

ANALISA MODEL GETARAN MAIN ENGINE PADA KAPAL

Iwan Kurnia Putra¹, Adi Wirawan Husodo², M. Abu Jamiin³

Teknik Permesinan Kapal (D-IV), Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹

Teknik Perpipaan (D-IV), Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Teknik Kelistrikan Kapal (D-IV), Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: iwankurnia65@yahoo.com¹; adi_wirawan@ppns.ac.id²; jammysby@gmail.com³

Abstract - This article mainly describes vibration on ship's main engine foundation. The high amplitude of vibration could damage ship's hull structure and disturb ship's passenger. The amplitude can be reduced by avoiding resonance between natural frequency and exciting frequency. Thereby in this article, the domain frequency is identified from Bode Diagram-based vibration source. A modelling from vibration data used as a reference to analyze domain frequency from vibration source. In data modelling a method called ARMA is used to determine the best model from every nodes main engine foundations, and then the model is analyzed using Bode Diagram. The first point of Bode Diagram's results shows natural frequency of main engine foundation in the amount of 402 rad/s, 1360 rad/s, and 4120 rad/s on phase 180°, The second point of Bode Diagram's results shows natural frequency of main engine foundation in the amount of 15.8 rad/s, 561 rad/s, 1760 rad/s, and 4010 rad/s on phase 180°, The third point of Bode Diagram's results shows natural frequency of main engine foundation in the amount of 2140 rad/s and 9840 rad/s on phase 180°, and the fourth point of Bode Diagram's results shows natural frequency of main engine foundation in the amount of 8260 rad/s on phase 180°.

Keyword: ARMA, Bode Diagram, Frequency, Vibration

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

- ϕ_p : parameter *autoregressive* ke-p
 α_t : *White Noise* nilai kesalahan pada saat t
 Y_{t-p} : variabel independen
 θ_q : parameter *Moving Average*
 e_{t-q} : selisih nilai aktual dengan nilai prakiraan

1. PENDAHULUAN

Getaran merupakan respon dari sebuah sistem mekanik baik yang diakibatkan oleh gaya eksitasi yang diberikan maupun perubahan kondisi operasi sebagai fungsi waktu. Kapal memiliki banyak sekali sumber eksitasi getaran yang mampu mengganggu kenyamanan awak kapal, salah satu nya adalah getaran yang berasal dari *main engine*. *Main engine* yang sedang bekerja akan menghasilkan gaya-gaya dinamis yang disebabkan oleh percepatan dan momen. Gaya-gaya dinamis dari *main engine* tersebut akan menimbulkan getaran pada *main engine* itu sendiri. Getaran yang disebabkan oleh eksitasi *main engine* bisa mengakibatkan kerusakan pada

konstruksi lambung kapal dan mengganggu kenyamanan penumpang kapal. Getaran mesin juga dapat terjadi antara lain oleh gaya putar atau torsi yang tidak seimbang, perubahan tekanan gas dalam torak, dan perubahan gaya kelembaman atau momen lentur dalam setiap gerakan benda. Jika gaya yang berubah-ubah dalam mesin ini terjadi frekuensi eksitasi yang sama dengan frekuensi pribadi dari struktur pondasi maka terjadi resonansi. Resonansi akan menyebabkan amplitude getaran menjadi naik secara teoritis dengan ideal frekuensi hingga mencapai tak berhingga. Secara riil, apabila mesin tidak didukung sistem peredaman yang cukup maka struktur pendukung mesin yang bergetar tersebut akan rusak [1].

Alhouli dkk [2] telah memonitoring getaran dan karakteristik mesin diesel untuk mendeteksi dan mendiagnosa beberapa kesalahan dalam mesin diesel dengan menggunakan teknik pengolahan sinyal getaran konvensional yaitu domain waktu (perbandingan bentuk gelombang, nilai RMS, kurtosis dan skewness) dan teknik analisis spektral menggunakan *Fast Fourier Transform* dalam kondisi operasi yang berbeda (beban dan kecepatan) [2]. Taghizadeh-Alisarai dkk [3] telah menganalisa getaran pada mesin diesel Perkins 6 silinder dengan perbandingan antara bahan bakar biodiesel campuran dan bahan bakar biodiesel

untuk mencari getaran yang terendah. Penelitian tersebut bertujuan untuk mencari tipe bahan bakar yang menyebabkan getaran terendah menggunakan teknik analisis spektral getaran (*Fast Fourier Transform*) dan analisis data statistika (ANOVA) [3]. Lin dkk [4] telah mempelajari tentang fitur-fitur mendasar dari getaran struktural kapal dengan memanfaatkan hasil yang diperoleh dari studi analitik dan eksperimen pada getaran pelay dengan metode FEA. Tujuan penelitian ini untuk dapat menjelaskan pemahaman karakteristik getaran dan perambatan getaran dalam struktur kapal yang rumit, dan kemudian dapat mengarah pada kontrol getaran yang lebih baik [4].

