

ANALISA PENENTUAN TINDAKAN PERAWATAN SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM) DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT. PLN (PERSERO) RAYON TUBAN

Seftia Ady Candra¹, Abdul Wahid Nuruddin²

¹Universitas PGRI Ronggolawe, ²Universitas PGRI Ronggolawe

¹seftiaady@gmail.com, ²wahid@unirow.ac.id

Abstrak

Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dibidang penyedia listrik umum atau yang mengurus semua aspek kelistrikan yang ada di Indonesia, terkadang sering mengalami permasalahan breakdown jaringan yang tinggi. Hal tersebut menghambat jalannya proses distribusi listrik yang berdampak pada penurunan energi listrik yang didapatkan dari konsumsi pelanggan. Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: 1) Bagaimana langkah identifikasi komponen kritis pada SUTM; 2) Bagaimana jenis tindakan yang akan direkomendasikan pada setiap komponen yang diteliti?. Pada penelitian ini digunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM), yaitu untuk menentukan kegiatan perawatan jaringan listrik yang optimal bagi perusahaan. Subjek jaringan listrik yang diteliti ialah saluran udara tegangan menengah (SUTM), terdapat 9 komponen yang mengalami kerusakan yaitu: transformator, isolator, fuse cut out, pemegang fuse, rumah fuse, fuse link, penghantar SUTM, peralatan hubung, dan tiang listrik. Rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan untuk kategori berdasarkan waktu Time Directed (TD, rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan adalah jadwal preventive maintenance komponen berdasarkan interval downtime yang telah ditentukan, kategori temuan kerusakan (FF) direkomendasikan penggantian komponen apabila setelah melakukan beberapa kali kegiatan preventive maintenance, maka dilakukan predictive maintenance dan corrective maintenance. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh: 1) Langkah identifikasi komponen kritis pada SUTM terdiri dari 4 komponen, yaitu: transformator, isolator, fuse cut out, dan pemegang fuse. 2) Jenis tindakan yang direkomendasikan perawatan yang diberikan yaitu, berdasarkan Condition Directed (CD) dan Time Directed (CD), dari total minimum downtime diperoleh interval transformator 45 hari, isolator 69 hari, fuse cut out 52 hari, pemegang fuse 64 hari.

Kata Kunci : SUTM; Metode Reliability Centered Maintenance.

PENDAHULUAN

Kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar sesuai yang dikehendaki. Pada dasarnya terdapat dua kegiatan pokok dalam perawatan yaitu perawatan preventif dan perawatan korektif. Suatu mesin terdiri dari berbagai komponen vital yang mendukung kelancaran operasi, sehingga apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan.

Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dibidang penyedia listrik umum atau yang mengurus semua aspek kelistrikan yang ada di Indonesia. Meskipun PT. PLN (Persero) Rayon-Tuban telah menerapkan kegiatan *corrective maintenance*, namun frekuensi kerusakannya masih tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk mengusulkan sistem perawatan mesin dengan menggunakan

metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode RCM diharapkan dapat menetapkan schedule maintenance dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) tepat yang harus dilakukan pada setiap komponen mesin. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini: 1) Bagaimana langkah identifikasi komponen kritis pada SUTM?; 2) Bagaimana jenis tindakan yang akan direkomendasikan pada setiap komponen yang diteliti?.

KAJIAN PUSTAKA

Saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama.

Perawatan (*maintenance*) adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga dan mempertahankan kualitas fasilitas / mesin agar dapat berfungsi dengan

baik seperti kondisi awalnya (Ansori dkk, 2013: 2).

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar sembarang aset fisik dapat kontinyu dalam memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini (Pranoto, 2015).

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu, Govil (dalam Mahfud, 2017). Keandalan dapat dihitung dengan rumus:

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t)dt$$

$$= 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

Dimana:

R(t) = Fungsi keandalan

F(t) = Probabilitas kerusakan

Variabel utama dari fungsi keandalan adalah waktu terjadinya kerusakan (*time failure*). Fungsi tersebut dirumuskan sebagai tersebut:

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t)dt = P(x > t)$$

Sumber: Ansori dan Mustajib, 2013

Dimana:

R(t) = merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi hingga waktu t.

Probabilitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t disebut CDF (*commulative Distribution Failure*) dapat diperoleh dengan rumus:

$$R(t) = P(x > t)$$

Sumber: Ansori dan Mustajib, 2013

Sehingga dari persamaan R(t) dan CDF diperoleh rumus probabilitas keandalan suatu peralatan hingga waktu t sebagai berikut:

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

$$f(t) = \exp \left[- \int_0^1 \lambda(t) dt \right]$$

Dalam melakukan perawatan dapat dilakukan dengan hala-hal seperti berikut:

1. Fungsi Padat Probabilitas

$$\int_{tx}^{ty} f(t)dt = 1$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^1 f(t)dt$$

Dimana F(t) menyatakan distribusi kumulatif, dan jika t = ∞, maka F (t) = 1

3. Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = P\{x < t + \Delta t/x > t\}$$

$$\frac{P\{(x < t + \Delta t/x > t)\}}{P(x > t)}$$

Dimana:

$$P\{x > t\} \cap (x < t + \Delta t = f(t) \Delta t$$

$$F(t) = - \frac{d}{dt} R(t)$$

Sedangkan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$$= - \frac{1}{R(t)} \frac{d}{dt} R(t)$$

$$\lambda(t)dt = \frac{-dR(t)}{R(t)}$$

$$\int_0^t \lambda(t)dt = \ln[R(t)]$$

Sehingga,

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^1 \lambda(t) dt \right].$$

Berikut ini merupakan beberapa distribusi yang umumnya digunakan dalam menghitung tingkat keandalan suatu peralatan:

a. Distribusi Eksponential

Digunakan untuk memodelkan laju kerusakan yang konstanta untuk sistem yang beroperasi secara kontinyu. Dalam distribusi *exponensial*, beberapa persamaan yang digunakan antara lain:

(1) Fungsi Kepadatan Probabilitas, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

t = waktu t ≥ 0

λ = kecepatan rata-rata terjadinya kerusakan λ > 0

(2) Fungsi Distribusi Kumulatif, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

(3) Fungsi Keandalan, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

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

$$R(t) = e^{1/MTTF}$$

(4) Fungsi Laju Kerusakan, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$h(t) = \lambda$$

b. Distribusi Weibull



- (1) Fungsi Kepadatan Probabilitas berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013)

$$F(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

Untuk $\beta =$ shape parameter, $\beta > 0$

$\eta =$ skala parameter untuk karakteristik *life time* $\eta > 0$

- (2) Fungsi Distribusi Kumulatif, berdasarkan rumus (Jardine, 1973)

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

Fungsi Keandalan, berdasarkan rumus (Jardine, 1973)

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

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

$$R(t) = e^{1/MTTF}$$

- (3) Fungsi Laju Kerusakan, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013)

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

c. Distribusi Lognormal

Distribusi ini berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk kondisi yang bervariasi. Disini *time to failure* (t) dari suatu komponen diasumsikan memiliki distribusi lognormal bila $y = \ln(t)$, mengikuti distribusi normal dengan rata-rata (μ) dan variansi adalah (σ).

- (1) Fungsi Kepadatan Probabilitas, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013)

$$f(t) = \frac{\beta}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

- (2) Fungsi Distribusi Kumulatif, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$F(t) = \Phi\left[\frac{1}{\sigma} \ln\left(\frac{t}{\mu}\right)\right]$$

Fungsi Keandalan, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$R(t) = 1 - \Phi\left[\frac{1}{\sigma} \ln\left(\frac{t}{\mu}\right)\right]$$

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

$$R(t) = e^{1/MTTF}$$

- (3) Fungsi Laju Kerusakan, berdasarkan rumus (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

d. Disribusi Normal

- (1) Fungsi Kepadatan Probabilitas, berdasarkan rumus, Jardine (dalam Sarashvati, 2017).

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Dimana:

$\sigma =$ standar deviasi dari variabel acak

$\mu =$ rata-rata dari variabel acak

- (2) Fungsi Distribusi Kumulatif, berdasarkan rumus, Jardine (dalam Sarashvati, 2017).

$$F(t) = e^{-\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)^2}$$

- (3) Fungsi Keandalan, berdasarkan rumus, Jardine (dalam Sarashvati, 2017).

$$R(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - 4,727}{0,904^2}\right)^2}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{8}\right)^2}$$

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

- (4) Fungsi Laju Kerusakan, berdasarkan rumus, Jardine (dalam Sarashvati, 2017).

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

4. Rata-rata Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Mean time to failure (MTTF) adalah rata-rata atau waktu rata-rata terjadinya kerusakan, Ebeling (dalam Mahfud, 2017). Perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi yaitu:

- a. *Exponential*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Dimana:

$\lambda =$ rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi

- b. *Weibull*

$$MTTF = a\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

Dimana:

$\emptyset =$ *scale* parameter yang dipengaruhi nilai tengah dari pola data.

$\beta =$ *shape* parameter yang mempengaruhi laju kerusakan.

Nilai $\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ didapat dari tabel fungsi

Gamma.

