Analisis Maintenance Quayside Container Crane Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea)

Ponidi^{1*}, Bambang P²

^{1,2}, Program Study Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya
Email: *ponidi@ft.um-surabaya.co.id, ponidi_72@yahoo.com

Abstract

Quayside container crane is a type of crane that is placed on the dock at a container terminal that handles loading and unloading of containers from ship to dock or from dock to ship. Quayside container crane is composed of structural parts, mechanical components, electrical components and control systems. This research was conducted to find the root of the problem in the Quayside container crane, by analyzing the system that was experiencing breakdown maintenance. The data used was a breakdown history Quayside container crane No. 01 in 2018-2019 at the Patchouli Terminal of Tanjung Perak Port. The analysis methods used are Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). From the results of the analysis carried out, it was found that a list of failures that caused the breakdown in 2018-2019 consisted of supply electrical power systems, main hoisting systems, spreader systems, gantry traveling systems, maintrolley traveling systems, and boom hoisting systems. The solution to reduce breakdowns that have occurred is by implementation of predictive maintenance, preventive maintenance, and repair of SOPs and annual maintenance contracts. By using quantitative analysis using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), the largest Risk Priority Number (RPN) is obtained on the main trolley travel system of 450, then continued by the gantry traveling system. 360, the main hoisting system is 280, the supplying electrical power system is 294 and the boom hoist system is 42. Based on the results of the Pareto diagram, the cumulative percentage of priority breakdown calculations is 83% of the main trolley travel system damage,

Keywords: *Quayside Container Crane, FMEA, Maintenance*

PENDAHULUAN

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan atau perairan dengan batas batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang dan bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Kepelabuhanan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan pelaksanaan fungsi pelabuhan untuk menunjang kelancaran, kemandirian dan ketertiban arus lalu lintas kapal, penumpang atau barang, keselamatan dan keamanan berlayar, tempat perpindahan intra atau antarmoda serta mendorong perekonomian nasional dan daerah dengan tetap memperhatikan tata ruang wilayah.

Quayside container crane adalah jenis *crane* yang ditempatkan di dermaga pada suatu terminal kontainer yang menangani kegiatan bongkar muat kontainer dari kapal ke dermaga atau dari dermaga ke kapal. *Quayside container crane* tersusun dari bagian-bagian struktur, komponen mekanikal, komponen elektrik dan sistem pengendali. *Quayside container crane* memiliki 4 (empat) gerakan utama, yaitu gerakan melintas sepanjang rel di dermaga disebut gerakan *gantry*, gerakan melintas sepanjang rel yang berada di girder *crane* dari sisi darat ke sisi laut atau sebaliknya untuk menjangkau kontainer disebut gerakan *trolley*, gerakan mengangkat dan menurunkan kontainer dengan peralatan tambahan *spreader* disebut gerakan *hoisting/lowering*, gerakan menaikkan dan menurunkan girder saat *quayside container crane* akan beroperasi/stand by disebut gerakan *boom*.

Dari hasil data laporan pemeliharaan *quayside container crane* 01 tahun 2018-2019 di Terminal Nilam Pelabuhan Tanjung Perak, ditemukan bahwa alat tersebut sering mengalami kegagalan fungsi dalam kegiatan operasi sehingga mengakibatkan terganggunya kegiatan produksi bongkar muat petikemas. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi pada sistem perawatan yang sudah berjalan untuk mengevaluasi kegagalan-kegagalan yang terjadi. Daftar kegagalan yang menyebabkan *breakdown* pada tahun 2018-2019 terdiri dari *supply electrical power system* selama 121 jam, *main hoisting system* selama 54,5 jam, *spreader system* selama 19 jam, *gantry traveling system* selama 82,5 jam, *main trolley traveling system* selama 1341,5 jam, dan *boom hoisting system* selama 3,5 jam.

