

ANALISA RESPON GETARAN TERHADAP PEMODELAN *MISALIGNMENT SHAFT PROPELLER* KAPAL *WHITE PRODUCT* TANKER

Bagas Haris Firmansyah¹, Adi Wirawan Husodo², Abdul Gafur³

¹Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 60111

² Program Studi Teknik Perpipaian, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 60111

³ Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 60111

E-mail : bagasharis@student.ppns.ac.id¹ ; adi_wirawan@ppns.ac.id² ; abdulgafur@ppns.ac.id³

Abstrak – Penelitian ini mengkaji respon getaran torsional sistem transmisi dari kapal *white product* tanker. Tugas akhir ini akan dijadikan acuan atau pedoman kepada galangan untuk mengetahui getaran akibat dari efek *misalignment*. Pemodelan menggunakan standar 2 derajat kebebasan yang digambarkan dengan 2 persamaan differensial. Terdapat 2 pusat massa yang berada di *stern tube* dan propeller. Tugas akhir ini akan dilakukan proses pemodelan getaran poros propeller akibat *misalignment* menggunakan *software* MATLAB 2013a. Variasi *misalignment* yang digunakan untuk proses pemodelan getaran sebesar 0,025 mm, 0,05 mm, 0,075mm, dan 0,1 mm. Variasi tersebut merujuk pada standard maksimum *misalignment* yang dikeluarkan oleh *class* untuk mengetahui respon getaran, frekuensi natural, dan resonansi dari setiap variasi *misalignment*. Hasil dari pemodelan menunjukkan nilai dari respon getaran pada saat kondisi *centre* sebesar θ_1 range amplitudo - $1,410797 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $1,5086487 \times 10^{-7}$ rad/s dan θ_2 range amplitudo - $9,477330 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $8,8626428 \times 10^{-6}$ dengan periode 0,05 sec dan waktu 1800 sec. Pada ukuran *misalignment* 0,1 mm dengan nilai respon getaran θ_1 min - $1,41079 \times 10^{-7}$ rad/s maksimum $1,50873 \times 10^{-7}$ rad/s dan θ_2 range amplitudo - $9,4772 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $8,86278 \times 10^{-7}$ rad/s. dengan periode 0,05 sec dan waktu 1800 sec. Respon getaran yang terjadi pada variasi *misalignment* masih diijinkan standard ISO Severity 10618-3 dan *class* ABS. Semakin besar ukuran dari *misalignment* akan menyebabkan semakin besarnya getaran yang terjadi.

Kata Kunci : Frekuensi Natural, *Misalignment*, Respon Getaran, *Vibration*, Momen Puntir.

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan atau repair kapal proses *alignment* adalah salah satu proses yang sangat penting. Pada dasarnya proses *alignment* adalah proses meluruskan atau mensejajarkan dua sumbu poros antara poros penggerak dengan sumbu poros yang digerakkan. Tujuan dari proses *alignment* adalah untuk mencegah terjadinya *misalignment* yang akan menimbulkan getaran yang tinggi.

Pada saat proses *alignment*, posisi dari dari dua poros yaitu poros penggerak dengan poros yang digerakkan harus sejajar atau lurus. Tetapi pada kenyataannya proses *alignment* tidak bisa didapatkan 100% lurus atau sejajar. Untuk meminimalisir dari proses *alignment* tersebut diberikan ukuran toleransi. Dalam pelaksanaan proses *alignment*, toleransi ini banyak dipakai demi meminimalkan kerusakan pada komponen. Dimana tekanan dan getaran yang disebabkan dari

misalignment untuk memutar poros akan mengakibatkan kerusakan pada *shaft propeller* itu sendiri. Dampak paling signifikan dari getaran yang ditimbulkan oleh *misalignment* akan mempengaruhi komponen – komponen transmisi dalam poros propeller.

