

Predictive Maintenance Implementation In Reach Stacker Kalmar Type DRD 450 To Reduce Component Failure

Ponidi, Ali Makhfud

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

Article history: Received: 6/5/2018; Revised: 5/6/2018; Accepted: 25/6/2018

ABSTRAK

Alat pengangkat *Reach Stacker* adalah alat pengangkat yang paling produktif untuk mengangkat kontainer saat ini. Dapat memindahkan kontainer hingga 20 kotak kontainer setiap jam, yang berarti dalam 3 menit dapat mengangkat dan menurunkan 1 kotak kontainer. Dalam pengoperasian perangkat pengangkat pasti akan mengalami operasi berhenti karena kegagalan komponen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komponen penting berdasarkan data sejarah kegagalan selama satu tahun (2016) di PT Meratusline, menggunakan alat *Fault Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis* dan Pareto. Dari hasil analisis, komponen *Load Handling* adalah komponen yang paling penting berdasarkan kegagalan yang paling sering dan membutuhkan waktu lama untuk diperbaiki. Penyebab kegagalan itu sendiri adalah pemeliharaan / pemeliharaan prediktif yang tidak konsisten yang tidak dilaksanakan dan tidak ada penanganan komponen yang longgar. Dari hasil penelitian disarankan untuk membuat aturan standar dengan menambahkan *greasing* pada *worksheet* perawatan prediktif dan prosedur operasi standar. Perawatan prediktif untuk penggantian rantai dalam komponen *Load Handling* jika telah berumur 12.000 jam.

Kata kunci: Jenis Damage, FTA, FMEA, Pareto Diagram, *Maintenance*.

ABSTRACT

*The Reach Stacker lifting tool is the most productive lifting tool for container lifting today. It can move container till 20 container box in every hour, it means that in 3 minutes it can lift and lower 1 box container. In operation the lifting equipment will surely experience a stop operation due to the failure of a component. The purpose of this study was to determine critical and important components of the history of failure data for a year (2016) in PT Meratusline, by using tools *Fault Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis* and Pareto. From the analysis, it obtained *Load Handling* component as the most critical component based on the most frequent failure and required a long time to repair. The cause of the failure itself was inconsistent greasing maintenance / Predictive maintenance was not executed and there was no loose handling of *Load Handling* chain components. From the result of research, it was suggested to make standard rule by adding greasing item in *worksheet* Predictive maintenance and Standard Operating Procedure. Predictive Maintenance for chain replacement on *Load Handling* component if already entering 12000 Hour life.*

Keywords : *Type of Damage, FTA, FMEA, Pareto Diagram, Maintenance.*



Ponidi, ST.,MT., bekerja sebagai Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya sejak 1997. Menyelesaikan pendidikan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya tahun 1995, dan melanjutkan pendidikan S2 di ITATS Surabaya. Tahun 2016 mengambil sertifikasi Insinyur Professional Madya (IPM) dan Asean Engineering tahun 2018. Tahun 2015, bekerja sama dengan Heinmoller PTE LTD dan dan ITS Surabaya, meneliti electrode AWS E 6013 / E 7018. Di tahun yang sama, dengan Indonesian Navy, melakukan penelitian terhadap main engine MWM type deutz AG TBD 620 V 16 KRI Sultan Nuku-873 dan dipublikasikan pada Jurnal Ilmiah Light.

**Corresponding author.*

E-mail address: ponidi@ft.um-surabaya.co.id

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya transportasi darat laut dan udara baik domestic maupun Internasional membutuhkan suatu cara agar barang yang kita kirim aman sampai tujuan tanpa adanya kerusakan. Untuk menunjang keperluan tersebut membutuhkan suatu wadah dengan ukuran persegi panjang dengan ukuran bervariasi tergantung kebutuhan yang disebut Container. Selama

ini container inilah yang banyak dipakai untuk transportasi darat maupun laut guna kepentingan pengiriman barang baik dalam negeri maupun luar negeri. Untuk kepentingan bongkar muat container baik di depo container maupun pelabuhan hanya didukung *overhead crane* sehingga produktivitas bongkar muat cenderung memakan waktu yang cukup lama. Untuk meningkatkan produktivitas bongkar muat management membuat suatu terobosan dengan mendatangkan suatu peralatan yang bisa mobile bergerak bebas dengan tingkat kecepatan bongkar muat yang cukup tinggi yang disebut dengan *Reach Stacker*. Adapun *Reach Stacker* yang ada adalah Merk Kalmar Type DRD 450

