

# ANALISIS OPTIMALISASI PENJADWALAN INSPEKSI C CHECK MAIN LANDING GEAR RETRACTABLE PADA PESAWAT ATR 42 – 300 DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)

**DIMAS ARIEF BUDIANTO, W. TEDJA BHIRAWA, Dan BASUKI ARIANTO**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta

[Dimsarief@gmail.com](mailto:Dimsarief@gmail.com)

## ABTRAKSI

*PT. TAS (TRIGANA AIR SERVICE) merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang Penerbangan salah satu contohnya adalah Pesawat ATR 42-300 adalah versi pesawat yang bisa diubah secara cepat sebagai pesawat penumpang maupun kargo dari versi standard seri -300. Salah satu permasalahan yang sering terjadi system hidrolik pada landing gear gagal berfungsi dan kerusakan yang sering terjadi dibagian komponen Free Fall Asister dan Shock Absorber yang menyebabkan landing gear tidak dapat melakukan Extension maupun Retraction, sehingga pesawat tidak dapat mendarat dengan landing gear. Beberapa kendala yang ditimbulkan dari kegagalan system landing gear berdampak pada keterlambatan penerbangan (Delay) maupun perubahan jadwal yang dapat memakan waktu untuk para penumpang. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian kualitatif, dimulai dari studi lapangan untuk mendapatkan data dan untuk melakukan wawancara, serta melakukan studi pustaka tentang penelitian ini. Data yang dikumpulkan merupakan data jenis kerusakan komponen Free Fall Asister dari tahun 2015-2018, lalu di konversikan dan diolah dengan metode RCM (Reliability Centered Maintenance) sehingga mendapatkan data inspeksi C Check, data komponen downtime, model kegagalan, dan efek analisis, table perhitungan Rpn lalu masuk kedalam perhitungan MTTF setelah itu perhitungan laju kerusakan dan perhitungan reliability. Berdasarkan metode RCM yang diterapkan diperoleh hasil dari perhitungan bahwa total downtime terendah (Dtp) dari tindakan perawatan, bentuk kegiatan preventive terhadap komponen free fall asister adalah secara corrective maintenance (CM) dengan perawatan interval 200 jam atau 9 jam. Perubahan perawatan yang dilakukan komponen free fall asister berhasil mengefisiensi total keandalan komponen mencapai 68%.*

**Kata Kunci** : Optimalisasi, RCM, Maintenance, Free Fall Asister

## PENDAHULUAN

Dunia penerbangan saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dan merupakan salah satu unsur penting dalam menggerakkan dinamika pembangunan, mendukung mobilitas manusia, barang dan jasa serta mendukung pengembangan wilayah dan peningkatan hubungan internasional yang lebih memantapkan perkembangan kehidupan berbangsa dan bernegara dalam rangka perwujudan wawasan nusantara.

PT. TAS (*TRIGANA AIR SERVICE*) merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang Penerbangan salah satu contohnya adalah Pesawat ATR 42-300 QC adalah versi pesawat yang bisa diubah secara cepat sebagai pesawat penumpang maupun kargo dari versi standard seri -300. Salah satu permasalahan yang sering kali terjadi sistem hidrolik pada *landing gear* gagal berfungsi dan kerusakan yang sering terjadi di bagian komponen *Free Fall Asister* dan *Shock Absorber* yang menyebabkan landing gear tidak dapat melakukan *extension* maupun *retraction*, sehingga pesawat tidak dapat mendarat dengan landing gear. Serta beberapa kendala yang ditimbulkan dari kegagalan sistem *landing gear* berdampak pada keterlambatan penerbangan (*Delay*) maupun perubahan jadwal yang dapat memakan waktu untuk para penumpang.

Pada tugas akhir ini akan mengintegrasikan “Analisis Inspeksi C *Check Main Landing Gear* Pada Pesawat ATR 42-300 Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Di PT. TAS” dengan fokus utama penulis inspeksi perawatan pada beberapa bagian komponen *Free Fall Asister* serta kerusakan yang terjadi di landing gear dan optimalisasi inspeksi C *Retract* serta penerapan setelah dilakukan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan sebelum dilakukan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada *Main Landing Gear*.