Dari kasus diatas dapat dianalisa dari efek *misalignment* dan getaran yang terjadi. Proses analisa *misalignment* dan getaran dari *shaft propeller* akan dilakukan pemodelan. Pemodelan yang akan menggunakan *software* MATLAB. Dari proses pemodelan akan didapatkan data getaran dan putaran poros akibat *misalignment*. Data dari getaran tersebut digunakan untuk menentukan komponen getaran yang disebabkan oleh *misalignment* dan respon getaran pada poros propeller. Data untuk proses pemodelan akan digunakan variasi dari ukuran *misalignment* poros propeller.

Pemodelan getaran poros propeller akibat misalignment dengan menggunakan *software* MATLAB 2013a. Variasi *misalignment* yang digunakan untuk proses pemodelan getaran sebesar 0,025 mm, 0,05 mm, 0,075mm, dan 0,1 mm. Variasi tersebut merujuk pada standard maksimum *misalignment* yang dikeluarkan oleh *class* DNV GL sebesar 0,05 mm untuk mengetahui respon getaran, frekuensi natural, dan resonansi dari setiap variasi *misalignment*

2. METODOLOGI

2.1 Alignment

Alignment adalah suatu pekerjaan yang meluruskan atau mensejajarkan dua sumbu poros hingga sentris (antara poros penggerak dengan sumbu poros yang digerakkan). Setiap poros yang berputar cenderung akan berputar pada garis sumbu masing-masing. Bila dua sumbu poros atau lebih, yang dihubungkan menjadi satu, maka mereka akan berputar pada garis sumbu masing-masing sebagai garis sumbu putarnya. Bila semua sumbu poros yang dihubungkan membentuk satu garis sumbu, maka mereka akan berputar dengan normal. Tetapi dalam kenyataan, pengertian lurus tidak bisa didapatkan 100%, untuk itu harus diberikan toleransi, kelurusan dalam kondisi dingin (tidak beroperasi) dan kondisi operasi tidak sama sehingga perlu dilakukan *alignment* yang memperhitungkan nilai muai sehingga kelurusan saat beroperasi dan tidak beroperasi akan sama.[1]

2.2 Tujuan Alignment

Untuk mendapatkan kelurusan atau kesentrisan antara kedua poros pemutar (*driver*) dan poros yang diputar (*driven*) hingga tidak menimbulkan gesekan, getaran, dan lain-lain yang dapat memperpendek umur sebuah mesin yang tentunya akan menambah biaya pengeluaran untuk perbaikan maupun penggantian mesin. Jadi bisa kita simpulkan bahwa tujuan yang sebenarnya dari *alignment* -an adalah memperpanjang umur sebuah mesin yang dapat memperkecil biaya produksi. Untuk dapat mencapai tujuan ini, komponen-komponen mesin yang sering mengalami kerusakan harus dioperasikan dengan baik dalam batas desain. Beberapa komponen yang sering mengalami kerusakan, antara lain: shaft, bearing, seal, dan coupling.[2]

2.3 Misalignment

Misalignment adalah ketidaklurusan antara kedua poros. *Misalignment* terjadi karena adanya pergeseran atau penyimpangan salah satu bagian *shaft propeller* dari garis pusatnya. *Misalignment* sendiri mengakibatkan getaran arah axial.

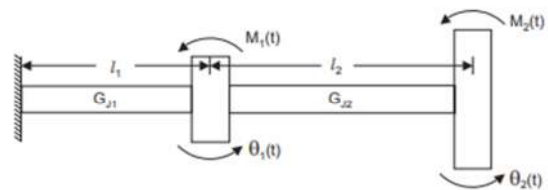
2.4 Pemodelan Matematis Sistem

Model poros propeller horizontal dimodelkan dalam bentuk *cantilever* dengan 2 buah massa terkonsentrasi, dimana konsentrasi massa tersebut berasal dari massa stern tube dan propeller.[3]

$$J_1 \ddot{\theta}_1 + K_1 \theta_1 - K_2(\theta_2 - \theta_1) = M_1 \quad (1)$$