Reach Stacker adalah salah satu dari sekian banyak peralatan angkat yang dimiliki oleh perusahaan yang terletak di Depo Peti kemas tanjung tembaga tanjung perak Surabaya. Dimana Depo peti kemas dipakai transit sementara untuk penampungan Container sebelum dilakukan pengiriman ataupun hasil dari pembongkaran container dari pelabuhan tanjung perak. Depo peti kemas masih masuk wilayah Perum Pelabuhan Indonesia III yang disediakan untuk kepentingan bongkar muat container, transit dan penyimpanan sebelum di distribusikan. Kelancaran proses bongkar muat container sangat terbantu dengan adanya *Reach Stacker* sebagai salah satu mesin pengangkat di depo peti kemas.

Tugas utama *Reach Stacker* adalah menurunkan container dari trailer untuk digeser ketempat penyimpanan untuk disusun sebelum dikirim ke kapal untuk dikirim sesuai dengan rute pengiriman sesuai tujuan. Sehingga kehandalan *Reach Stacker* ini sangat penting, dan hal ini memberikan tantangan di departemen pemeliharaan. Oleh karena itu penting untuk melihat pemeliharaan sebagai kegiatan positif dan melihatnya sebagai *profit center* bukan *cost center*. Sebuah pendekatan *cost center* untuk pemeliharaan berkaitan dengan anggaran, mengurangi biaya sebanyak mungkin dengan metode manajemen pemeliharaan yang tepat, untuk memperoleh hasil yang optimal.

Sejak *Reach Stacker* dioperasikan sebagai alat angkat utama untuk melakukan lift on-lift off pada peti kemas di PT Meratusline, Hal ini membuat tantangan yang lebih besar pada bagian tim pemeliharaan untuk memastikan ketersediaan dan kehandalan alat yang tinggi. Seiring dengan visi manajemen untuk menekan biaya operasional di semua lini maka pihak manajemen perusahaan menuntut tingkat efisiensi terhadap pemeliharaan komponen yang berada pada *Reach Stacker* agar selalu bisa beroperasi dengan baik.

Kebanyakan produsen *Reach Stacker* merekomendasikan praktek pemeliharaan komponen dalam buku petunjuk pemeliharaan. Rekomendasi

mereka berasumsi aplikasi dan pengoperasian peralatan sesuai dengan desain dari produsen. Dalam prakteknya sendiri, peralatan jarang dioperasikan sesuai dengan desain. *Overload* atau *under utilized* peralatan dalam pengoperasian sehari hari tidak selalu sesuai dengan kondisi seperti dalam desain, sehingga perawatan yang direkomendasikan oleh produsen di dalam buku petunjuk pemeliharaan belum tentu menghasilkan perawatan yang efektif.

Analisa Fault Tree Analysis (FTA)

Ini adalah alat analisis reliabilitas yang efektif dapat digunakan untuk masalah yang berbeda terkait dengan rawatan. Analisis pohon kesalahan (FTA) meneliti sistem atau produk, dalam hal operasi dan lingkungan, untuk menentukan semua cara yang mungkin di mana peristiwa yang tidak diinginkan dapat terjadi. Selanjutnya, FTA adalah alat yang berguna untuk menganalisis sistem dan mengidentifikasi semua penyebab kegagalan yang mungkin di semua tingkatan yang mungkin terkait dengan sistem [1-4].

Analisis pohon kesalahan sistem dapat digunakan untuk mengidentifikasi komponen komponen penting. Dengan demikian, dapat membantu untuk perbaikan biaya efektif. Hal ini juga memberikan masukan untuk pengujian, pemeliharaan, dan operasional prosedur dan kebijakan, yaitu menegaskan kemampuan sistem untuk memenuhi persyaratan keselamatan yang dipaksakan tersebut [5-8].

Sebuah diagram pohon kegagalan berisi dua elemen dasar, "gerbang" dan "peristiwa". "Gates" membolehkan atau mencegah bagian logika kesalahan pohon tersebut dan menunjukkan hubungan antara "peristiwa" yang diperlukan untuk terjadinya event yang lebih tinggi. Tapi dua yang paling umum digunakan simbol logika adalah gerbang OR dan gerbang AND :



Gambar 1. (1) gerbang OR, (2) gerbang AND.

