kanan.

Pengukuran dilakukan pada kepala silinder mesin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Posisi ini dipilih karena sangat memungkinkan untuk meletakkan alat ukur, kemudian silinder merupakan tempat terjadinya piston melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan pembuangan sehingga piston akan bergerak secara bolak - balik (*reciprocating*) dan translasi yang menyebabkan timbulnya getaran. Pengambilan data setiap parameter diukur selama 10 detik dengan 5 kali pengulangan untuk 10 sampel pada masing - masing silinder, *gearbox* dan *intermediate bearing* pada mesin induk kiri dan kanan.



Gambar 1. Posisi pengukuran pada titik - titik pengukuran

1. Alat ukur yang digunakan adalah Vibration Meter (Gambar 2) dengan spesifikasi sebagai berikut.

Circuit	: Custom one-chip of microprocessor LSI
Display	: LCD size 82 x 61 mm
Channel	: 4 Channel
Measurement	: displacement, velocity and acceleration
Frequency range	: 10 Hz to 1 KHz
Weight	: 515 gram
Dimension	: 203 x 76 x 38 mm



Gambar 2 Vibration meter

D. Pengolahan dan analisa data

Sesudah melakukan pengukuran maka data yang sudah dikumpulkan diolah dengan aplikasi *Microsoft Excel* dan hasil pengolahan data akan dipakai untuk menganalisis kelayakan pengoperasian mesin induk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan penelitian pada tanggal 24 – 27 Juni 2022 di KM. Pangrango, pengukuran tiap variabel dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali dengan waktu 10 detik untuk tiap pengukuran. Pengukuran ini motor induk berlangsung saat kapal rute Ambon – Banda dan Banda – Ambon setelah motor induk kapal mencapai putaran 600 rpm. Hasil – hasil pengukuran yang ditampilkan pada bagian ini nantinya adalah hasil pengukuran yang melebihi standard yaitu silinder 1 motor induk kiri saat kapal berlayar menuju Banda, dan silinder 1,2,7, motor induk kiri dan silinder 7 motor induk kanan saat kapal berlayar menuju Ambon, sedangkan untuk gambar grafik yang ditampilkan nantinya adalah hasil pengukuran tertinggi selama pengukuran. Perlu diketahui bahwa selama pengukuran menuju Banda kapal berlayar dengan cuaca normal, sedangkan saat pengukuran menuju Ambon kapal berlayar dengan cuaca hujan dan angin.

A. Hasil Pengukuran Saat Kapal Menuju Banda

Saat kapal berlayar menuju Banda, pada hasil pengukuran motor induk kiri dan kanan telah dilakukan pengukuran meliputi variabel antara lain *displacement*, kecepatan, dan percepatan. Proses pengukuran dilakukan terhadap 10 titik ukur, diasumsikan 10 titik ukur ini merupakan sumber terjadinya getaran.

Tabel 1. Hasil pengukuran 3 variabel silinder 1, motor induk kiri saat berlayar menuju Banda.

No.	Komponen yang diukur	Sampel	Parameter yang diukur														
			Displacement (mm)					Kecepatan (mm/s)					Percepatan (m/s^2)				
			Pengulangan					Pengulangan					Pengulangan				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Silinder 1	1	0,035	0,06	0,102	0,095	0,054	3,2	2,4	2,5	2,7	2,3	21,2	22,7	20,3	21,3	18,3
		2	0,039	0,04	0,082	0,11	0,052	3	3	2,6	2,9	2,5	26,6	18,9	20	18,4	22,3
		3	0,031	0,069	0,099	0,092	0,07	2,5	2,6	3,2	2,6	2,6	23,9	22,1	19	22	22,1
		4	0,047	0,075	0,085	0,071	0,084	2,4	3,5	2,5	2,6	2,4	20,1	28,5	19,3	22,9	21,3
		5	0,065	0,047	0,095	0,056	0,092	3	2,5	2,5	2,6	2,5	21	25,4	23,3	20,5	23,6
		6	0,066	0,095	0,099	0,061	0,084	2,3	2,5	2,7	2,5	2,6	26,9	21,3	21,8	20,9	22,6
		7	0,048	0,085	0,085	0,066	0,073	2,4	2,6	2,5	2,4	2,5	20,6	21,1	25,4	24,7	20,4
		8	0,036	0,065	0,09	0,075	0,071	2,4	2,5	2,7	2,6	2,7	24,6	23	19,8	20	26,3
		9	0,056	0,062	0,099	0,055	0,066	2,8	2,6	2,6	2,5	2,5	20,5	19,2	22,5	20	19,6
		10	0,065	0,075	0,122	0,058	0,059	2,6	2,8	2,8	2,5	2,6	22,2	20,5	18,8	20,6	18,3
Rata - rata		0,049	0,067	0,096	0,074	0,071	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	22,8	22,3	21	21,1	21,5	
Rata - rata lima kali pengukuran		0,07126					2,626					21,732					