$$J_2 \ddot{\theta}_2 - K_2(\theta_2 - \theta_1) = M_2$$

Persamaan (1) menggambarkan gerakan dari masing-masing massa terkonsentrasi. J_1 dan J_2 adalah momen inersia massa polar dari massa terkonsentrasi 1 dan massa terkonsentrasi 2 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$), k_1 dan k_2 adalah koefisien *stiffness* poros 1 dan 2 (Nm/rad). Sedangkan M_1 dan M_2 adalah besarnya eksitasi momen puntir pada massa terkonsentrasi 1 dan massa terkonsentrasi 2.



Gambar 2.1. Diagram Benda Bebas Model

Dari persamaan (1) akan diubah menjadi bentuk matrik yang akan digunakan untuk proses pemodelan.

$$[M] = J \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$[K] = k_t \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.5 Frekuensi Natural

Frekuensi natural (rad/s) adalah frekuensi sistem yang mempunyai getaran bebas tanpa adanya gesekan.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_t}{4J_0} (5 - \sqrt{17})} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Parameter Pemodelan

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai-nilai parameter sebagai berikut:

Tabel 3.1. Hasil Perhitungan Parameter Getaran

Notasi	Parameter	Value		Unit
		1	2	
k_t	Koefisien <i>Stiffness</i>	255197 27,578	1018193 20,973	Nm /rad
J_0	Momen inersia massa polar	45829,9 57	558130, 8856	kg. m^2
ω_n	Frekuensi natural	11,048	6,324	rad/ s

Tabel 3.2. Hasil Perhitungan Getaran *Misalignment* 0,025 mm

Notasi	Parameter	Value		Unit
		1	2	
k_t	Koefisien <i>Stiffness</i>	255197	1018193	Nm /rad
		77,578	70,973	
J_0	Momen inersia massa polar	45829,9	558130,	kg. m ²
ω_n	Frekuensi natural	11,048	6,324	rad/s

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Getaran *Misalignment* 0,05 mm

Notasi	Parameter	Value		Unit
		1	2	
k_t	Koefisien <i>Stiffness</i>	255199	1018195	Nm /rad
		27,578	20,973	
J_0	Momen inersia massa polar	45829,9	558130,	kg. m ²
ω_n	Frekuensi natural	11,048	6,324	rad/s

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Getaran *Misalignment* 0,075 mm

Notasi	Parameter	Value		Unit
		1	2	
k_t	Koefisien <i>Stiffness</i>	255201	1018197	Nm /rad
		77,578	70,973	
J_0	Momen inersia massa polar	45829,9	558130,	kg. m ²
ω_n	Frekuensi natural	11,048	6,324	rad/s

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Getaran *Misalignment* 0,1 mm

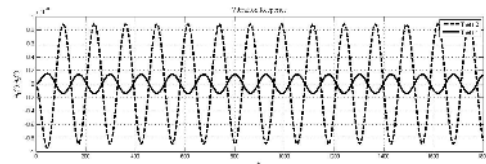
Notasi	Parameter	Value		Unit
		1	2	
k_t	Koefisien <i>Stiffness</i>	255205	1018201	Nm /rad
		27,578	20,973	
J_0	Momen inersia massa polar	45829,9	558130,	kg. m ²
ω_n	Frekuensi natural	11,048	6,324	rad/s

Dari hasil perhitungan tadi didapatkan nilai dari getaran yang tidak mengalami *misalignment* dan getaran yang mengalami *misalignment*. Nilai yang didapat yaitu nilai dari k_t , J_0 , dan ω_n . Dapat dilihat dari tabel 3.1 sampai dengan tabel 3.5 nilai dari koefisien *stiffness* mempunyai perbedaan yang sangat kecil, nilai dari momen inersia mass polar tidak mengalami perubahan dikarenakan parameter dari momen inersia massa polar tidak terpengaruh oleh *misalignment*, dan nilai dari frekuensi natural

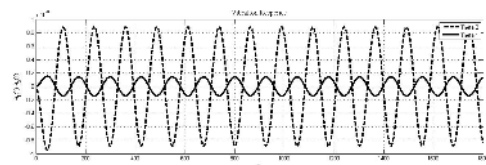
cenderung sama perbedaannya sangat kecil dari setiap variasi *misalignment*.

