

Analisis Perawatan Mesin Batching Plant Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

Muhammad Naufal Al Farisi¹, Ahmad Syuhri², Nasrul Ilminnafik³

¹Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: naufalalfarisi1712@gmail.com

Abstrak: Mesin batching plant adalah mesin yang besar dan kompleks untuk membuat beton cair maupun padat. Pada perusahaan beton masih terjadi banyak downtime. Penelitian saya akan memberikan rekomendasi berupa penerapan preventive maintenance terhadap mesin batching plant. Reliability Centered Maintenance adalah metode untuk mendapatkan preventive maintenance dengan berdasar pada nilai keandalan mesin. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai availability pada komponen gearbox sebesar 99.33%, untuk komponen bucket mixer sebesar 99.88%, komponen seal sebesar 99.78% dan komponen pillow block dengan nilai availability sebesar 99.88% maka didapatkan nilai rata rata availability setelah dilakukan penerapan metode RCM adalah 99.71% .

Kata kunci: *Availability, Downtime, Reliability Centered Maintenance.*

Abstract: Batching plant machines are large and complex machines for making liquid and solid concrete. There is still a lot of downtime in concrete companies. My research will provide recommendations in the form of applying preventive maintenance to batching plant machines. Reliability Centered Maintenance is a method to get preventive maintenance based on the reliability value of the machine. The results of this study show that the availability value of the gearbox component is 99.33%, for the bucket mixer component is 99.88%, the seal component is 99.78% and the pillow block component is 99.88%, so the average availability value after applying the RCM method is 99.71. %.

Keywords: *Availability, Downtime, Reliability Centered Maintenance.*

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunan ekonomi. Pembangunan ekonomi dapat meningkat dengan cara memberikan infrastruktur yang dibutuhkan. (Rahmat dkk,2016) bahwa beton merupakan struktur dasar yang penting dan dominan pada pembuatan infrastruktur dan bangunan. Maka untuk menunjang pembangunan infrastruktur, beton merupakan hal yang penting.

Menurut (Firni,2015) bahwa Mesin batching plant merupakan alat yang digunakan untuk membuat ready mix concrete / beton jadi yang dilengkapi alat berupa mixer, generator dan loader. Setiap sistem memiliki komponennya tersendiri seperti gearbox, transmisi dan komponen lainnya agar mesin batching plant dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diinginkan. Komponen pada mesin batching plant jika dalam produksi mengalami kerusakan atau kegagalan fungsi akan menimbulkan downtime yang berkepanjangan. Menurut (Claudia dan Felecia,2017) downtime merupakan waktu pada saat mesin terhambat atau mengalami gangguan pada saat proses produksi berlangsung. Mesin batching plant memiliki downtime yang tinggi, tercatat pada bulan Januari - November 2019 ada 58 kerusakan. Ini dikarenakan di perusahaan masih menerapkan sistem maintenance dengan cara penggantian pada saat kerusakan mesin terjadi (corrective maintenance). Untuk mengurangi nilai dan frekuensi downtime tersebut maka perusahaan perlu menerapkan maintenance dengan metode Reliability Centered Maintenance. (Bhakti,2017) Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan rekomendasi tindakan perawatan yang dihasilkan dengan pendekatan reliability sebagai tindakan perencanaan masing masing mode kegagalan komponen. Menurut (Ebeling,1997) Reliability adalah berfungsinya suatu komponen atau sistem melakukan fungsinya pada saat dioperasikan dengan optimal dalam jangka waktu tertentu. RCM juga melakukan pendekatan menggunakan analisa kuantitatif dan kualitatif sehingga memungkinkan menelusuri penyebab kegagalan, mode kegagalan dan memberikan solusi yang tepat sesuai dengan

Analisis Perawatan Mesin Batching Plant Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM).....