Sedangkan untuk motor induk kanan masih dikategorikan aman. Untuk data yang hasil pengukurannya masih dikategorikan aman tidak akan di tampilkan di bagian ini.

B. Hasil Pengukuran Saat Kapal Menuju Ambon

Saat kapal berlayar menuju Ambon, pada hasil pengukuran motor induk kiri dan kanan telah dilakukan pengukuran meliputi variabel antara lain *displacement*, kecepatan, dan percepatan. Proses pengukuran dilakukan terhadap 10 titik ukur, diasumsikan 10 titik ukur ini merupakan sumber terjadinya getaran.

Tabel 2. Hasil pengukuran 3 variabel silinder 1,2, dan 7 motor induk kiri saat berlayar menuju Ambon.

No.	Komponen yang diukur	Sampel	Parameter yang diukur														
			Displacement (mm)					Kecepatan (mm/s)					Percepatan (m/s^2)				
			Pengulangan					Pengulangan					Pengulangan				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Silinder 1	1	0,029	0,026	0,068	0,04	0,029	2,1	2,3	2,1	2,1	2,4	25,1	21,1	20,4	22,5	21,3
		2	0,04	0,042	0,059	0,029	0,043	2,2	2,3	2,1	2,1	2,1	25,9	22,4	20,7	23,1	21,8
		3	0,026	0,031	0,072	0,03	0,028	2,2	2,1	2,1	2,4	3,2	23,1	20,5	22,1	20	21,5
		4	0,026	0,037	0,039	0,027	0,032	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	22,1	20,5	21,8	21,9	21,9
		5	0,021	0,024	0,023	0,034	0,022	2,2	2,4	2,2	2,1	2,1	23,3	24,2	21,1	22,1	20
		6	0,028	0,047	0,055	0,029	0,03	2,2	2,8	2,1	2,1	2,2	22,4	20,4	19,7	18,9	21,7
		7	0,031	0,023	0,031	0,035	0,021	2,3	2,3	2,1	2,1	2,4	20,6	22,4	22,3	23,1	20,7
		8	0,027	0,038	0,047	0,031	0,034	2,1	2,1	2,3	2	2,2	26	20,1	23	20,6	25,1
		9	0,045	0,043	0,039	0,031	0,032	2,1	2,1	2,1	2	2,1	22,3	20,2	24,6	21	23,4
		10	0,02	0,027	0,036	0,039	0,036	2,1	2,1	2,2	2,9	2,1	22,1	27,6	22,3	22	20,8
Rata - rata			0,029	0,034	0,047	0,033	0,031	2,2	2,3	2,1	2,2	2,3	23,3	21,9	21,8	21,5	21,8
Rata - rata lima kali pengukuran			0,03464					2,218					22,074				
2.	Silinder 2	1	0,046	0,024	0,032	0,021	0,041	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5	21,7	20,4	25,4	21	18,7
		2	0,025	0,022	0,028	0,02	0,026	2,5	2,5	2,4	2,5	2,6	23,3	24,7	17,7	19,8	20,1
		3	0,028	0,026	0,023	0,019	0,019	2,5	2,4	2,5	2,4	2,5	26,3	22,4	23,3	21,1	23,7
		4	0,028	0,023	0,032	0,024	0,028	2,4	2,4	4,1	2,4	2,5	21,7	21,6	31,9	21	18,9
		5	0,019	0,029	0,036	0,026	0,042	2,6	2,5	2,5	2,4	2,5	21,3	22,7	33	18,8	25,2
		6	0,021	0,026	0,023	0,038	0,023	2,5	2,7	2,5	2,4	2,4	24	21,5	32,7	21	22,2
		7	0,024	0,021	0,024	0,028	0,043	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5	26	26,7	19,2	21,2	21,1
		8	0,022	0,022	0,036	0,019	0,026	2,4	3,5	2,5	2,5	2,4	24,5	21,6	23,3	20,9	23,9
		9	0,03	0,022	0,026	0,026	0,019	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	20,1	19,7	18,8	17,4	22
		10	0,026	0,038	0,055	0,038	0,025	2,4	2,4	2,5	2,4	2,5	23	18,3	22,9	19	20,5
Rata - rata			0,027	0,025	0,032	0,026	0,029	2,5	2,6	2,7	2,4	2,5	23,2	22	24,8	20,1	21,6
Rata - rata lima kali pengukuran			0,02776					2,528					22,344				