Dalam artikel ini berfokus pada identifikasi model getaran *main engine* kapal KT. ANGGADA XIV dengan melakukan pengukuran getaran pada pondasi *main engine* untuk mengetahui tingkat getaran yang terjadi pada pondasi *main engine* dan parameter getaran menggunakan pemodelan ARMA dalam software Minitab dan analisis frekuensi getaran dalam Mathlab.

2. METODOLOGI.

2.1 Autoregressive Moving Average (ARMA)

Penggabungan model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA) akan membentuk model ARMA (*Autoregressive Moving Average*) dengan orde ARMA (p,q). Adapun bentuk umum persamaan ARMA sebagai berikut [5].

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \alpha_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

2.2 Bode Diagram

Bode diagram merupakan salah satu teknik dalam respon analisis untuk mendeteksi magnitude dan phasa dari sistem jika diberi input sinusoidal. Teknik ini dapat memprediksi *Transfer Function* dari sistem yang diberi input sinusoidal melalui proses analisa gambar diagram Bode [6].

2.3 Alur Pengukuran

Alat yang digunakan untuk mengukur getaran pada pondasi *main engine* KT. ANGGADA XIV adalah micro controller accelerometer. Output dari alat ini berupa data simpangan getaran yang terjadi pada pondasi *main engine*. Berikut alur pengukuran getaran sesuai pada Gambar 1.

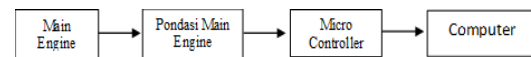
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Parameter Model ARMA

Berikut nilai parameter model ARMA (*Autoregressive Moving Average*) pada setiap titik pengukuran pondasi *main engine* dapat

Model ARMA Data Pengukuran Titik Pertama			
Model	ARMA (2,0)		
Parameter	AR1	AR2	Constant
Nilai Parameter	0.0216	-0.0467	-2.0787

dilihat pada Tabel 1.a sampai Tabel 1.d.



Gambar 1. Alur pengukuran getaran

Tabel 1.a Nilai Parameter ARMA Titik Pertama

Model ARMA Data Pengukuran Titik Pertama				
Model	ARMA (3,0)			
Parameter	AR1	AR2	AR3	Constant
Nilai Parameter	0.0204	-0.0461	-0.0281	-2.1366

Model ARMA Data Pengukuran Titik Pertama					
Model	ARMA (4,0)				
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	Constant
Nilai Parameter	0.0203	-	-	-	-2.1423
		0.0462	0.028	0.002	
			1	7	

Model ARMA Data Pengukuran Titik Pertama						
Model	ARMA (5,0)					
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	Constant
Nilai Parameter	0.020	-	-0.0269	-0.0033	0.0320	-2.0745
	5	0.045				
		1				

Tabel 1.b Nilai Parameter ARMA Titik Kedua

Model ARMA Data Pengukuran Titik Kedua			
Model	ARMA (2,0)		
Parameter	AR1	AR2	Constant
Nilai Parameter	-0.0194	-0.1980	-1.8971

Model ARMA Data Pengukuran Titik Kedua				
Model	ARMA (3,0)			
Parameter	AR1	AR2	AR3	Constant
Nilai Parameter	-0.0230	-0.1984	-0.0181	-1.9319

Model ARMA Data Pengukuran Titik Kedua					
Model	ARMA (4,0)				
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	Constant
Nilai Parameter	-0.0210	-0.1813	-0.0163	0.0845	-1.7657

Model ARMA Data Pengukuran Titik Kedua						
Model	ARMA (5,0)					
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	Constant
Nilai Parameter	-0.0293	-0.1788	0.0044	0.0874	0.1068	-1.5679

Tabel 1.c Nilai Parameter ARMA Titik Ketiga

Model ARMA Data Pengukuran Titik Ketiga			
Model	ARMA (2,0)		
Parameter	AR1	AR2	Constant
Nilai Parameter	0.0266	-0.0947	-1.5142

Model ARMA Data Pengukuran Titik Ketiga				
Model	ARMA (3,0)			
Parameter	AR1	AR2	AR3	Constant
Nilai Parameter	0.0234	-	-	-1.5660
		0.0939	0.0336	

Model ARMA Data Pengukuran Titik Ketiga					
Model	ARMA (4,0)				
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	Constant
Nilai Parameter	0.0225	-0.0968	-0.0331	-0.0285	-1.6117

Model ARMA Data Pengukuran Titik Ketiga						
Model	ARMA (5,0)					
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	Constant
Nilai Parameter	0.0222	-0.0971	-0.0341	-0.0284	-0.0096	-1.6275