permasalahan. (Yavuz dkk,2019) keuntungan dari Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah dapat menentukan kemampuan mesin melakukan tugasnya secara efisien sesuai pada keseluruhan dari peralatan tersebut. Analisa kualitatif pada RCM menggunakan bantuan metode FMEA (Failure mode and effects analysis). (Huang dan Xiao,2020) bahwa failure mode and effects analysis (FMEA) adalah instrumen yang penting dalam manajemen kualitas proaktif untuk meningkatkan nilai keandalan dari suatu sistem, metode FMEA dapat menentukan mode kegagalan dan penyebab kegagalan pada tiap komponen yang ingin dianalisis dan dapat memberikan hasil berupa urutan komponen yang kritis dan solusi yang tepat untuk meningkatkan nilai keandalan dari mesin tersebut. Analisa kuantitatif yang digunakan berupa Interval waktu untuk menentukan kapan sebaiknya mesin dilakukan perawatan. Nilai keandalan adalah point penting untuk menentukan interval waktu pengecekan. Dengan bantuan nilai MTTR (Mean Time To Repair) dan MTTF (Mean Time To Failure) dapat menentukan nilai keandalan yang optimal untuk setiap komponen tersebut.

Menurut (Ahmadi dan Hidayah,2017) meneliti tentang analisis pemeliharaan mesin blow mould dengan metode RCM di PT. CCAI. Hasil yang diperoleh adalah dengan menggunakan interval waktu yang optimal pada mesin blow mould akan terjadi penurunan downtime komponen sebesar 1.56% dan peningkatan availability sebesar 1.56%. (Hamim dkk,2017) meneliti tentang usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Hasil yang diperoleh adalah perbandingan perawatan dapat dilihat adanya potensi penurunan rata – rata downtime sebesar 11,33% dari perawatan yang dilakukan perusahaan sekarang dengan usulan yang dilakukan peneliti. (Sariyusda,2018) meneliti tentang analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) Rel Conveyor pada Mesin Oven BTU Pyramax 150N di PT. Flextronics Teknologi Indonesia - Batam. Hasil yang diperoleh adalah dalam conveyor didapatkan tiga komponen kritis yaitu rantai conveyor, jaring baja dan alur poros melintang yang memerlukan kegiatan preventive maintenance dan condition based maintenance yang lebih banyak untuk memastikan ketersediaan alat. Dari penelitian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis perawatan dengan menggunakan RCM dapat menurunkan downtime dan cocok diterapkan pada mesin batching plant.

METODE

Objek Penelitian

Objek yang akan diteliti pada penelitian ini adalah sistem mixer pada mesin *batching plant* beton.



Gambar 1. Mesin *Batching Plant*

FBD (*Function Block Diagram*)

Suatu sistem dapat dideskripsikan dengan fungsi dari komponen yang terdapat didalamnya. FBD sistem mixer mesin batching plant akan menunjukkan fungsi dari sistem mixer pada mesin pembuat beton.

Pendeskripsian fungsi komponen dan kegagalan fungsi menggunakan FMEA

Penyusunan FMEA sheet yang merupakan proses identifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari mesin batching plant yang mungkin terjadi. FMEA sendiri sangat penting fungsinya pada metode RCM karena dapat mencari komponen mana yang paling kritis.

Uji Distribusi

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, uji distribusi dilakukan terhadap waktu perbaikan, waktu antar perbaikan, dan frekuensi kerusakan mesin dengan menggunakan excel. Hasil dari uji distribusi tersebut berupa nilai r / Index of Fit, nilai yang paling tinggi dari tiap distribusi akan dilanjutkan ketahap berikutnya.

Uji kecocokan Goodness of Fit

Uji kecocokan digunakan untuk membuktikan apakah nilai Index of Fit distribusi yang sudah di cari benar cocok untuk diterapkan pada komponen tersebut.

Perhitungan parameter MTTR dan MTTF

Dilakukan untuk mencari nilai MTTF dan MTTR, parameter MTTF menggunakan input waktu mesin batching plant berfungsi tanpa adanya breakdown. Sedangkan untuk parameter MTTR menggunakan input waktu breakdown mesin batching plant.