## METODE

Analisis dalam Optimalisasi Penjadwalan Inspeksi C *Check Main Landing Gear Retractable* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yaitu sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu system dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna. Tujuan penting penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) :

- a. Membentuk desain yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi *preventive maintenance* (PM).
- b. Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain dari produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan,

- yang berhubungan dengan keandalan.
- c. Membentuk PM dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan keandalan dan keamanan pada levelnya semula pada

- saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau sistem.
- d. Mendapatkan semua tujuan diatas dengan total biaya yang minimum.

## PEMBAHASAN

**Tabel 4. 1 Data Jenis Kerusakan komponen *Free fall asister (Part Number D22716000-100)***

No.	Serial Number	Date of removed	A/C Reg	Reason
1	MN44	29-Feb-15	PK-YRN	Timex
2	MN445	1-Jun-15	PK-YRR	Leaking
3	MN266	16-Apr-16	PK-YRK	Leaking
4	UNK	16-Apr-16	PK-YRK	Timex
5	MN124	27-Aug-16	PK-YRP	Timex
6	MN431	20-Feb-17	PK-YRR	Point bad condition worn both side
7	MN228	24-Feb-17	PK-YRV	Leaking from fluid
8	MN483	16-May-17	PK-YRR	Low pressure
9	UNK	15-Oct-17	PK-YRR	Fluid leak
10	MN255	23-Jun-18	PK-YRV	Fluid leak
11	MN266	23-Jun-18	PK-YRV	Fluid leak

Data yang diperoleh dari perusahaan pada Tabel 4.1 adalah komponen yang dianalisis berdasarkan beberapa kerusakan yang terjadi, maka diketahui data yang di *maintenance* pada saat melakukan inspeksi *Daily and C Check*. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada inspeksi *C Check* yaitu:

1. Pengerjaan pelumasan titik engsel *Main Landing Gear* dan *Brace* terkait.
2. Pemeriksaan visual umum *Main Landing Gear*

(membersihkan dan melumasi pintu *Main Landing Gear*).

3. Sistem peringatan *Main Landing Gear* (uji operasi pendaratan tidak turun peringatan dibawah 500ft).

### Data komponen *Down Time*

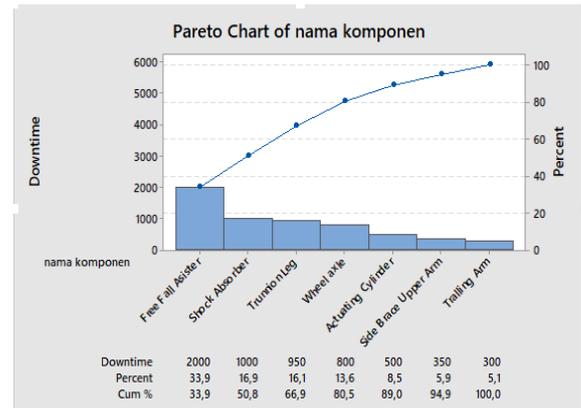
Dalam data ini diperoleh beberapa komponen yang mengalami waktu *down time* pada saat dilakukan pengecekan serta pemeriksaan pada bagian *Main Landing Gear*.

**Tabel 4. 2** Tabel Aktivitas *downtime*

No	Nama komponen	Down Time
1	Shock Absorber	1000
2	Free Fall Asister	2000
3	Actuating Cylinder	800
4	Trunnion Leg	950
5	Wheel axle	800
6	Tralling Arm	500
7	Side Brace Upper Arm	350

Berdasarkan tabel 4.3 aktivitas *downtime* yang ditunjukkan dilihat bahwa jumlah *downtime* yang tertinggi pada beberapa komponen pada *Main landing gear* yang diangkat adalah komponen *Free Fall Asiste* dengan total *downtime* tertinggi yaitu 2000 *hours*. Maka *Free Fall Asister* dipilih menjadi objek penelitian karena memiliki *downtime* yang paling tinggi.