3.2 Pemodelan Getaran

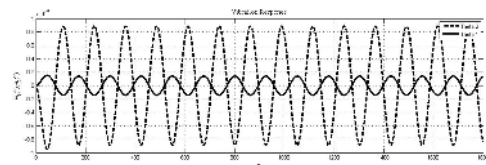
Setelah nilai parameter pemodelan didapatkan dari hasil perhitungan pada tabel 3.1 sampai dengan tabel 3.5, maka akan dilanjutkan dengan pemodelan getaran poros propeller dengan menggunakan *software* MATLAB 2013a.



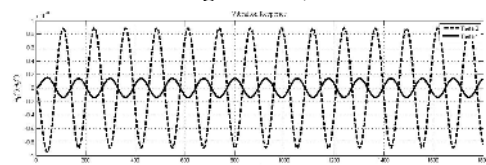
Gambar 3.1 Grafik Analisa Respon Getaran



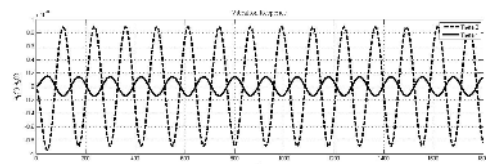
Gambar 3.2 Grafik Analisa Respon Getaran *Misalignment* 0,025 mm



Gambar 3.3 Grafik Analisa Respon Getaran *Misalignment* 0,05 mm



Gambar 3.4 Grafik Analisa Respon Getaran *Misalignment* 0,075 mm



Gambar 3.5 Grafik Analisa Respon Getaran *Misalignment* 0,1 mm

Hasil dari grafik tersebut dapat dilihat bahwasanya getaran tidak mengalami *misalignment* diperoleh hasil pemodelan sebesar didapatkan θ_1 range amplitudo $-1,4107997 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $1,5086487 \times 10^{-7}$ rad/s dan θ_2 range amplitudo $-9,477330 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $8,8626428 \times 10^{-6}$ dengan periode 0,05 sec dan waktu 1800sec. Pada gambar 4.9 digunakan ukuran

misalignment 0,1 mm dengan nilai respon getaran θ_1 range amplitudo $-1,41079 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $1,50873 \times 10^{-7}$ rad/s dan θ_2 range amplitudo $-9,4772 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $8,86278 \times 10^{-7}$ rad/s. Dilihat dari hasil grafik respon getaran, nilai dari respon getaran lebih besar dari kondisi centre, karena adanya penambahan panjang poros pada saat *misalignment*. Simpangan sudut pada saat pemodelan *misalignment* lebih besar daripada simpangan sudut pada saat kondisi centre. Hal ini disebabkan juga oleh fungsi panjang poros pada masing2 pemodelan *misalignment*. Grafik tidak mengalami *steady* dan tetap transien sampai akhir waktu pemodelan. Getaran tidak mengalami *steady* dan tetap transien dikarenakan tidak adanya faktor peredam atau *damping* dalam system

3.3 Analisa Standard Respon Getaran

Setelah didapatkan perhitungan respon kecepatan getaran, maka dilakukan perbandingan respon kecepatan dan dengan *misalignment* poros, yang ditunjukkan sebelumnya pada gambar 4.8 dan 4.9. Setelah dilakukan perhitungan respon kecepatan getaran didapatkan nilai sebesar 0,0435 m/s dan 0,0286 m/s, poros tersebut tidak mengalami *misalignment* sedangkan mengalami *misalignment* poros didapatkan nilai respon kecepatan getaran sebesar m/s. Sehingga analisa respon kecepatan masih diijinkan standard ISO Severity 10618-3. Dikatakan aman sebab nilai respon kecepatan tersebut masuk kedalam area hijau.