- c. Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\left(\frac{s^2}{2}\right)}$$

Dimana:

$t_{med} =$ parameter lokasi (nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan)

$s =$ parameter bentuk (*shape parameter*)

- d. Normal

$$MTTF = \mu$$

Dimana:

μ = nilai tengah

5. Rata-rata Waktu Perbaikan (Mean Time To Repair)

a. *Eksponential*

$$MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

Dimana:

λ = Failure rate

b. *Weibull*

$$MTTR = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dimana:

α = scale parameter

β = shape parameter

Nilai $\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$ didapat dari tabel fungsi

Gamma.

c. *Lognormal dan Normal*

$$MTTR = T_{med} \cdot e^{\left(\frac{s^2}{2} \right)}$$

Dimana:

t_{med} = nilai tengah (median) waktu perbaikan

s = parameter bentuk (*shape parameter*)

6. Model Matematis Perawatan

total *downtime* per unit waktu untuk tindakan penggantian preventif pada waktu t_p , dinotasikan sebagai D (t_p) adalah:

$$D(t_p) = \frac{H(t)T_f + T_p}{T_f + T_p}$$

Banyaknya kegagalan yang terjadi dalam interval waktu (0, t_p) dapat dihitung sebagai berikut:

$$H(t) = (1 + h(t)) \times F(t)$$

$H(0)$ ditetapkan sama dengan nol, sehingga untuk $t_p = 0$,

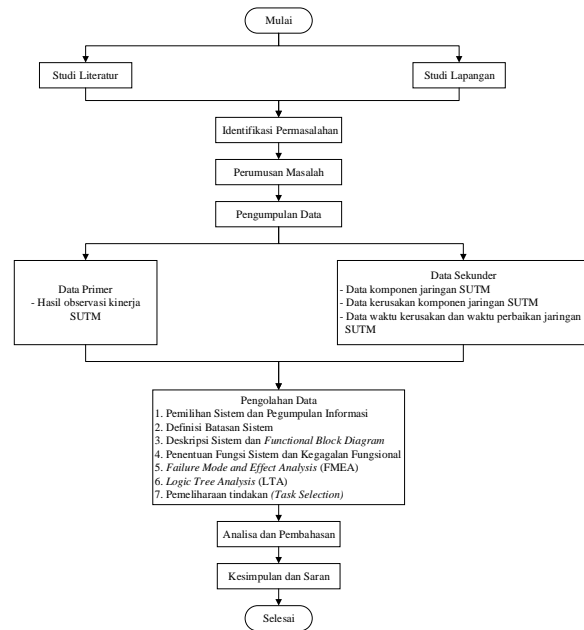
maka $H(t_p) = H(0) = 0$.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah PT. PLN (PERSERO) RAYON TUBAN yang berlokasi di jalan AKBP Suroko NO. 38-Tuban.

Tahap penelitian merupakan sebuah kerangka penelitian yang memuat langkah-langkah yang akan ditempuh dalam memecahkan permasalahan yang dicapai. Dalam metode penelitian dijelaskan tentang pengumpulan dan pengambilan data serta bagaimana data tersebut akan diolah dengan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Bertujuan untuk mengurangi tingkat kerusakan pada mesin di PT. PLN (persero) UPJ-Tuban. Langkah-langkah yang diperlukan

untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. *Flow Chart* Kerangka Penelitian
Sumber: Diolah Oleh Penulis, 2018.

HASIL PEMBAHASAN

Pada tahap ini pengumpulan data, data-data yang dikumpulkan ada dua jenis, yakni data primer dan data sekunder.

Dalam pengolahan data pada penelitian ini yang berdasarkan dari data-data yang sudah diambil ketika penelitian di PT. PLN (Persero) Rayon Tuban. Dan data tersebut diolah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* sebagai hasil dari penelitian. Adapun langkah-langkahnya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*System Selection and Information Collection*)
2. Definisi Batas Sistem (*System Boundary Definition*)
3. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional (*System Description and Functional Block Diagram*)
4. Fungsi dan Kegagalan Fungsional (*Function and Functional Failure*)
5. *Logic Tree Analysis (LTA)*
6. Pemilihan Tindakan (*Task Selection*)