Gerbang OR simbol menyiratkan bahwa suatu keluaran peristiwa kesalahan terjadi jika salah satu atau lebih dari masukan peristiwa kegagalan terjadi. Simbol gerbang AND menyiratkan bahwa keluaran peristiwa kesalahan hanya terjadi jika semua masukan peristiwa kesalahan terjadi.

Gambar di bawah menggambarkan dua symbol yang sering digunakan cara kesalahan, lingkaran dan persegi panjang. Lingkaran menunjukkan kegagalan komponen

dasar atau acara kesalahan dasar yang tidak perlu lebih jauh. Persegi panjang menunjukkan acara kesalahan yang dihasilkan dari kombinasi peristiwa kegagalan sebelumnya.



Gambar 2. (1) lingkaran; (2) persegi panjang.

Penerapan FMEA di Reach Stacker

Setelah dilakukan FTA, komponen penting telah teridentifikasi. Kemudian, sebelum melakukan FMEA, tabel masing-masing deteksi keparahan dan kejadian berdasarkan fungsi peralatan telah tersedia. Selain itu, bantuan karyawan dari devisi pemeliharaan digunakan untuk membuat tabel ini dengan benar sesuai dengan fungsi Reach Stacker.

Risk Priority Number Method (RPN)

Teknik ini berdasarkan nomor prioritas risiko untuk modus kegagalan item pada tiga faktor: probabilitas kejadian,

keparahan efek kegagalan, dan kemungkinan deteksi kegagalan. RPN mengevaluasi risiko yang berhubungan dengan kemungkinan kegagalan yang telah didapat. Mode kegagalan dengan RPN tinggi lebih kritis dan diberikan prioritas yang lebih tinggi daripada yang dengan RPN rendah.

$$RPN = Severity(S) * Occurrence (O) * Detection(D)$$

Mode kegagalan dengan RPN tinggi lebih kritis dan diberikan prioritas yang lebih tinggi daripada yang dengan RPN rendah. Jika skala yang digunakan berkisar dari 1 sampai 10, nilai suatu RPN antara 1 dan 1.000. Namun, skala dan kategori yang digunakan dapat bervariasi dari satu organisasi ke yang lain.

Severity (S)

Tingkat keparahan ke gagalan dapat digambarkan sebagai sejauh mana kegagalan komponen akan mempengaruhi jalannya operasional dari mesin atau system.

Occurrence (O)

Terjadinya kegagalan didefinisikan sebagai bahwa probabilitas kegagalan sebagian terjadi atau jumlah relatif kegagalan selama umur pemakaian yang diharapkan. Dengan bantuan dari karyawan bagian departemen pemeliharaan, diputuskan untuk mengambil umur hidup 3 tahun.

Table 1. Peringkat untuk Severity

DeskripsiRanking	Level Severity	Ranking
Perbaikan dapat berlangsung antara 1 - 2 jam. Penggantian dan suku cadang yang dibutuhkan mudah. Tidak diperlukan penghentian <i>plant</i> .	Minor	1
Perbaikan dapat memakan waktu antara 2-4 jam dan memerlukan suku cadang penting. Tidak diperlukan penghentian <i>plant</i> .	Low	2
Perbaikan dapat memakan waktu antara 4-6 jam dan memerlukan suku cadang yang mahal. Tidak diperlukan penghentian <i>Equipment</i> .	Moderate	3
Perbaikan dapat berlangsung lebih dari 6-10 hari dapat menyebabkan kegagalan mesin.	High	4
Perbaikan dapat berlangsung lebih dari 10 Jam dan dapat menyebabkan <i>Equipment</i> gagal	Extremely High	5

Analisa Dengan Diagram Pareto

Vilfredo Pareto adalah orang yang pertama kali mengembangkan Diagram Pareto (*Pareto Chart*). Kegunaan Diagram Pareto adalah untuk mengkomparasikan berbagai kejadian menurut ukurannya dimana terbesar sebelah kiri dan terkecil sebelah kanan. Diagram pareto juga bisa digunakan untuk menentukan skala prioritas kejadian atau penyebabnya. Setelah penyebabnya diketahui lalu disusun data untuk rasionalisasi kemudian proses dilanjutkan dengan tahap *PDC Acycle*. Langkah selanjutnya adalah melakukan

evaluasi hasil untuk melihat perbedaan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan [9, 10].

