

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) terhadap *wire rope* pada proses *docking* dan *undocking* kapal di galangan kapal wilayah Pulau Jawa, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Teridentifikasi enam *failure mode* pada *wire rope* sistem penarikan kapal, yaitu *Fatigue Failure* (FM-01), *Korosi Permukaan* (FM-02), *Brittle Failure* (FM-03), *Overstress/Overloading* (FM-04), *Deformasi Struktural/Kinking* (FM-05), dan *Internal Wire Breakage* (FM-06). Setiap *failure mode* memiliki penyebab dan efek yang berbeda, mulai dari kegagalan yang dapat terdeteksi secara visual hingga kegagalan tersembunyi yang bersifat katastrofik.
2. Hasil penilaian FMEA oleh lima responden menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan rentang 24 hingga 224. Distribusi kategori risiko terbagi menjadi: tiga *failure mode* kategori Risiko Tinggi ($RPN \geq 150$), yaitu FM-01 ($RPN = 224$) dan FM-04 ($RPN = 160$); satu *failure mode* kategori Risiko Sedang ($RPN 100 - 149$), yaitu FM-06; serta tiga *failure mode* kategori Risiko Rendah ($RPN 20 - 99$), yaitu FM-02 ($RPN = 64$), FM-03 ($RPN = 70$) dan FM-05 ($RPN = 24$). *Fatigue Failure* (FM-01) merupakan *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi (224) yang diakibatkan oleh kombinasi tingkat keparahan tinggi ($S = 8$), frekuensi kejadian sedang ($O = 4$), dan sulitnya deteksi dini tanpa alat bantu NDT ($D = 7$).
3. Integrasi FMEA dengan kerangka *Risk-Based Maintenance* (RBM) menghasilkan rekomendasi perawatan yang terstruktur dan bertingkat sesuai prioritas risiko, mencakup:
 - (a) inspeksi visual *broken wires* sebelum dan sesudah setiap operasi untuk FM-01, FM-03, dan FM-05;
 - (b) program pelumasan mingguan dengan *grease marine grade* untuk FM-02;
 - (c) inspeksi menyeluruh, pengukuran diameter *rope* dan laporan kondisi bulanan;
 - (d) kalibrasi *load indicator* setiap enam bulan untuk FM-04 dan FM-05; dan
 - (e) pemeriksaan NDT MFL setiap tiga bulan untuk FM-06.Transisi dari perawatan reaktif ke pendekatan *preventive* dan *predictive maintenance* diproyeksikan dapat menurunkan frekuensi kegagalan mendadak *wire rope* sebesar 30–50% dalam 12 bulan pertama implementasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diuraikan, beberapa saran diajukan untuk kepentingan praktis di lapangan maupun pengembangan penelitian selanjutnya.

Bagi pihak galangan kapal, disarankan untuk segera mengimplementasikan jadwal perawatan terpadu yang telah disusun dalam penelitian ini, dengan prioritas utama pada tiga tindakan berikut. Pertama, penerapan program inspeksi visual *broken wires* secara konsisten sebelum dan sesudah setiap operasi *docking* sebagai langkah pencegahan terhadap FM-01, FM-03 dan FM-05. Kedua, pengadaan alat NDT *Magnetic Flux Leakage* (MFL) *portable* untuk menangani risiko tersembunyi FM-06 yang tidak dapat dideteksi secara visual. Ketiga, penyusunan prosedur operasional standar (SOP) penanganan *wire rope* yang mencakup ketentuan penggulungan, penyimpanan, dan batasan ambang penggantian mengacu pada ISO 4309:2017.

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan analisis risiko *wire rope* dengan pendekatan *Fuzzy-FMEA* guna mereduksi subjektivitas penilaian responden, khususnya pada parameter *Occurrence* yang bergantung pada ingatan historis. Selain itu, validasi empiris terhadap proyeksi penurunan frekuensi kegagalan pascaimplementasi

program RBM perlu dilakukan melalui studi longitudinal minimal 12 bulan, serta perluasan cakupan penelitian ke komponen kritis lain dalam sistem docking seperti *sheave*, *winch drum*, dan tali *sling*.