Quayside container crane nomor 01 merupakan salah satu dari 4 (empat) QCC yang dimiliki oleh Terminal Nilam yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Merk/Pembuat	: Mitsubishi Heavy Industri Ltd
Tahun Pembuatan	: 1995
Safety working load (SWL)	: 35 Ton (<i>under spreader</i>)
Model	: Panamax
Power	: Electric 3 phase, 660 volt, 60 Hz

Gambar 1. *Quayside Container Crane- 01*

Konstruksi QCC tidak hanya sekedar menyamai perubahan dalam teknologi perkapalan, akan tetapi spesifikasi maupun performansi *crane* berubah menjadi semakin besar, cepat dan semakin andal. Perubahan telah terjadi sangat signifikan dalam *box rate* atau *load and discharging rate* yakni pada kecepatan 40 sampai 55 *boxes* per jam, atau dengan kata lain meningkat menjadi dua kali lebih cepat dari pada sebelumnya. Peningkatan begitu tajam dicapai dengan QCC yang dilengkapi dengan *second trolley system*. *Crane* yang mempunyai dua *trolley* membagi tugas dengan cara *trolley* pertama untuk siklus kapal menghubungkan kapal dengan sebuah *platform* dan *trolley* kedua untuk siklus darat menghubungkan *platform* tersebut dengan bak chassis di dermaga. *Second trolley* menyingkat waktu siklus (*cycle*) time *trolley* dengan sinkronisasi gerakan antara *trolley* pertama dan kedua. Dari sisi operasional terdapat tiga dimensi kritis sebuah QCC yakni kapasitas angkat (*hoisting*) *capacity*, jarak jangkauan (*outrreach*), dan tinggi angkat (*air height*).

Hositing atau *lifting capacity* adalah daya angkat aman maksimal atau *safe working load* (swl) di bawah *spreader* (*under spreader*) yang berkisar antara 35-40 ton. SWL dibutuhkan lebih besar jikalau petikemas yang dilayani berukuran 45' atau 48'. *Outreach* adalah ukuran jarak dari kaki sisi laut sampai terjauh dari *trolley* untuk mengangkat muatan petikemas. *Outreach* sebuah QCC harus sesuai dengan lebar badan kapal. Untuk memastikan jarak jangkauan suatu *crane*, maka *outrreach* operasional lebih tepat, yaitu ukuran jarak dari pinggir dermaga sisi laut. *Outreach*

operasional adalah sama dengan *outrreach* dikurangi jarak sisi laut ke pinggir dermaga sisi laut. *Air height* adalah ukuran tinggi sisi bawah *spreader* dalam posisi teratas dari garis permukaan air. Ketinggian tersebut berubah-ubah sesuai dengan perubahan pasang surut. *Lift heigh* adalah ukuran tinggi sisi bawah *spreader* dalam posisi teratas ke petikemas yang akan diangkat dari/ke slot tertentu. *Lift heigh* di atas lantai dermaga sekitar 30 meter, sedangkan untuk kapal tipe post panamax dengan muatan 5 *stack* di atas dek dan 9 *stack* di bawah dek total mencapai sekitar 47 meter.

Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat top down, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*). *Fault Tree Analysis* merupakan metoda yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Konstruksi dari *Fault Tree Analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang *AND* dan gerbang *OR*. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*Logic Transfer Components*) dan *Fault Tree Analysis*.

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Secara etimologi, FMEA tersusun dari kata *Failure* (Kegagalan) *Mode* (Bentuk) *Effect* (Akibat) and *Analysis* (Analisa). Sedangkan secara epistimologi, definisi FMEA sebagaimana disebutkan dalam QS : 9000 adalah suatu pendekatan sistematis untuk mengenal dan mengevaluasi potensi-potensi kegagalan dari suatu produk (proses) dan akibat dari kegagalan yang ditimbulkannya.

Jenis-jenis metode FMEA memiliki 3 jenis pengembangan yang mempunyai fokus yang berbeda dalam mengeleminasi atau mengurangi potensial poin kegagalan, antar lain:

a. Design Failure Mode and Effect Analysis (D-FMEA)

D-FMEA adalah suatu teknik analisa yang pokok digunakan oleh tim desain atau pengembangan produk untuk mengetahui atau memastikan potensial poin kegagalan dan menggabungkan macam-macam penyebab untuk mengidentifikasi, mempertimbangkan, dan fokus terhadap kualitas yang dituju..