No.	Komponen yang diukur	Sampel	Parameter yang diukur														
			Displacement (mm)					Kecepatan (mm/s)					Percepatan (m/s^2)				
			Pengulangan					Pengulangan					Pengulangan				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.	Silinder 7	1	0,016	0,086	0,037	0,028	0,026	2	1,9	2	2	1,9	20,5	26,6	20,5	18,9	22,9
		2	0,044	0,115	0,027	0,023	0,024	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	20,6	25,3	24,7	19	25,2
		3	0,023	0,077	0,019	0,035	0,031	1,9	1,7	1,9	2,3	1,9	17,4	27,4	17,5	17,3	18,6
		4	0,034	0,094	0,035	0,023	0,03	2	1,9	2	2,6	1,9	27,8	25,4	17,6	25,4	18,3
		5	0,025	0,089	0,024	0,013	0,035	2,1	1,8	3	2	1,9	19,4	22,7	23,7	20,9	18
		6	0,059	0,04	0,034	0,029	0,023	2	1,8	1,9	2	2	19,9	23,2	28,9	34,2	17,7
		7	0,044	0,038	0,024	0,03	0,026	1,9	1,7	2,1	1,9	3,4	15,4	21,6	20,5	25,5	23
		8	0,04	0,049	0,027	0,022	0,026	1,9	1,9	2	1,9	2,6	25,7	20,1	21,7	20,7	24,1
		9	0,029	0,059	0,022	0,017	0,028	2	1,9	1,9	2	6,6	19,1	19,8	20,1	26,9	27,9
		10	0,021	0,045	0,049	0,03	0,019	1,9	1,9	1,9	1,9	4	18	25,1	19,4	23,5	25,5
Rata - rata			0,034	0,069	0,03	0,025	0,027	2	1,8	2,1	2,1	2,8	20,4	23,7	21,5	23,2	22,1
Rata - rata lima kali pengukuran			0,03686					2,144					22,182				

Tabel 3. Hasil pengukuran 3 variabel silinder 7 motor induk kanan saat berlayar menuju Ambon.

No.	Komponen yang diukur	Sampel	Parameter yang diukur														
			Displacement (mm)					Kecepatan (mm/s)					Percepatan (m/s^2)				
			Pengulangan					Pengulangan					Pengulangan				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Silinder 7	1	0,044	0,032	0,031	0,048	0,036	4,1	2,1	2,1	2,2	2,2	20,5	21,1	24,8	21,5	20,9
		2	0,032	0,027	0,028	0,039	0,042	2,6	2,1	2,2	2,4	2,2	20	23,4	32,7	19,8	18,7
		3	0,019	0,023	0,017	0,022	0,027	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	20	19,9	19,6	24	21,1
		4	0,024	0,027	0,024	0,038	0,034	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	21,7	18,4	20	20,7	20,3
		5	0,023	0,028	0,03	0,046	0,035	2,2	2,2	2,1	2,1	2,2	18,2	22,7	19,8	22,1	23
		6	0,049	0,019	0,028	0,037	0,02	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	19	25,3	21,2	20,6	22
		7	0,032	0,026	0,032	0,017	0,018	2,1	2,3	2,2	2,1	2,1	18,6	21	18,6	20	20,7
		8	0,034	0,032	0,025	0,024	0,037	2,1	2,2	2,1	2,2	2,1	21,7	18,9	21,3	20,7	25,1
		9	0,046	0,026	0,032	0,024	0,035	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	19,3	19,8	19,1	21,1	23,2
		10	0,038	0,037	0,029	0,046	0,02	2,1	2,2	2,2	2,1	2,2	18,8	22,9	19,3	19,9	23,2
Rata - rata			0,034	0,028	0,028	0,034	0,03	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	19,8	21,3	21,6	21	21,8
Rata - rata lima kali pengukuran			0,03078					2,22					21.124				