Proses analisa *maintenance* pada *Main Landing Gear* yang memiliki tingkat *downtime* terbanyak ialah *Free Fall Asister* dengan waktu *downtime* 2000 *hours* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 1** Hasil *downtime* analisa diagram Pareto

Dari gambar diatas yang memiliki tingkatan perawatan yang lebih intensif dalam komponen *main landing gear* yaitu *free fall asister* sehingga perlu dilaksanakan analisa perbaikan agar perbaikan terlaksana dengan jadwal perbaikan yang tepat.

### Fungsi sistem dan kegagalan fungsi

Fungsi sistem dan kegagalan fungsional ditentukan berdasarkan informasi mengenai jenis kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada sistem yang diamati. Pada tahap ini penting dilakukan untuk selanjutnya dapat dianalisis dengan FMEA, Fungsi sistem dan kegagalan fungsi dapat dilihat pada tabel 4.4

**Tabel 4.4 Model Kegagalan dan Efek Analisis**

Mode Kegagalan dan Efek Analisis			
No.	Fungsi Kegagalan	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan
1.	Shock Absorber	Kualitas Material Komponen	Tidak Berjalan Dengan Baik
		Usia Komponen Benturan Dengan Runway	Kondisi Buruk Dipakai Dua sisi
		Karena Beban Pesawat	Kebocoran Fluid
		Kekurangan Fluid	Retractable Tidak Turun
2.	Free Fall Asister	Waktu Pakai Komponen	Tidak Berfungsi Secara Normal
		Berat Beban Pesawat	Tekanan nya menjadi Rendah
		Material Kualitas	Kebocoran dalam Komponen

Pada tabel 4.4 menunjukkan dimana ada 2 fungsi komponen dan kegagalan efek terdapat 7 fungsi berikut kegagalan fungsional yang terjadi.

Hasil dari perhitungan RPN dapat dilihat pada tabel 4.5 total RPN.

**Tabel 4. 3 Tabel perhitungan total RPN**

No	Nama komponen	Saverity	Occurrence	Detection	RPN
1	Shock Absorber	4	8	3	96
2	Free Fall Asister	7	9	4	252
3	Actuating Cylinder	8	3	3	72
4	Trunnion Leg	4	4	1	16
5	Wheel axle	3	4	3	36
6	Tralling Arm	4	6	3	72
7	Side Brace Upper Arm	3	2	2	12

Dari hasil perhitungan nilai RPN yang disajikan pada tabel 4.5 data angka yang didapatkan dari perusahaan tersebut serta pada saat wawancara pengambilan data RPN, didapatkan komponen kritis adalah *Free Fall Asister* dengan nilai RPN tertinggi yaitu 252. seluruh mode kegagalan akan dianalisa mengenai mode kegagalan yang terjadi, penyebab kegagalan, akibat dari mode kegagalan yang terjadi dan juga keputusan untuk melanjutkan analisis pada tahap *Logic tree analysis* (LTA) atau tidak.

### Logic Tree Analysis (LTA)

*Logic tree analysis* (LTA) digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang timbul oleh masing – masing *failure mode*. Tujuan LTA adalah untuk mengklasifikasi *failure mode* ke dalam kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing – masing *failure mode*. Data hasil LTA dapat dilihat pada tabel 4.6.

**Tabel 4. 4 Logic Tree Analysis**

KATAGOR I	FAILURE MODE	
	JUMLAH	%
A	0	0
B	19	70%
C	2	8%
A/B	0	0
D/A	0	0
D/B	6	22%
D/C	0	0%

Setelah dilakukan proses analisis menggunakan diagram hubungan LTA didapatkan 19 mode kegagalan tergolong dalam kategori B, 2 mode kegagalan yang tergolong dalam kategori C, dan 6 mode kegagalan yang tergolong dalam kategori D/B. penggolongan mode kegagalan tersebut berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram hubungan *Logic tree analysis*.