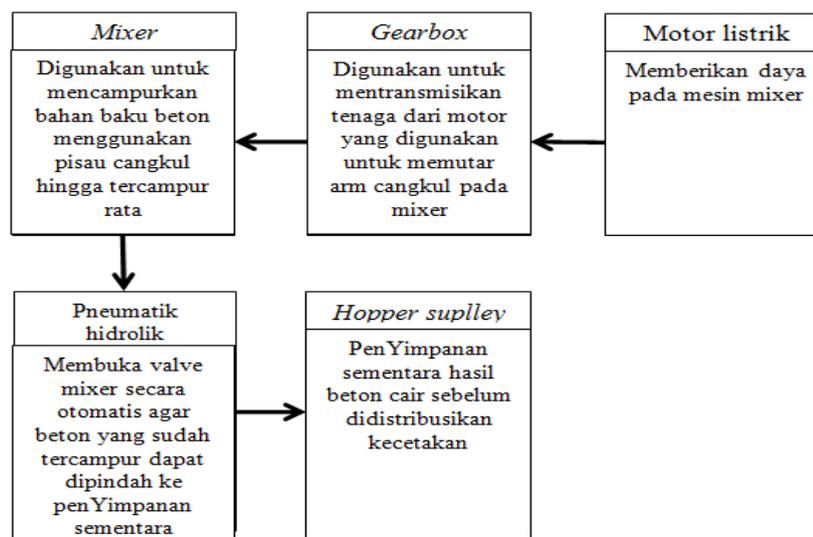
Penyusunan RCM worksheet

Tindakan perawatan yang sudah ditentukan pada tahap analisis kegagalan dengan FMEA, menambahkan waktu optimal pengecekan tiap komponen dan memberikan rekomendasi cara pengecekan pada tiap tiap komponen yang sudah dianalisis.

HASIL

Functional Block Diagram (FBD)

Function Block Diagram (FBD) dimaksudkan untuk mengidentifikasi bagian komponen utama dan fungsi dari sistem *mixer* yang terdapat pada mesin *batching plant*.



Gambar 2. FBD sistem *mixer*

Mengidentifikasi Fungsi dan efek menggunakan *Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi efek dan kegagalan fungsi yang terjadi pada tiap komponen saat proses produksi berjalan, dalam tahap ini juga akan dicari komponen kritis yang didapat dari perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

Tabel 1. *FMEA Worksheet*

FMEA Worksheet									
No	Komponen	Fungsi	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Gearbox	1 Untuk mentransmisikan daya agar am cangkul mixer berputar	A Tidak dapat menyalurkan Tenaga untuk memutar am cangkul	1 As pulley gearbox mixer patah	Mesin berhenti beroperasi, produk tidak tercampur dengan rata	7	3	6	126
				2 As gigi nanas mixer rusak		7	3	6	126
				3 As sprocket mixer putus		7	3	6	126
				5 Flanges mixer rusak		7	1	6	42
				6 Rantai gearbox putus		7	1	6	42
				Total RPN					

2	Seal Pneumatik	2 Berfungsi sebagai pengaman sistem pneumatik yang digunakan membuka valve pada bucket mixer secara otomatis	A kebocoran pada sistem pneumatik hidrolik yang mengakibatkan valve tidak dapat terbuka secara otomatis	1 Seal rusak dan bocor	Mesin berhenti beroperasi valve bucket mixer tidak dapat terbuka secara otomatis dan harus dibuka secara manual	4	3	5	60
3	Pillow block	3 Digunakan untuk menahan poros agar tetap pada dudukannya pada saat hopper supply menuangkan cairan beton	A Terjadinya gesekan antara poros dan dudukan yang dapat mengakibatkan poros patah dan jatuhnya hopper supply	1 Pillow block rusak	Mesin tetap beroperasi	3	3	1	9
4	Bucket mixer	4 Digunakan untuk tempat mengaduk bahan baku beton hingga tercampur	A Tidak dapat mengaduk rata bahan baku beton hingga tercampur	1 Penyangga cangkul patah	Mesin berhenti beroperasi, produk beton tidak tercampur rata	5	3	5	75

Berdasarkan Tabel 1. FMEA sistem *mixer* didapatkan bahwa nilai RPN dari 5 komponen yaitu *gearbox* sebesar 462, *bucket mixer* 75, *seal* hidrolis 60, dan *pillow block* 9. Hasil RPN yang paling tinggi menandakan bahwa *gearbox* harus diprioritaskan penanganan dalam hal perawatan mesin