C. Pembahasan

Berdasarkan aturan kelas *Llyod's Register* (LR) 2006 Hal. 26 menjelaskan fungsi dari 3 variabel dan batasannya pada kapal yaitu :

1. *Displacement* untuk mengetahui besarnya getaran yang mempengaruhi kelelahan struktur material kapal ($\pm 0,25$ mm).
2. Kecepatan untuk mengetahui besarnya getaran yang dirasakan manusia (± 30 mm/s).
3. Percepatan untuk mengetahui besarnya getaran mesin kapal (± 20 m/s²).

Maka dari pernyataan diatas dapat kita lihat hasil rata – rata pengukuran variabel *displacement*, kecepatan dan percepatan motor induk dalam tabel berikut :

Tabel 4. Rata – rata hasil pengukuran motor induk kiri saat menuju Banda

No.	Komponen yang diukur	Rata - rata hasil pengukuran variabel		
		Displacement (mm)	Kecepatan (mm/s)	Percepatan (m/s ²)
1.	Silinder 1	0,07126	2,626	21,732
2.	Silinder 2	0,02004	1,83	18,04
3.	Silinder 3	0,0372	2,754	16,05
4.	Silinder 4	0,02826	1,972	12,948
5.	Silinder 5	0,03714	2,556	15,402
6.	Silinder 6	0,0341	1,848	11,67
7.	Silinder 7	0,054	2,542	19,792
8.	Silinder 8	0,02788	2,156	13,072
9.	Gearbox	0,03094	1,224	7,504
10.	Intermediate Bearing	0,03726	1	1,178

Tabel 5. Rata – rata hasil pengukuran motor induk kanan saat menuju Banda

No.	Komponen yang diukur	Rata - rata hasil pengukuran variabel		
		Displacement (mm)	Kecepatan (mm/s)	Percepatan (m/s ²)
1.	Silinder 1	0,1471	3,42	15,862
2.	Silinder 2	0,09742	2,626	12,224
3.	Silinder 3	0,18526	3,718	18,98
4.	Silinder 4	0,04372	1,836	13,47
5.	Silinder 5	0,11784	3,144	17,038
6.	Silinder 6	0,04318	2,026	13,794
7.	Silinder 7	0,099	3,436	17,312
8.	Silinder 8	0,03294	1,92	14,734
9.	Gearbox	0,03688	1,414	7,508
10.	Intermediate Bearing	0,0233	0,968	1,416

Tabel 6. Rata – rata hasil pengukuran motor induk kiri saat menuju Ambon

No.	Komponen yang diukur	Rata - rata hasil pengukuran variabel		
		Displacement (mm)	Kecepatan (mm/s)	Percepatan (m/s ²)
1.	Silinder 1	0,03464	2,218	22,074
2.	Silinder 2	0,02776	2,528	22,344
3.	Silinder 3	0,01578	2,068	13,976
4.	Silinder 4	0,04256	2,6	14,41
5.	Silinder 5	0,01766	2,09	14,044
6.	Silinder 6	0,03516	2,238	14,872
7.	Silinder 7	0,03686	2,144	22,182
8.	Silinder 8	0,04432	2,686	14,434
9.	Gearbox	0,01484	1,468	4,782
10.	Intermediate Bearing	0,01682	0,87	1,2