Tabel 1.d Nilai Parameter ARMA Titik Keempat

Model ARMA Data Pengukuran Titik Keempat			
Model	ARMA (2,0)		
Parameter	AR1	AR2	Constant
Nilai Parameter	0.1668	0.0906	-2.2548

Model ARMA Data Pengukuran Titik Keempat				
Model	ARMA (3,0)			
Parameter	AR1	AR2	AR3	Constant
Nilai Parameter	0.1655	0.0882	0.0142	-2.2229

Model ARMA Data Pengukuran Titik Keempat					
Model	ARMA (4,0)				
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	Constant
Nilai Parameter	0.1659	0.0908	0.0192	-0.0299	-2.2891

Model ARMA Data Pengukuran Titik Keempat						
Model	ARMA (5,0)					
Parameter	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5	Constant
Nilai Parameter	0.1658	0.0909	0.0197	-0.0289	-0.0059	-2.3025

Tabel 2.a Nilai RMSE Model ARMA Titik Pertama

Model ARMA Data Pengukuran Titik Pertama				
Model ARMA	ARMA (2,0)	ARMA (3,0)	ARMA (4,0)	ARMA (5,0)
Nilai RMSE	2.99697	2.99580	2.99579	2.99428

Tabel 2.b Nilai RMSE Model ARMA Titik Ketiga

Model ARMA Data Pengukuran Titik Ketiga				
Model ARMA	ARMA (2,0)	ARMA (3,0)	ARMA (4,0)	ARMA (5,0)
Nilai RMSE	2.74999	2.74839	2.74723	2.74708

Tabel 2.c Nilai RMSE Model ARMA Titik Keempat

Model ARMA Data Pengukuran Titik Keempat				
Model ARMA	ARMA (2,0)	ARMA (3,0)	ARMA (4,0)	ARMA (5,0)
Nilai RMSE	4.71244	4.71199	4.70989	4.70979

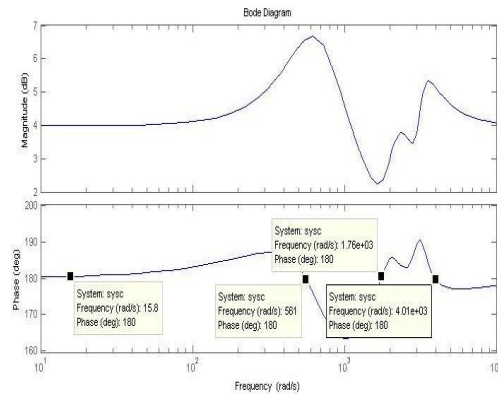
3.2 Model Optimal ARMA

Hasil nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) model ARMA setiap titik dapat dilihat pada Tabel 2.a sampai Tabel 2.c. Dari Tabel 2.a model ARMA pada titik pertama yang optimal adalah ARMA (5,0) dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) terkecil yaitu 2.99428. Formula matematis dari ARMA (5,0) sebagai berikut $Y_t = -2.0745 + 0.0205 Y(t-1) - 0.0451 Y(t-2) - 0.0269 Y(t-3) - 0.0033 Y(t-4) + 0.0320 Y(t-5) + e_t$. Model ARMA pada titik kedua yang optimal adalah ARMA (5,0) dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 2.53933. Formula matematis dari ARMA (5,0) sebagai berikut. $Y_t = -1.5679 - 0.0293 Y(t-1) - 0.1788 Y(t-2) + 0.0044 Y(t-3) + 0.0874 Y(t-4) + 0.1068 Y(t-5) + e_t$. Dari Tabel 2.b model ARMA pada titik ketiga yang optimal adalah ARMA (5,0) dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) terkecil yaitu 2.74708. Formula matematis dari ARMA (5,0) sebagai berikut $Y_t = -1.6275 + 0.0222 Y_{t-1} - 0.0971 Y_{t-2} - 0.0341 Y_{t-3} - 0.0284 Y_{t-4} - 0.0096 Y_{t-5} + e_t$. Dari Tabel 2.c model ARMA pada titik keempat yang optimal adalah ARMA (5,0) dengan

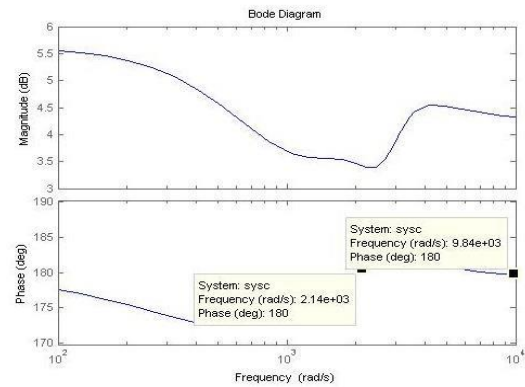
nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) terkecil yaitu 4.70979. Formula matematis dari ARMA (5,0) sebagai berikut $Y_t = -2.3025 + 0.1658 Y_{t-1} + 0.0909 Y_{t-2} + 0.0197 Y_{t-3} - 0.0289 Y_{t-4} - 0.0059 Y_{t-5} + e_t$.