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816-1						
	Machine		Class I	Class II	Class III	Class IV
	in/s	mm/s	Small Machines	Medium Machines	Large Rigid Foundation	Large Soft Foundation
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28				
	0.02	0.45				
	0.03	0.71			GOOD	
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80			SATISFACTORY	
	0.18	4.50				
	0.28	7.10			UNSATISFACTORY	
	0.44	11.20				
	0.70	18.00				
	1.10	28.00			UNACCEPTABLE	
	1.77	45.90				

Gambar 3.6 Batas Getaran ISO Severity 10816

4. KESIMPULAN

Pemodelan matematis getaran pada poros akibat *misalignment* menggunakan model matematis getaran bebas 2 derajat dengan mangabaikan faktor redaman. Variasi *misalignment* berpengaruh pada perhitungan momen inersia dan koefisien *stiffness* saat proses pemodelan.

Momen inersia massa polar *shaft* tidak terpengaruh oleh *misalignment* dikarenakan input dari persamaan momen inersia massa polar tidak terpengaruh oleh *misalignment*, jadi nilai momen inersia massa polar akan tetap sama pada perhitungan frekuensi natural.

Nilai dari perhitungan frekuensi natural dari *shaft* yang mengalami *misalignment* dan yang tidak, mempunyai perbedaan yang sangat kecil dengan rata-rata perbedaan sebesar $9,247 \times 10^{-5}$ rad/s. Nilai dari perbandingan antara frekuensi natural dan frekuensi eksitasi menghasilkan nilai 0,527 maka poros propeller tidak mengalami resonansi. Resonansi dapat terjadi jika nilai perbandingan sama dengan 1.

Respon kecepatan getaran yang dihasilkan dari pemodelan getaran mendapatkan hasil terkecil θ_1 range amplitudo $-1,4107997 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $1,5086487 \times 10^{-7}$ rad/s dan θ_2 range amplitudo $-9,477330 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $8,8626428 \times 10^{-6}$ dengan periode 0,05 sec dan waktu 1800sec. Pada ukuran *misalignment* 0,1 mm dengan nilai respon getaran θ_1 range amplitudo $-1,41079 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $1,50873 \times 10^{-7}$ rad/s dan θ_2 range amplitudo $-9,4772 \times 10^{-7}$ rad/s sampai dengan $8,86278 \times 10^{-7}$ rad/s. dengan periode 0,05 sec dan waktu 1800 sec. Bahwa nilai dari simpangan sudut pada kondisi centre lebih kecil daripada kondisi saat *misalignment*, hal ini disebabkan juga oleh fungsi panjang poros pada masing-masing pemodelan *misalignment*. Hasil dari *shaft* yang tidak mengalami. Nilai dari kecepatan getaran masuk dalam kategori aman dan berda pada zona hijau dengan standard ISO 10816.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soesanto, S. and Farid, A. (2018) 'Analisis Batas Toleransi Alignment Antara Poros Motor Listrik Dan Poros Fresh Water Cooling Pump Di Pt.Pindad (Persero)', *Proton*, 10(1), pp. 13–17. doi: 10.31328/jp.v10i1.802.
- [2] Tauvana, A. I. (2018) 'Alignment Coupling Dengan Metode Double Dial Indicator Rim and Face', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(1), pp. 671–678. doi: 10.24176/simet.v9i1.2027.
- [3] Dukkupati, R. (2007) *Solving Vibration Analysis Problems Using Matlab*.
- [4] Supha, M. M. et al. (2010) 'Analisa Misalignment Shaft Propeller Dengan Metode Torsi Vibration Analisis', p. 6.
- [5] Schmid, S., Hamrock, B., Jacobson, B. (2014). *Fundamentals of Machine Elements*