Setelah indeks kekritisitas telah dilakukan, strategi perawatan yang paling tepat harus disarankan. Sejalan dengan hal ini, manual prosedur dari pembuat peralatan dikonsultasikan dan dilakukan wawancara dengan karyawan didevisi pemeliharaan untuk memilih strategi yang sesuai untuk setiap komponen peralatan. Sehingga dapat ditentukan strategi pemeliharaan yang tepat. Dengan nilai RPN masing-masing peralatan juga ditambahkan sebagai salah satu bahan pertimbangan.

Tabel 2. Ranking untuk terjadinya kegagalan (O)

	Definisi	Rangking
Remote	Jumlah kegagalan suku cadang antara 0-2	1
Extremely Low	Jumlah kegagalan suku cadang antara 2-4	2
Very Low	Jumlah kegagalan suku cadang antara 4-6	3
Low	Jumlah kegagalan suku cadang antara 6-8	4
Reasonably Low	Jumlah kegagalan suku cadang antara 8-10	5
Moderate	Jumlah kegagalan suku cadang antara 10-12	6
Reasonably High	Jumlah kegagalan suku cadang antara 12-14	7
High	Jumlah kegagalan suku cadang antara 14-16	8
Very High	Jumlah kegagalan suku cadang antara 16-18	9
Extremely High	Jumlah kegagalan suku cadang lebih dari 18	10

Strategi pemeliharaan yang disarankan akan membantu perusahaan untuk meramalkan kegagalan dimasa akan datang, sehingga perusahaan akan dapat mengambil tindakan korektif untuk mengatasinya sehingga dapat mengurangi biaya *downtime*. Dengan demikian, akan ada pemantauan yang lebih baik dari sistem.

METODE

Pengumpulan data dilakukan pada tahap ini kemudian dilakukan pengolahan data sesuai dengan urutan dalam metode penelitian .Setelah dilakukan pengolahan data hasilnya sudah bisa di pergunakan untuk identifikasi masalah kegagalan komponen. Berikut merupakan gambar proses penggabungan antara metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hubungan keterkaitan antara FTA dan FMEA terdapat pada analisis yang telah dibuat berdasarkan pohon kesalahan pada FTA dimasukkan kedalam tabel FMEA yang berupa penyebab kegagalan komponen. Analisis berdasarkan FTA tersebut digunakan pada tabel penyebab kegagalan komponen untuk memberikan bobot pada nilai *occurance*.

Langkah-langkah dalam proses pengolahan data:

- a. Data awal kerusakan alat *Reach Stacker*.
- b. Melakukan analisa dengan metode *Fault Tree*

Analysis (FTA)

- c. Melakukan analisa perhitungan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan komponen kritis. tahap ini dilakukan pengukuran terhadap semua kegagalan komponen.
- d. Buat Tabel Severity, Occurance dan detection sehingga bisa dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Tahapan proses analisa FTA adalah :

- i. Data kegagalan komponen dari proses kerja alat *Reach Stacker*. Membuat table yang mengklasifikasikan kegagalan komponen.
- ii. Analisa FTA. Buat pohon kesalahan (*Fault Tree*) lengkapi dengan symbol-simbolnya.

Setelah mendapatkan nilai *severity*, *occurance*, *dandetection*, besarnya RPN dapat dihitung dengan $severity \times occurrence \times Detection$. Nilai RPN dilakukan perankingan dari yang terbesar dan yang terkecil.

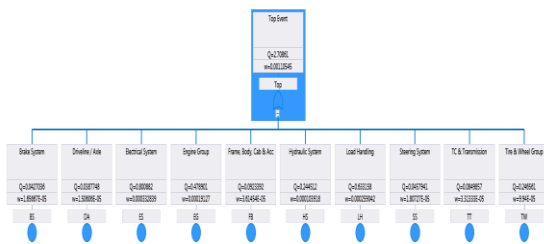
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai perhitungan dan analisa dengan menggunakan metode FTA, FMEA, dan metode Analisa diagram Pareto. Tahapan

analisis ini akan memberikan usulan pemeliharaan yang tepat untuk alat *Reach Stacker*.