3.3 Analisa Getaran Dan Frekuensi

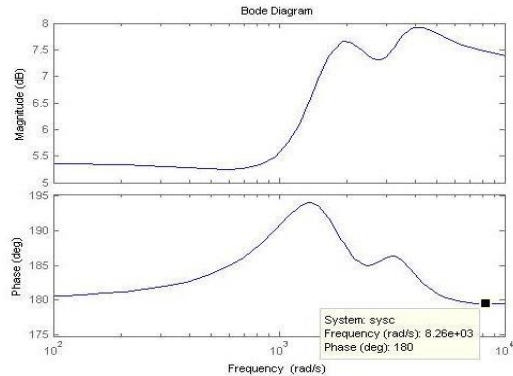
Berikut hasil bode diagram dari model optimal ARMA dapat dilihat pada Gambar a sampai Gambar d. Dari Gambar a. hasil bode diagram model ARMA titik pertama pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 402 rad/s, 1360 rad/s, dan 4120 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi antara frekuensi natural dengan frekuensi eksitasi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi. Dari Gambar b. hasil bode diagram model ARMA titik kedua pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 15.8 rad/s, 561 rad/s, 1760 rad/s, dan 4010 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi antara frekuensi natural dengan frekuensi eksitasi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi. Dari Gambar c. hasil bode diagram model ARMA titik ketiga pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 2140 rad/s dan 9840 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi antara frekuensi natural dengan frekuensi eksitasi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi. Dari Gambar d. hasil bode diagram model ARMA titik keempat pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 8260 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi antara frekuensi natural dengan frekuensi eksitasi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi.



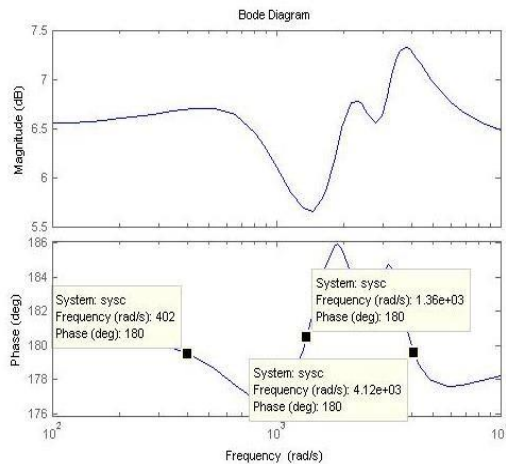
Gambar b. Bode Diagram Titik Kedua



Gambar c. Bode Diagram Titik Ketiga



Gambar d. Bode Diagram Titik Keempat



Gambar a. Bode Diagram Titik Pertama

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil bode diagram model ARMA titik pertama pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 402 rad/s, 1360 rad/s, dan 4120 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi. Nilai frekuensi eksitasi main engine yang sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi.
2. Dari hasil bode diagram model ARMA titik kedua pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 15.8 rad/s,

561 rad/s, 1760 rad/s, dan 4010 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi.

3. Dari hasil bode diagram model ARMA titik ketiga pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 2140 rad/s dan 9840 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi.
4. Dari hasil bode diagram model ARMA titik keempat pada phase 180° menunjukkan frekuensi natural pondasi main engine sebesar 8260 rad/s dimana frekuensi natural tersebut sebagai acuan agar tidak terjadi resonansi. Nilai frekuensi eksitasi main engine sebesar 1381.6 rad/s maka tidak terjadi resonansi.

5. PUSTAKA

- [1] T. B. Karyasa, Dasar-dasar getaran mekanis, Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2011.
- [2] Y. Alhouli, "Study of Diesel Engine Vibration Condition Monitoring," *General Engineering*, 2015.
- [3] A. Taghizadeh-Alisaræi and team, "Vibration analysis of a diesel engine using biodiesel and petrodiesel fuel blends," pp. 414-422, 2012.
- [4] T. R. Lin, J. Pan, P. J. O'Shea and C. K. Mechefske, "A Study of Vibration And Vibration Control of Ship Structures," *Marine Structures*, 2009.
- [5] D. Hatidja, "PENERAPAN MODEL ARIMA UNTUK MEMPREDIKSI HARGA SAHAM PT. TELKOM Tbk," pp. 116-123, 2011.
- [6] I. Sugiarto, F. Pasila and M. Rudy, "Identifikasi Parameter Low Pass Filter Menggunakan Teknik Rekonstruksi Diagram Bode," *Teknik Elektro*, pp. 94-100, 2003.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”