Penentuan distribusi Kegagalan TTF dan TTR menggunakan metode *Least Square*

Distribusi kegagalan adalah informasi dasar dalam menentukan umur pakai suatu peralatan. Dalam pencarian umur pakai, data yang dihitung merupakan hasil pengukuran, maka data ini termasuk data kontinu. Oleh karena itu distribusi yang umum digunakan adalah distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Distribusi tersebut juga sudah teruji dalam perhitungan waktu ke waktu yang tidak konstan. Penentuan distribusi kegagalan pada tahap ini menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* yaitu penentuan dengan *r* terbesar atau *index of fit*. Berikut merupakan distribusi kegagalan pada tiap komponen di sistem *mixer*.

Tabel 2. Distribusi kegagalan

Komponen	TTF	TTR
<i>Gearbox</i>	Lognormal = 97.22%	Weibull = 97.52%
<i>Seal</i>	Weibull = 86.07%	Weibull = 91.33%
<i>Bucket mixer</i>	Lognormal = 99.98%	Lognormal = 96.54%
<i>Pillow block</i>	Weibull = 99.93%	Lognormal = 88.68%

Dari tabel diatas didapatkan bahwa komponen *gearbox* untuk perhitungan ttf menggunakan distribusi lognormal dan ttr distribusi weibull, komponen *seal* perhitungan ttf dan ttr menggunakan weibull, komponen *bucket mixer* perhitungan ttf dan ttr menggunakan lognormal, dan untuk komponen *pillow block* perhitungan ttf memakai weibull dan ttr menggunakan lognormal

Uji kecocokan *Goodness of fit* pada disrtibusi TTF dan TTR

Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data TTF dan TTR ini digunakan untuk membuktikan hipotesis pada pola yang sudah dipilih di *index of fit*. Pada Hipotesis untuk uji *Goodness of Fit* adalah :

H0 : Data TTF dan TTR berdistribusi spesifik

H1 : Data TTF dan TTR tidak berdistribusi spesifik

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila $D_{hitung} < D_{tabel}$

Tabel 3. Uji *Goodness of Fit*

Komponen	Goodness of Fit TTF	Dtabel / Ftabel TTF	Goodness of Fit TTR	Dtabel / Ftabel TTR
<i>Gearbox</i>	0.2054	0,3229	1.071	2.46
<i>Seal</i>	1.25	6.26	0.28297	0.624
<i>Bucket mixer</i>	0.4949	0,708	1.20	4.95
<i>Pillow block</i>	1.5	18.51	0.5	0.624

Dari tabel diatas didapatkan bahwa nilai *goodness of fit* lebih kecil dari nilai Ftabel/Dtabel maka kesimpulannya bahwa H0 Diterima jadi distribusi yang sudah didapatkan sebelum uji kecocokan diterima

Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF)

Perhitungan MTTR dan MTTF dilakukan dengan cara mencari tiap parameter dan akan dimasukkan ke rumus yang sudah tersedia pada tiap distribusi yang sudah dilakukan uji *goodness of fit*.

Tabel 4. Nilai MTTF dan MTTR

Komponen	Parameter MTTF	MTTF	Parameter MTTR	MTTR
<i>Gearbox</i>	Tmed = 181.712 s = 1.30830	427.625	$\theta = 3.67815$ $\beta = 1.61992$ $\alpha = -2.1098$	3.2941
<i>Seal</i>	$\theta = 909.57$ $\beta = -18.131$ $\alpha = 123.526$	941.404	$\theta = 0.9013$ $\beta = 2.860$ $\alpha = 0.29732$	0.8032
<i>Bucket mixer</i>	Tmed = 962.63 s = 0.7215	1248.815	Tmed = 2.06 s = 0.08123	2.067
<i>Pillow block</i>	$\theta = 2518.38$ $\beta = 0.53650$ $\alpha = -4.20153$	4459.30	Tmed = 0.7071 s = 0.16015	0.71622