Aktifitas utama dalam mengembangkan D-FMEA adalah melakukan semua kegiatan pengembangan desain yang diinginkan konsumen dan tidak melakukan tindakan yang tidak diinginkan konsumen. Dengan ini dapat diartikan bahwa D-FMEA hanya mengevaluasi desain yang sesuai dengan permintaan konsumen. Dalam D-FMEA juga diperbolehkan melakukan sebuah alternatif pengembangan produk, selama nilai dari permintaan konsumen akan kualitas produk tidak berpengaruh.

b. Machine Failure Mode And Effect Analysis (M-FMEA)

M-FMEA adalah sebuah metode yang membuat standarisasi teknik dalam penggunaan mesin dan peralatan selama proses produksi untuk meningkatkan keselamatan operator mesin, keandalan mesin, dan ketahanan mesin.

Aktifitas yang paling utama dalam menganalisa kegiatan M-FMEA adalah mempelajari pola dari karakteristik mesin, pengoperasian yang aman, pemeliharaan yang tepat, dan kegagalan yang terjadi.

c. *Process Failure Mode and Effect Analysis* (P-FMEA)

P-FMEA adalah sebuah kegiatan mengidentifikasi proses produksi yang kritikal dan karakteristik proses yang penting dan keduanya dijadikan buah titik awal dalam rencana untuk mengontrol proses agar tidak terjadi kegagalan.

METODE PENELITIAN

Flow Chart Penelitian

Gambar 2. Flow Chart Penelitian

Observasi awal dan studi literatur adalah langkah pertama yang dilakukan dalam penulisan laporan penelitian ini. Pada fase ini peneliti mempelajari tentang jenis alat *quayside container crane*, standar-standar pemeliharaan yang digunakan, hasil laporan pemeliharaan *quayside container crane* nomor 01, teori tentang *Fault Tree Analysis* (FTA), dan teori tentang *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Pengumpulan Data

Tabel 1. Teknik Pengumpulan Data

No	Jenis data	Metode pengambilan data	Sumber data
1	Histori jenis-jenis kerusakan	Pengolahan data dari laporan pemeliharaan	PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) Regional Jawa Timur
2	Menentukan Deteksi pada FMEA	<i>Brainstorming</i> / Wawancara	Divisi Teknik PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) Regional Jawa Timur

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Fault Tree Analysis (FTA)

Diagram FTA dibuat berdasarkan 6 risiko kritis. FTA merupakan sebuah model grafis yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. *Top event* pada FTA ini adalah kerusakan pada sistem *quayside container crane*, kemudian dilakukan analisa sehingga diperoleh *basic event* penyebab kerusakan yang terjadi pada sistem *quayside container crane*. Berikut adalah gambar *fault tree analysis* dari penyebab terjadinya kerusakan pada sistem *quayside container crane*.

Gambar 3. Diagram *fault tree analysis* kerusakan pada sistem *quayside container crane* 01

Analisis kualitatif adalah untuk mendapatkan kombinasi kegagalan yang menyebabkan *top event* pada suatu sistem atau minimal *cut set* itu sendiri. Hasil analisis kualitatif dari moda kegagalan kerusakan pada sistem *quayside container crane* adalah:

1. Kerusakan pada *supply electrical power*.
2. Kerusakan pada *main hoisting*.
3. Kerusakan pada *spreader*.

4. Kerusakan pada *gantry travel*.
5. Kerusakan pada *main trolley traveling*.
6. Kerusakan pada *boom hoisting*.

Tabel 2. Daftar Minimal *Cut Set* 5 Risiko Kritis

No	Sistem	Failure Mode	Unavailability	Number of Failure	% Total Failure
1	Supplying electrical power	Sistem kehilangan power	0,01982361	28	45,16%
2	Main hoisting	Sistem hoist tidak dapat beroperasi	0,00972778	12	19,35%
3	Spreader	Sistem spreader tidak dapat beroperasi	0,00312705	10	16,13%
4	Gantry traveling	Sistem gantry tidak dapat beroperasi	0,01343757	6	9,68%
5	Main trolley traveling	Sistem trolley tidak dapat beroperasi	0,181320537	5	8,06%
6	Boom hoisting	Sistem boom tidak dapat beroperasi	0,00057751	1	1,61%

Analisis kuantitatif dilakukan untuk menaksir kemungkinan atau probabilitas dari kejadian yang dianalisa. Berikut adalah hasil probabilitas dari minimal *cut set* risiko kritis kerusakan pada sistem *quayside container crane*:

1. Kerusakan pada *supply electrical power* sebesar 0,01982361
2. Kerusakan pada *main hoisting* sebesar 0,00972778
3. Kerusakan pada *spreader* sebesar 0,00312705
4. Kerusakan pada *gantry travel* sebesar 0,01343757
5. Kerusakan pada *main trolley traveling* sebesar 0,181320537

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dari data kerusakan prioritas yang telah diperoleh, kemudian dilanjutkan dengan menentukan kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan yang terjadi. Efek kegagalan didefinisikan sebagai dampak dari *failure* yang terjadi. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk melihat proses bagaimana yang paling dominan menghasilkan kegagalan-kegagalan. Selanjutnya yang dilakukan adalah membuat tabel FMEA yang berfungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai *Occurance* (O), *Severity* (S) dan *Detection* (D) berdasarkan potensi efek kegagalan, penyebab kegagalan untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Tabel FMEA dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 3. Tabel *Occurrence, Severity, Detection*, dan *Risk Priority Number* (RPN) untuk tiap risiko

No	Sistem	Failure Mode	Effect of Failure	Cause of Failure	Analisa Kekritisian				Rekomendasi
					S	O	D	RPN	
1	Supplying electrical power	Sistem kehilangan power	Crane tidak dapat beroperasi	Komponen elektrik kehilangan daya	7	7	6	294	Corrective Maintenance
2	Main hoisting	Sistem hoist tidak dapat beroperasi	Sistem hoist tidak dapat mengangkat dan menurunkan kontainer	Kerusakan sistem hoist	8	7	5	280	Preventive Maintenance, Corrective Maintenance
3	Spreader	Sistem spreader tidak dapat beroperasi	Sistem spreader tidak dapat mengangkat dan menurunkan kontainer	Kerusakan sistem spreader	6	7	5	210	Preventive Maintenance, Corrective Maintenance
4	Gantry traveling	Sistem gantry tidak dapat beroperasi	Sistem gantry tidak dapat menggerakkan crane ke kanan dan ke kiri lintasan rel	Kerusakan sistem gantry	10	6	6	360	Preventive Maintenance, Corrective Maintenance
5	Main trolley traveling	Sistem trolley tidak dapat beroperasi	Sistem trolley tidak dapat menggerakkan kontainer ke depan dan ke belakang pada rel trolley	Kerusakan sistem trolley	10	5	9	450	Preventive Maintenance, Corrective Maintenance
6	Boom hoisting	Sistem boom tidak dapat beroperasi	Sistem boom tidak dapat dinaikkan dan diturunkan	Kerusakan sistem boom	7	1	6	42	Preventive Maintenance, Corrective Maintenance

Berdasarkan FMEA yang telah diberikan pembobotan nilai, selanjutnya pada data hasil dilakukan pengurutan nilai berdasarkan nilai tertinggi hingga nilai yang terendah. Pengurutan nilai dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Tabel ranking tertinggi *Risk Priority Number* (RPN)

No	Sistem	Failure Mode	Analisa Kekritisian			
			S	O	D	RPN
1	Main trolley traveling	Sistem trolley tidak dapat beroperasi	10	5	9	450
2	Gantry traveling	Sistem gantry tidak dapat beroperasi	10	6	6	360

No	Sistem	Failure Mode	Analisa Kekritisan			
			S	O	D	RPN
3	Main hoisting	Sistem hoist tidak dapat beroperasi	8	7	5	280
4	Supplying electrical power	Sistem kehilangan power	7	7	6	294
5	Boom hoisting	Sistem boom tidak dapat beroperasi	7	1	6	42
6	Spreader	Sistem <i>spreader</i> tidak dapat beroperasi	6	7	5	210

Data Waktu Breakdown

Dari tabel kerusakan dan dampak kerusakan yang telah diidentifikasi, kemudian dilakukan perhitungan prosentase *downtime* dan prosentase kumulatif *downtime*. Hasil prosentase *downtime* dan prosentase kumulatif *downtime* dilakukan analisis dengan diagram pareto.]