**Tabel 4. 5 Tabel Pola Distribusi**

Komponen	Pola Distribusi	AD
Free Fall Asister	NORMAL	0,546
	Log Normal	0,277
	Eksponensial	0,43
	Weibull	0,389

Penentuan distribusi dilakukan dengan mempertimbangkan pola interval waktu kerusakan yang terjadi pada komponen *Free Fall Asister*, berdasarkan hasil uji distribusi dengan menggunakan software minitab 15 adalah berdistribusi weibull dengan parameter.

$$\text{Shape } (\mu) = 1,35928$$

$$\text{Parameter Scale } (\beta) = 406,15117$$

#### 4.2.2 Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repaire (MTTR) komponen free fall asister.

Perhitungan MTTF dan MTTR dilakukan terhadap komponen kristis pada *free fall asister*, Berdasarkan pengujian data yang dilakukan menggunakan software minitab 15 perhtungan MTTF menggunakan distribusi *weibull* dan perhitungan MTTR menggunakan distribusi lognormal.

Diketahui:

$$\mu = 1037$$

$$\gamma = 1,96$$

$$t_{med} = 0,55$$

$$e \frac{s^2}{s} = 6,68$$

jawab :

$$MTTF = \mu \gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$= \mu \cdot \gamma$$

$$= 1037 \times 1,96$$

$$= 2032,52$$

$$MTTR = t_{med} \cdot e \frac{s^2}{s}$$

$$= 0,55 \times 6,68$$

$$= 3,67$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil yaitu MTTF = 2032,52 dan MTTR = 3,67.

#### 4.2.3 Perhitungan laju kerusakan komponen *Free fall asister*

Perhitungan laju kerusakan komponen *free fall asister* digunakan untuk dasar perhitungan probabilitas kerusakan komponen jika  $t = 200$  (laju kerusakan + 2000 *flight hours*).

$$\beta = 1,96$$

$$\mu = 1021,51$$

$t = 200$  (laju kerusakan + 2000 *flight hours*)

jawab :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right) \beta^{-t}$$

$$= \frac{1,96}{1021,51} \left(\frac{2000}{1021,51}\right)$$

$$1,96 - 2000$$

$$= 0,001918 \times 1,793$$

$$= 0,0034$$

Didapatkan laju kerusakan pada  $t = 2000$  *hours* 0,0034.

#### 4.2.4 Perhitungan Reliability komponen *free fall asister*

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari sistem/alat untuk memenuhi fungsi yang diharapkan berikut perhitungan keandalan komponen *free fall asister* pada waktu ( $t$ ) = 2000 *hours*,

Diketahui :

$$e = 2,71$$

$$t = 2000$$

$$\mu = 1021,51$$

$$\beta = 1,96$$

jawab :

$$R(t) = e - \left(\frac{t}{\mu}\right) \beta$$

$$= 2,71 - \left(\frac{2000}{1021,51}\right) 1,96$$

$$= 2,71 - 3,371$$

$$= 0,661$$

Diketahui *reliability* komponen *free fall asister* pada  $t = 2000$  adalah 0,661 yang artinya keandalan dan komponen penggerak jika beroperasi pada 2000 *hours* adalah sebesar 66,1%, selanjutnya hasil dari perhitungan ini akan menjadi dasar dari perhitungan probabilitas kerusakan komponen *free fall asister*.

#### 4.2.5 Perhitungan probabilitas kerusakan komponen *free fall asister*

Perhitungan probabilitas kerusakan untuk mengetahui *probability* sebelum waktu tertentu. Berikut perhitungan probabilitas kerusakan pada komponen *free fall asister* pada waktu  $(t) = 2000 \text{ hours}$ .

Diketahui :

$$R(t) = 0,661$$

Jawab =

$$f(t) = 1 - R(t)$$

$$= 1 - 0,661$$

$$= 0,339$$

Hasil perhitungan probabilitas kerusakan pada komponen *free fall asister* pada waktu  $(t) = 200$  adalah 0,339 atau sebesar 34%.