Tabel 7. Rata – rata hasil pengukuran motor induk kanan saat menuju Ambon

No.	Komponen yang diukur	Rata - rata hasil pengukuran variabel		
		Displacement (mm)	Kecepatan (mm/s)	Percepatan (m/s ²)
1.	Silinder 1	0,0572	2,12	12,876
2.	Silinder 2	0,16692	3,632	16,86
3.	Silinder 3	0,0625	2,392	14,394
4.	Silinder 4	0,08508	2,738	15,36
5.	Silinder 5	0,04618	2,136	13,188
6.	Silinder 6	0,0901	2,972	14,078
7.	Silinder 7	0,03078	2,22	21,124
8.	Silinder 8	0,05006	2,512	15,314
9.	Gearbox	0,02268	1,302	7,796
10.	Intermediate Bearing	0,01098	0,808	1,806

4. SIMPULAN

Berdasarkan standar kelas Llyod's Register (LR), yaitu nilai variabel masing - masing dari *displacement* ($\pm 0,25$ mm), kecepatan (± 30 mm/s), dan percepatan (± 20 m/s²). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan getaran yang terjadi pada KM. Pangrango dengan nilai percepatan tertinggi terjadi pada silinder silinder 2 yakni 22,344 m/s². Sehingga untuk *displacement* dan kecepatan, motor induk KM. Pangrango masih memenuhi standar sedangkan percepatan telah melebihi batas standar. Saat motor induk telah mencapai jam kerja

yang di tetapkan, sebaiknya dilakukan *general overhaul* dengan mengukur *cleareance* tiap komponen motor induk untuk mencegah terjadinya kelonggaran komponen untuk memicu timbulnya getaran berlebih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada :

1. Ayah dan Ibu saya yang sudah berjuang sampai saat ini mendukung perkuliahan saya, begitu juga abang saya Novranda Tarigan dan kedua adik perempuan saya yaitu Lolita br. Tarigan dan Filadelfia br. Tarigan.
2. Prof. Dr. M. J. Saptanno, S.H, M.Hum Selaku Rektor Universitas Pattimura Ambon.
3. Dr. Pieter Th. Berhиту, ST, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon.
4. Benjamin. G. Tentua, ST, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon.
5. D. S. Pelupessy, ST., M.Sc., Ph.D Selaku Ketua Program studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon.
6. Dr. Novitha L. Th. Thenu, ST, MT dan P. Ciptoadi, ST, MT. selaku Dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan berbagai pengalaman kepada saya.
7. Bapak Ir. J. D. C. Sihasale, MT selaku mentor yang membimbing saya dalam urusan perkuliahan di Program Studi Teknik Sistem Perkapalan.
8. Seluruh dosen di program studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama kuliah.
9. Seluruh staf pegawai yang selalu sabar melayani segala administrasi selama proses perkuliahan saya di fakultas ini.
10. Kapten KM. Pangrango beserta seluruh crew kapal yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Marine Vessel Rules*. New York. USA: American Bureau of Shipping. (ABS)., 2018.
- [2] *Guide for Passenger Comfort on Ships*. New York. USA: American Bureau of Shipping. (ABS)., 2014.
- [3] *Guidance Notes on Ship Vibration*. New York. USA: (ABS)., American Bureau of Shipping, 2006.
- [4] *Usia maksimal kelayakan berlayar kapal penumpang*. Departemen Perhubungan Laut, 2007.
- [5] P. W. Aprilia, "Getaran Sistem," 2017.
- [6] F. Dominguez, "Forced vibration analysis by propeller excitations," *Ing. Nav.*, 2014.
- [7] M. M. . H. Ahmad Narto, M.Pd., "Pengendalian Sistem Permesinan Kapal," 2017.
- [8] Llyod's Register (LR)., "Ship Vibration and Noise Guidance Notes," 2006.
- [9] V. L. Maleev, *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [10] Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 61, *Kelaiklautan kapal penumpang*. 2019.
- [11] Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor PM 62, "Pasal 15 tentang 'Kenyamanan angkutan laut dan penumpangnya'.," 2019.
- [12] K. N. Putraka, "Analisa Getaran Ruang Kamar Mesin Pada Kapal Meratus Sumbawa I.," 2010.
- [13] D. Samosir, "Monitoring Getaran pada Kapal."
- [14] SSC-350, *Ship Vibration Design Guide*. 1990.