Perhitungan Interval Waktu Pengecekan, Age of Replacement dan nilai Availability

Setelah didapatkan nilai MTTF dan MTTR tiap komponen, kemudian menghitung interval waktu pengecekan, *age of replacement* dan *availability* untuk mengetahui pengecekan dan umur masa pakai yang optimal untuk tiap komponen serta nilai ketersediannya

Tabel 5. Interval waktu pengecekan, *age of replacement* dan nilai *availability*

Komponen	Interval pengecekan (Jam)	Age of Replacement (Jam)	Availability
<i>Gearbox</i>	176	560	99.33%
<i>Seal</i>	348	700	99.88 %
<i>Bucket mixer</i>	528	1000	99.78 %
<i>Pillow block</i>	880	1900	99.88 %
<i>Rata-rata</i>			99.71%

Dari tabel di atas didapatkan waktu interval pengecekan pada komponen *gearbox* sebesar 176 jam atau 7 hari sekali dengan umur penggantian 560 jam, komponen *bucket mixer* sebesar 528 jam atau 1 bulan sekali dengan umur penggantian 1000 jam, komponen *seal* sebesar 348 jam atau 15 hari sekali dengan umur penggantian 700 jam dan komponen *pillow block* sebesar 880 jam atau 6 minggu sekali dengan umur penggantian 1900 jam. setelah didapatkan interval pengecekan lalu dicari nilai *availability*, didapatkan pada komponen *gearbox* sebesar 0.9939 atau 99.33%, untuk komponen *bucket mixer* sebesar

0.9988 atau 99.88%, komponen *seal* sebesar 0.9978 atau 99.78% dan komponen *pillow block* dengan nilai *availability* sebesar 0.9988 atau 99.88% maka didapatkan nilai rata rata *availability* setelah dilakukan penerapan metode RCM adalah 99.71%

PEMBAHASAN

Reliability Centered Maintenance(RCM) II Decision Worksheet

Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode*. Setelah melakukan analisis dengan metode kuantitatif dan kualitatif berikutnya adalah dilakukan pengambilan keputusan perawatan.

Tabel 6. Reliability Centered Maintenance (RCM) II Decision Worksheet

RCM II Decision Worksheet		Sistem : Mixer																
		Komponen : Gearbox, bucket mixer, seal, Pillow block																
Komponen	Information Reference			Conseque Evaluation				H1	H2	H3	Default Action					Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be Done by
								S1	S2	S3								
	O1	O2	O3															
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5						
Gearbox	1	A	1	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	-	Scheduled on condition task	176	Mekanik	
			2															
			3															
			4															
			5															
			6															
Bucket mixer	4	A	1	Y	Y	-	-	N	Y	-	-	-	-	Scheduled restoration task	520	Mekanik		
Seal	2	A	1	Y	Y	-	-	Y	-	-	-	-	-	Scheduled on condition task	348	Mekanik		
Pillow block	3	A	1	Y	N	Y	-	N	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	1900	Operator		

Dari tabel 6. diatas diambil kesimpulan bahwa untuk komponen *gearbox* memakai rekomendasi *scheduled on condition task* atau dilakukan penjadwalan untuk melihat kondisi dari *gearboxnya* dengan cara diliat getarannya, untuk *bucket mixer* direkomendasikan memakai *schedule restoration task* atau dilakukannya penjadwalan dimana tidak dilihat kondisi komponen langsung di lakukan perbaikan dan untuk *pillow block* dilakukan rekomendasi *schedule discard task* atau rekomendasi dimana dilakukan penjadwalan langsung peggantian komponen. Untuk pengecekannya sendiri dapat dilihat pada tabel selanjutnya.