Analisa FTA (Fault Tree Analysis)

Diagram FTA dibuat berdasarkan 5 risiko kritis dari total risiko dan ditetapkan masing-masing risiko kritis sebagai top event. Pada akhirnya akan diperoleh basic event yang merupakan penyebab terjadinya top event (risiko kritis), sehingga langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan terjadinya risiko kritis tersebut. Basic event yang diperoleh telah memperhitungkan penyebab permasalahan dari berbagai sisi (personil, metode, dan mesin). Berikut adalah gambar *fault tree analysis* dari masing-masing risiko kritis.



Gambar 3. Analisa Pohon kesalahan (FTA)

Dari diagram Analisa pohon kesalahan (FTA) diatas telah didapatkan minimal cutset dari 5 risiko kritis, dapat dilihat pada table sebagai berikut :

Tabel 3. Daftar Minimal *Cut Set* 5 Risiko Kritis

System	Failure Mode	Unavailability	Number of Failure	Failure Contribution
Electrical System	Sensor length error	0.800882423	221	30%
Load Handling	Chain Loose	0.633157965	148	23%
Engine Group	Hose radiator/broken	0.478900626	127	18%
Tire & Wheel Group	Pressure low	0.246560524	66	9%
Hydraulic System	Control Valve leaks	0.244511649	69	9%
Frame, body, Cab & Acc	AC hot	0.092339158	24	3%
TC & Transmission	Can't Shifting	0.084985688	22	3%
Steering System	Sleering pump low pressure	0.045794085	12	2%
Brake System	Service brake malfunction	0.042703612	11	2%
Dive/line / Axle	Differential oil max hydraulic oil	0.038774812	10	1%

Pada FTA yang paling penting bagi penggunanya adalah menemukan minimal *cutset*. Basic event yang merupakan minimal cutest yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan komponen penting, yang mana kerusakan komponen penting disebabkan oleh usia komponen yang sudah tua atau kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal. Pemeliharaan yang tidak maksimal penyebabnya adalah adanya gejala masalah yang tidak diketahui pada awalnya, dimana hal ini berakar dari kurangnya informasi dari lapangan tentang kerusakan yang terjadi.

Dari data diatas bias dikerucutkan komponen penting meliputi :

1. Electrical System
2. Engine Group

3. Load Handling
4. Hydraulic System
5. Tyre and Wheel Group

Analisa FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Dengan metode ini dapat diketahui komponen-komponen mana saja yang paling banyak menghasilkan kegagalan (Failure).Dari data yang diperoleh dengan melihat analisa FTA bisa di buat tabel FMEA dan bisa dilakukan penilaian berdasarkan bobot nilai Severity,Occurance dan Detection.Selanjutnya bisa dilakukan perhitungan untuk nilai RPN (Risk Priority Number).

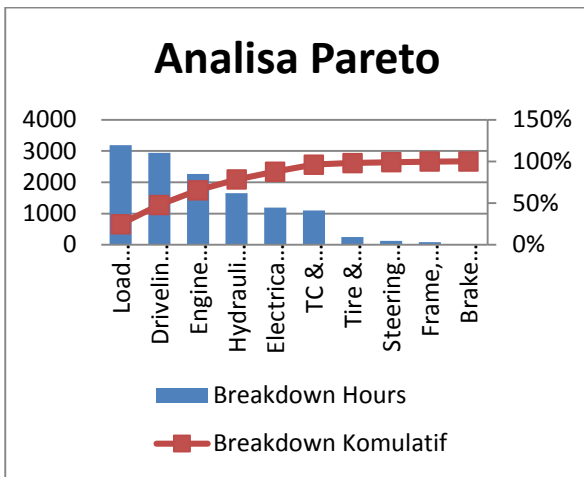
Tabel 4. Nilai *Occurrence, Severity, Detection*, dan RPN untuk Tiap Risiko