#### 4.2.6 Perhitungan model *age replacement*

Model *age replacement* adalah model

perawatan dengan menetapkan nilai interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu termakan yang digunakan untuk tindakan penggantian dengan kriteria minimasi, Perhitungan interval waktu penggantian atau pencegahan pada komponen *free fall asister* dengan kriteria meminimasi downtime dapat dilihat pada tabel 4.8:

**Tabel 4. 6 Hitungan total waktu pencegahan (tp) dan perbaikan (tf)**

No	Uraian	Pencegahan	Perbaikan
1	Menemukan Kerusakan		0,25
2	Membongkar Komponen	0,23	1,15
3	Memeriksa komponen yang rusak		0,25
4	Menunggu komponen di gudang		0,25
5	Memasang komponen pengganti	0,2	0,45
6	Memasang mesin kembali	0,25	1,29
	Total Waktu (hours)	0,68	3,67

Dari tabel 4.8 perhitungan tabel diatas diperoleh bahwa total failure (tf) = MTTR = 3,674 hours dan total preventive (tp) = 0,68 hours.

Perhitungan ingterval waktu pencegahan pada komponen *free fall asister* dapat dilihat pada tabel 7 dengan total minimasi *downtime* terendah (Dtp) sebagai acuan perawatan pada komponen *free fall asister*. Berikut perhitungan minimasi *downtime* pada komponen *free fall asister* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp) + Tf.(1-R(tp))}{(tp + Tp).R(t) + tf.(1-R(tp))}$$

Perhitungan interval waktu pencegahan dapat dilihat tabel 4.9 dari komponen mulai beroperasi sampai dengan waktu (t) = 2000 hours. Perhitungan waktu sampai dengan waktu t bertujuan untuk menemukan *downtime* terendahan sebagai acuan penentuan penjadwalan.

**Tabel 4. 7 Perhitungan Interval Waktu Pencegahan Pergantian**

Tp	R(Tp)	M(Tp)	tp	tf	Dtp
50	2,7072	1,190,25	0,68	3,67	0,9010987
75	2,704	1,192,48	0,68	3,67	0,9056246
100	2,6994	1,195,71	0,68	3,67	0,9256417
185	2,6748	1,213,27	0,68	3,67	0,9324516
190	2,6729	1,214,65	0,68	3,67	0,9428161
195	2,6271	1,216,03	0,68	3,67	0,9456327
196	2,6706	1,216,32	0,68	3,67	0,9564732
197	2,6702	1,216,62	0,68	3,67	0,9663780
199	2,6694	1,217,20	0,68	3,67	0,9673868
200	2,6699	1,217,49	0,68	3,67	0,9868945

$$Rtp = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)\beta}$$

$$= 2,71 - \left(\frac{200}{1021,51}\right)0,96$$

$$\begin{aligned}
&= 2,71 - 0,04088 \\
&= 2,669 \\
Mtp &= \frac{MTTF}{1-R(tp)} \\
&= \frac{2032,52}{1-2,669}
\end{aligned}$$

Diperoleh hasil dari perhitungan bahwa total downtime terendah (Dtp) diperoleh pada saat komponen *free fall asister* beroperasi pada waktu 200 hours dengan keandalan komponen mencapai 68% .

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengolahan data dapat dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu :

- a. Dari identifikasi berdasarkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* pada *main landing gear* di PT. TAS dengan cara Perhitungan laju kerusakan komponen *free fall asister* digunakan untuk dasar perhitungan probabilitas kerusakan komponen jika  $t = 200$  (laju kerusakan + 2000 *flight hours*). Didapatkan laju kerusakan pada  $t = 2000$  hours 0,0034. Diketahui *reliability* komponen *free fall asister* pada  $t = 2000$  adalah 0,661 yang artinya keandalan dan komponen penggerak jika beroperasi pada 2000 hours adalah sebesar

$$= 1,217$$

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+tf.(1-R(tp))}$$

$$D(200) = 0,986895$$

66,1%, selanjutnya hasil dari perhitungan ini akan menjadi dasar dari perhitungan probabilitas kerusakan komponen *free fall asister*. waktu  $(t) = 200$  adalah 0,339 atau sebesar 34%. Dari tabel 4.8 perhitungan tabel diatas diperoleh bahwa total *failure* (tf) = MTTR = 3,674 hours dan total *preventive* (tp) = 0,68 hours.