Gambar 4. Diagram pareto *breakdown* yang terjadi pada *quayside container crane* 01

Berdasarkan pengolahan data menggunakan konsep pareto, kerusakan yang menjadi prioritas utama dalam penentuan penanganan perbaikannya adalah kerusakan yang terjadi pada sistem *main trolley traveling*.

Data Potensi Kehilangan Pendapatan

Rata-rata pendapatan per bulan kegiatan bongkar muat *quayside container crane* 01 di Terminal Nilam Pelabuhan Tanjung Perak adalah Rp. 2.030.013.709,-. Rata-rata biaya per bulan yang dikeluarkan adalah Rp. 402.088.183 yang terdiri atas biaya pembayaran operator, biaya bahan bakar minyak atau biaya listrik, biaya jasa dan *spare part maintenance*, serta biaya depresiasi. Rata-rata laba rugi yang diperoleh Terminal Nilam Pelabuhan Tanjung Perak selama satu bulan sebesar Rp. 1.627.925.525,-. Rata-rata produksi bongkar muat *quayside container*

crane 01 selama satu bulan sebanyak 5.128 box. Rata-rata produksi bongkar muat selama satu jam adalah 20 box *container*. Potensi kehilangan pendapatan bongkar muat 1 box unit *container* adalah Rp. 317.449,-. Apabila alat tidak dapat beroperasi selama 1 jam, maka potensi kehilangan pendapatan kegiatan bongkar muat adalah sebesar Rp. 6.322.201,-.

Tabel 5. Tabel potensi kehilangan pendapatan

No	Uraian	Nilai
1	Rata-rata pendapatan/bulan (Rp.)	2.030.013.709
2	Rata-rata biaya/bulan (Rp.)	402.088.183
	Operator	50.168.335
	BBM/Listrik	42.994.495
	Maintenance	133.363.558
	Depresiasi	175.561.796
3	Rata-rata Laba Rugi/bulan (Rp.)	1.627.925.525
4	Rata-rata produksi/box/bulan (box)	5.128
5	Potensi kehilangan/box (Rp.)	317.449
6	Produksi/jam (box)	20
7	Potensi kehilangan /jam (Rp.)	6.322.201

Analisa Kegagalan

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA), perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dan Analisa Pareto diperoleh hasil kegagalan yang memperoleh nilai RPN tertinggi yaitu *main trolley traveling sistem* sebesar 450 dengan *breakdown* kumulatif sebesar 83%.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada *quayside container crane* 01 Terminal Nilam Pelabuhan Tanjung Perak, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis kualitatif menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) diperoleh 5 (lima) jenis kerusakan dengan probabilitas sebagai berikut :
 - a. Kerusakan pada *supply electrical power* sebesar 0,01982361,
 - b. Kerusakan pada *main hoisting* sebesar 0,00972778,
 - c. Kerusakan pada *spreader* sebesar 0,00312705,
 - d. Kerusakan pada *gantry travel* sebesar 0,01343757,
 - e. Kerusakan pada *main trolley traveling* sebesar 0,181320537.
2. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar pada *main trolley traveling system* sebesar 450, kemudian dilanjutkan oleh *gantry traveling system* sebesar 360, *main hoisting system* sebesar 280, *supplying electrical power system* 294 dan *boom hoisting system* sebesar 42.
3. Berdasarkan hasil diagram pareto, prosentase kumulatif perhitungan *breakdown* prioritas terdapat pada kerusakan *main trolley traveling system* sebesar 83%,
4. Berdasarkan hasil analisa perhitungan potensi kehilangan pendapatan, kerusakan yang terjadi pada *main trolley traveling system* dapat menyebabkan kerugian sebesar :
Rp. 6.322.201,- x 1341,5 jam = Rp. 8.481.232.642,- (asumsi utilisasi 100%),

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lasse.2012. Manajemen Peralatan Aspek Operasional dan Perawatan. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada
- [2] Wibowo, Febri. 2018. Implementasi Predictive Maintenance Pada Harbour Mobile *Crane* (HMC). Tugas Akhir. TEKNIK. Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Surabaya.
- [3] Setiawan, Tomy Karunia. 2016. Analisa Kerusakan Pada Gearbox Overhead *Crane* 10 Ton di PT. INKA (Persero) Madiun dengan Metode Oil Used Analysis. Tugas Akhir. TEKNIK. Teknik Mesin, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.