System	Failure Mode	Effect of Failure	Cause of Failure	Criticality Analysis				Recommendation
				S	O	D	RPN	
Electrical System	Sensor length abnormal	Tidak bisa mengangkat container	Posisi sensor bergeser	2	10	2	40	Pemeliharaan berkala
Engine Group	Alternator can't charger	Engine tidak bisa hidup	Kwalitas rebuild tidak bagus	4	6	4	96	Inventory komponen
Hydraulic System	Control Valve leaks	Menambah Oli hydraulic	Hasil repair tidak maksimal	3	3	1	9	Penggantian komponen secara berkala
Load Handling	Chain Loose	Tidak bisa operasi	Greasing tidak konsisten	5	7	3	105	Pemeliharaan Rutin
Tire & Wheel Group	Pressure low	Unit tidak stabil	Tidak ada inspeksi	1	3	2	6	Pemeliharaan Rutin

Dari tabel FMEA diatas dilakukan perangkingan dari nilai terbesar sampai nilai terkecil dan bisa di gambarkan pada tabel berikut :

Tabel 5. Rangkng RPN (*Risk Priority Number*)

System	Failure Mode	Criticality Analysis			
		S	O	D	RPN
Load Handling	Chain loose	5	7	3	105
Engine Group	Alternator can't charger	4	6	4	96
Electrical System	Sensor length abnormal	2	10	2	40
Hydraulic System	Control Valve leaks	3	3	1	9
Tire & Wheel Group	Pressure low	1	3	2	6



Gambar 4. Diagram Pareto kegagalan komponen berdasarkan waktu

Dari hasil perangkaian diatas diketahui bahwa system *Load Handling* mempunyai tingkat kegagalan terbesar / mayor dan mempunyai sumbangan terhadap waktu kegagalan. Kualitas pemeliharaan dengan tidak konsekuensinya melakukan greasing serta berdasarkan nilai *severity* dan jumlah frekuensi kegagalan yang tinggi mempunyai dampak yang sangat besar terhadap ketersediaan alat. Jenis tingkat pemeliharaan dilaksanakan dengan melihat diagram FTA, FMEA dan diagram pareto sehingga diketahui sumber permasalahannya

Analisa Kegagalan

Dari hasil perhitungan dan analisa data dengan metode FTA, FMEA selanjutnya menghitung RPN (Risk Priority Number) dan analisa diagram pareto diperoleh hasil nilai terbesar adalah load handling sebesar 105 dan nilai breakdown akumulatif sebesar 100 %.

KESIMPULAN

Dari hasil pengumpulan data, pengolahan data dan dilakukan analysis dengan menggunakan FTA, FMEA dan menghitung RPN dapat dilakukan pengambilan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan metode FTA dari 5 komponen penting terdapat 2 komponen yang mempunyai risiko kritis yaitu Electrical system dan *Load Handling* sebesar 105 dan nilai breakdown akumulatif 100%.
2. Setelah dilanjutkan dengan metode FMEA dan Pareto *Load Handling* menduduki peringkat pertama komponen yang mempunyai risiko kritis.
3. Dari hasil wawancara dengan Supervisi departemen pemeliharaan diketahui sumber penyebab seringnya terjadi kegagalan rantai

kendor (memuai) di komponen *Load Handling* dikarenakan :

- a. Pemeliharaan greasing tidak konsisten, oleh karena pekerjaan greasing rantai *Load Handling* belum tercantum di dalam lembar kerja *Priodic Service*.
- b. Tidak ada perencanaan penggantian rantai *Load Handling* secara interval sehingga lama-kelamaan rantai tersebut akan memanjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] British Standard, BS EN 13460:2002, Maintenance Documents for maintenance, BSI, London.
- [2] Jim August, "Applied Reliability Centered Maintenance," Pennwell publishers, 500pp, 1999.
- [3] Kelly, A., "Maintenance Strategy," Business Centred Maintenance, Oxford Butterworth Heinemann, 1997.
- [4] Marvin Rausand and A. Heyland, In System Reliability Theory," 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.p.160, 2004.
- [5] Michael V Brown,"Building a PM program brick by brick," New Standard Institute Inc Publications, 2003.
- [6] Mobley, R.K., "Introduction to Preventive Maintenance," 2nd ed, Butterworth Heinemann, Elsevier, pp 4, 2002.
- [7] Narayan, V., "In Effective maintenance management," New York: Industrial Press Inc. p.33, 2004.
- [8] Robson Quinello, Ford Motor Co. Brasil, "Maintenance and Six Sigma," Web based article, 2003.
- [9] Stanley (Stan) T. Grabill, Sigma Breakthrough Technologies, Inc. Web based article, 2001.
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_analysis (diakses Oktober 2013).