Tabel 7. Prosedur Pengecekan Komponen

Komponen	Proposed task
<i>Gearbox</i>	<p><i>Scheduled on condition task</i></p> <p>Pengecekan getaran dengan menggunakan <i>vibration meter</i></p> <p>Cara kerja :</p> <p>Hidupkan alat <i>vibration meter</i></p> <p>Pilih satuan yang diinginkan (cth: mm/s)</p> <p>Tempelkan <i>vibration</i> sensor ke permukaan yang rata lalu tahan selama beberapa detik hingga angka tidak berubah, sensor akan mengirimkan data ke unit pembaca.</p> <p><i>Vibration</i> meter akan menunjukkan berapa getaran dari komponen tersebut</p> <p>Lakukan pengecekan apakah hasil getaran sudah di ambang batas standar yang ditentukan. (tergantung standarisasi yang diikuti oleh perusahaan)</p> <p>Jika sudah diambang batas lakukan penggantian pada komponen.</p>
<i>Bucket mixer</i>	<p><i>Scheduled restoration task</i></p> <p>Cek Arm cangkul secara teliti, kencangkan pisau yang sudah terpasang dengan arm cangkul</p>
<i>Seal</i>	<p><i>Scheduled on condition task</i></p> <p>Cek <i>seal</i> apakah sudah aus dan lihat <i>age of replacement</i>, jika sudah mencapai waktu <i>age of replacement</i> ganti <i>seal</i> dengan yang baru</p>
<i>Pillow block</i>	<p><i>Scheduled discard task</i></p> <p>Mengganti komponen <i>pillow block</i> sebelum <i>age of replacement</i></p>

PENUTUP

Komponen yang memiliki nilai RPN tinggi adalah komponen kritis, nilai paling tinggi yang didapat dari FMEA adalah komponen gearbox dengan nilai RPN 462, Maka komponen yang paling kritis dan perlu perawatan lebih lanjut adalah gearbox. Dari penelitian ini didapatkan juga Perancangan penjadwalan berupa interval pengecekan setelah dilakukan analisa pada downtime, diperoleh waktu interval pengecekan pada komponen gearbox sebesar 176 jam atau 7 hari sekali dengan umur penggantian 560 jam, komponen bucket mixer sebesar 528 jam atau 1 bulan sekali dengan umur penggantian 1000 jam, komponen seal sebesar 348 jam atau 15 hari sekali dengan umur penggantian 700 jam dan komponen pillow block sebesar 880 jam atau 6 minggu sekali dengan umur penggantian 1900 jam, dan didapatkan Nilai availability pada sistem mixer pada komponen gearbox sebesar 0.9939 atau 99.33%, untuk komponen bucket mixer sebesar 0.9988 atau 99.88%, komponen seal sebesar 0.9978 atau 99.78% dan komponen pillow block dengan nilai availability sebesar 0.9988 atau 99.88% maka didapatkan nilai rata rata availability setelah dilakukan penerapan metode RCM adalah 99.71%. Nilai availability pada sistem mixer dapat dijadikan acuan sebagai pembanding metode RCM dengan metode perawatan yang digunakan pada perusahaan .

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmadi, N., dan N. Y. Hidayah. 2017. Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT CCAI. Jurnal Optimasi Sistem Industri. 16(2): 167-176.
- Bhakti, R. 2017. Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Pulverizer (Studi Kasus : PLTU Paiton Unit 3). Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Claudia, J., dan Felecia. 2017. Pengurangan Downtime Mesin Offset di PT X. Jurnal Titra. 5(2): 131-136.

- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. New york: McGraw-Hill International.
- Firmi, E. A. 2015. *Analisis Kapasitas Batching Plant Tanah Abang PT. Adhimix Precast Indonesia*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada.
- Hamim, R., A. K. Garside, dan H. M. Kholik. 2017. *Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. *Jurnal Teknik Industri*. 18(1): 83-92.
- Huang, G., dan L. Xiao. 2020. *Failure mode and effect analysis: An interval-valued intuitionistic fuzzy cloud theory-based method*. *Applied Soft Computing Journal*
- Rahmat., I. Hendriyani, dan M. S. Anwar. 2016. *Analisis Kekuatan Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced dan Accelerated Admixture*. *Jurnal Teknik*.7(2): 205-218.
- Sariyusda. 2018. *Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) Rel Conveyor pada Mesin Oven BTU Pyramax 150N di PT. Flextronics Teknologi Indonesia - Batam*. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(1): 33-41.
- Yavuz, O., E. Dögan, E. Carus, dan A. Görgülü. 2019. *Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry*. 158: 227-234.