Perhitungan interval waktu pencegahan pada komponen *free fall asister* dapat dilihat pada tabel 7 dengan total minimasi *downtime* terendah (Dtp) sebagai acuan perawatan pada komponen *free fall asister*. Berikut perhitungan minimasi *downtime* pada komponen *free fall asister* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+tf.(1-R(tp))}$$

Perhitungan interval waktu pencegahan dapat dilihat tabel 4.9 dari komponen mulai beroperasi sampai dengan waktu  $(t) = 2000$  hours. Perhitungan waktu sampai dengan waktu  $t$  bertujuan untuk menemukan

*downtime* terendah sebagai acuan penentuan penjadwalan. Oleh karena itu komponen *free fall asister* ditentukan kerusakan yang sering terjadi pada komponen tersebut dan penggerak sehingga komponen tersebut sangat perlu dianalisa untuk perubahan perawatan secara *preventive* atau terjadwal.

- b. Diperoleh hasil dari perhitungan bahwa total *downtime* terendah (Dtp) didapatkan dari pemilihan tindakan perawatan, bentuk kegiatan perawatan *preventive* terhadap komponen *free fall asister* adalah secara *corrective maintenance* (CM) dengan perawatan interval perawatan 200 jam atau 9 jam. Perubahan perawatan yang dilakukan komponen *free fall asister* berhasil mengefisiensi total keandalan komponen mencapai 68%.

### Saran

Saran yang dapat saya berikan untuk penelitian ini adalah :

- a. Disarankan untuk perusahaan dalam mencari alternatif – alternatif bentuk perawatan pencegahan pada masing – masing komponen pada setiap mesin sehingga diperoleh bentuk perawatan yang paling

optimum guna untuk kelangsungan objektif pada perusahaan.

- b. Disarankan bagi penelitian berikutnya agar dapat menganalisa serta memprediksi kerusakan – kerusakan yang akan terjadi didalam komponen – komponen yang lain untuk memenuhi perawatan paling optimum bagi tiap – tiap komponen dan dapat meminimalisir kerusakan maupun kerugian didalam perusahaan, serta terciptanya sesuatu yang efektif dan efisien.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ansori Nachnul dan Tim 2013. *Sistem Perawatan terpadu*. Buku Teknik Edisi pertama. Yogyakarta.
- Asisco Hendro, Kifayah Amar ,Yandra Rahardian Perdana.2012. *Usulan perencanaan perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) PT. Perkebunan Nusantara VII Uunit Usaha Sugai Niru Kab.Muara Enim*. Jurnal teknik Vol.VII, No.02. Yogyakarta,
- Aufar azka nur.2014. *Usulan kebijakan perawatan area produksi trim chassis dengan menggunakan metode RCM*. Jurnal teknik Vol.02, No.04. Bandung.

- Firdaus Rachnat, Tedjo sukmono, Ali akbar. 2010. *Perbaikan Proses Produksi Muffler dengan Metode FMEA pada Industri Kecil Di Sidoarjo*. Jurnal Teknik Industri vol.5. Sidoarjo.
- Isma Putra Boy.2010. Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Maintenance II Pada Mesin Danner 1.3 di PT "x". Jurnal Teknik Industri vol.5. Sidoarjo.
- Kinley Aritonang Y.M, Aari setiawan, cecilia iskandar.2015. "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Untuk Menentukan Strategi Perawatan Fasilitas Produksi Kain", PT. IS .
- Pranoto Hadi. 2015.*Reability Centered Maintenance*.2015. Jakarta.
- Taufik, Septyani selly. 2015. "Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di PT PLN ( Persero ) Sektor Pembangkit Ombilin". Jurnal Teknik Industri. Uiversitas Andalas.Padang.
- Aridian Dwi Nugroho, (2013), perencanaan penjadwalan *preventive maintenance* pada mesin milling dengan metode *Reliability*.