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Keseluruhan Komponen

No	Nama Komponen	MTTF	MTTR	tp	R(tp)	D(tp)	A(tp)
1	Transformator		4,515				
		139,74	3,011	88	0,99	0,02	0,98
		73,98	3,763	176	0,84	0,02	0,98
		87,68	3,763	264	0,83	0,01	0,99
		67,13	3,011	352	0,82	0,01	0,99
		67,13	4,515	440	0,81	0,01	0,99
		50,69	3,763	528	0,81	0,01	0,99
		90,42	3,011	616	0,98	0,01	0,99
		101,38	3,763	704	0,8	0,01	0,99
		67,13	2,258	792	0,79	0,01	0,99
2	Isolator		2,559				
		102,16	1,559	150	0,92	0,01	0,99
		113,52	1,559	300	0,91	0,01	0,99
		213,79	1,039	450	0,9	0,01	0,99
		215,68	2,079	600	0,99	0,01	0,99
		132,43	1,559	750	0,99	0	1
		183,52	2,559	900	0,99	0	1
		151,35	1,559	1050	0,99	0	1
		143,79	2,079	1200	0,99	0	1
		77,57	1,559	1350	0,99	0	1
3	Fuse Cut Out		3,104				
		716,89	3,104	370	0,04	0,01	0,99
		408,85	3,104	740	0,05	0,01	0,99
		134,42	3,104	1110	0,05	0,01	0,99
		627,28	3,104	1480	0,05	0,01	0,99
		459,26	3,104	1850	0,05	0,01	0,99
		347,24	3,104	2220	0,01	0,01	0,99
		207,23	3,104	2590	0,05	0,01	0,99
		235,23	3,104	2960	0,05	0,01	0,99
		168,02	3,104	3330	0,06	0,01	0,99
4	Pemegang Fuse		2,72				
		408,40	2,72	565	1	0	1
		472,88	2,72	1130	0,98	0	1
		1171,46	2,72	1695	0,98	0	1
		591,10	2,72	2260	0,97	0	1
		198,83	2,72	2825	0,98	0	1
531,99	2,72	3390	0,98	0	1		

Gambar 2. Jadwal Preventive Maintenance

Januari 2018							Februari 2018							Maret 2018							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
1	2	3	4	5	6						1	2	3					1	2	3	
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17	
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22	23	24	
28	29	30	31				25	26	27	28				25	26	27	28	29	30	31	
Apr-18							Mei 2018							Juni 2018							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4	5							
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	
29	30						27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30	
Juli 2018							Agustus 2018							Sep-18							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4								
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	
29	30	31					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29	
													30	30	31						
Oktober 2018							Nov-18							Desember 2018							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
1	2	3	4	5	6						1	2	3								
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8	
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15	
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22	
28	29	30	31				25	26	27	28	29	30		23	24	25	26	27	28	29	
													30	30	31						

Keterangan Jadwal Penggantian

Transformator	
Isolator	
Fuse Cut Out	
Pemegang Fuse	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa: 1) Langkah identifikasi komponen kritis pada SUTM terdiri dari 4 komponen yaitu: transformator, isolator, fuse cut out, dan pemegang fuse; 2) Jenis tindakan yang direkomendasikan perawatan yang diberikan adalah kategori berdasarkan kondisi Condition Directed (CD) dan kategori berdasarkan waktu Time Directed (CD), rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan adalah berupa jadwal preventive maintenance komponen berdasarkan interval pergantian downtime yang telah ditentukan, dari total minimum downtime diperoleh interval transformator 45 hari, isolator 69 hari, fuse cut out 52 hari, pemegang fuse 64 hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Abdul Wahid Nuruddin, ST., MT, selaku Kaprodi Teknik Industri UNIROW Tuban, juga selaku dosen pembimbing, bapak Junaidhi selaku Manajer PT. PLN (Persero) Rayon Tuban, Bapak Regim Herico Ludi Sunu selaku Kepala Teknik PT PLN (Persero) Tuban sekaligus pembimbing lapangan, Seluruh karyawan teknik PT. PLN (Persero), Kedua orang tuaku, Mualifatul Munawaroh, Teman-teman Seperjuangan Teknik Indutri angkatan 2014-A, teman-teman PPIC Squad yang sama-sama berjuang menuju kesuksesan.

REFERENSI

- Dari buku**
- [1] Ansori, Nachnul., dan Mustajib, M. Imron. 2013. Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System). Edisi Pertama-Yogyakarta: Graha Ilmu.
 - [2] Pranoto, Hadi. 2015. Reliability Centered Maintenance. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Dari Jurnal**

- [1] Sarashvati, Shanti, Made., Alhilman, Judi., Nopendri. 2017. *Optimalisasi Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Dan Perencanaan Pengelolaan Suku Cadang Menggunakan RCS (Reliability Centered Spares) Pada Continuous Casting Machine 3 Slab Steel Plant di PT Krakatau Steel (Persero) Tbk.* e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.2 Agustus 2017 | Page 2916 [2]

Dari Skripsi/Thesis/Disertasi yang tidak diterbitkan

- [1] Mahfud, Mekail, Elman. 2017. *Perancangan Sistem Pemeliharaan Pada Mesin Tenun Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT. Kesono Indonesia).* Skripsi Tidak Diterbitkn. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.