Perancangan Kebijakan Pemeliharaan Mesin *Grate Cooler* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (Rcm) Ii Dan Menentukan Rancangan *Min-Max Stock* Pada Unit *Kiln* Di Pt. Semen Padang

1st Muhammad Aviv
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
avivun@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Endang Budiasih
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

3rd Nopendri
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nopendri@telkomuniversity.ac.id

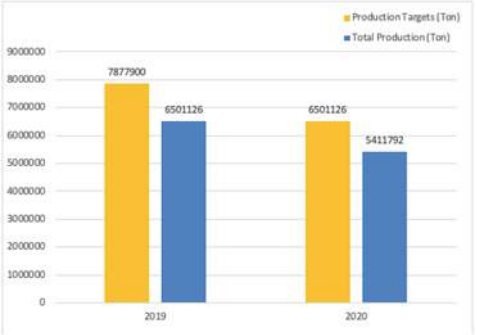
Abstrak*—PT Semen Padang merupakan salah satu perusahaan semen di Indonesia yang terletak di Padang, Sumatera Barat. Perusahaan ini bergerak di bidang industri semen. Pada tahun 2019 dan 2020 PT. Semen Padang mengalami penurunan produksi sehingga tidak tercapainya target produksi. Mesin Great Cooler mengalami downtime dikarenakan penerapan preventive maintenance dan penentuan kebijakan inventory yang belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan analisis dari metode Reliability Centered Maintenance (RRCM) II dan Min-Max Stock untuk mendapatkan usulan kebijakan interval waktu pemeliharaan serta kebijakan dalam menentukan jumlah inventory. Dalam menentukan komponen kritis, penelitian ini menggunakan metode FMEA dan sub sistem yang terpilih adalah sub sistem mekanik dengan 2 komponen kritis yaitu hidrolic actuator dan bearing running axle. Dengan menggunakan metode RRCM II, maka diperoleh proposed maintenance task untuk interval waktu pemeliharaan secara berkala. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh satu proposed maintenance task yaitu Scheduled on-Condition Task untuk komponen hidrolic actuator dan bearing running axle. Pada komponen hidrolic actuator dilakukan perbaikan dalam interval 1 bulan sekali, dan untuk komponen bearing running axle dilakukan perbaikan dalam interval 9 bulan sekali. Dalam melakukan perbaikan pada komponen, perlu memperhatikan persediaan inventory di gudang. Dengan menggunakan metode Min-Max Stock, maka dapat menentukan kebijakan persediaan inventory untuk komponen hidrolic actuator dan bearing running axle. Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh jumlah kebutuhan minimum dari komponen hidrolic actuator berjumlah 5 unit dan kebutuhan maksimum berjumlah 8 unit, namun jika sudah mencapai titik minimum dari jumlah kebutuhan komponen hidrolic actuator, maka dapat memesan kembali (reorder point) sebanyak 5 unit. Sedangkan, jumlah kebutuhan minimum dari komponen bearing running axle berjumlah 3 unit dan kebutuhan maksimum berjumlah 4 unit, namun jika sudah mencapai titik minimum dari jumlah kebutuhan komponen bearing running axle, maka dapat memesan kembali (reorder point) sebanyak 3 unit

Kata kunci— Maintenance, Failure Mode and Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance II, Min-Max Stock

I. PENDAHULUAN

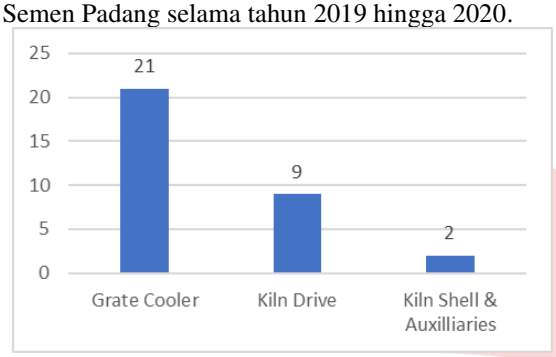
PT. Semen Padang merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang berdiri sejak 1910 dengan sebelumnya memiliki nama NV Nederlandsch Portland Cement Maatschappij (NV NIIPCM). Perusahaan ini terletak di Padang, Sumatera Barat. Perusahaan ini bergerak di bidang industri semen.

Dalam menjalankan proses produksinya, PT. Semen Padang memiliki beberapa Unit produksi seperti, Unit *Limestone Mining* (Penambangan Batu Kapur), *Raw Mill*, *Kiln*, *Cement Mill*, dan *Finishing*. Proses produksi PT. Semen Padang dilakukan dengan beberapa tahap proses yang dimulai dengan *limestone mining* sampai pada proses *finishing*. Salah satu proses yang memiliki peranan besar dalam proses produksi adalah proses pada Unit *Kiln.* Pada tahun 2019 dan 2020 produksi semen mencapai angka ±7 juta semen, jumlah produksi semen dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1.
Total produksi PT. Semen Padang tahun 2019 dan 2020

Pada Gambar 1. PT. Semen Padang mengalami penurunan produksi yang telah ditargetkan. Kegagalan perusahaan dalam memenuhi target produksi dikarenakan seringnya terjadi *downtime* mesin pada Unit *kiln* yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Dilihat dari data kerusakan pada Unit *kiln* mesin *grate cooler* selama tahun 2019 dan 2020 *downtime* yang tinggi mengakibatkan terhentinya proses produksi yang cukup tinggi sehingga target produksi tidak tercapai. Pada Gambar 2. menunjukkan jumlah frekuensi kerusakan mesin pada Unit *kiln* yang ada di PT. Semen Padang selama tahun 2019 hingga 2020.



GAMBAR 2.
Frekuensi kerusakan mesin pada Unit kiln

Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa mesin *grate cooler* memiliki *downtime* tertinggi dengan jumlah lebih dari 10.236 jam *downtime.* Pemilihan ini dilakukan sebagai acuan data mesin yang digunakan agar dapat diterapkannya kebijakan *preventive* pada keseluruhan mesin penyusun mesin *kiln*. Maka dalam mendukung penyempurnaan penelitian ini dapat menggunakan metode RCM II untuk menentukan interval waktu pemelihraan dan metode *Min-Max Stock* untuk menentukan ketersediaan suku cadang.

II. KAJIAN TEORI

A. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah *tools* yang digunakan untuk mengevaluasi komponen berdasarkan mode kegagalannya serta pengaruhnya terhadap kegagalan sistem (Yassaad et al., 2014). Fungsi FMEA yaitu untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang menyebabkan kegagalan fungsi dan untuk memamastikan pengaruh dari kegagalan tersebut. Prioritas pada mode kegagalan dapat diatur sesuai dengan nomor prioritas risiko (RPN) dengan mengalikan tingkat keparahan.

B. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II

RCM II merupakan serangkaian tugas yang dihasilkan berdasarkan evaluasi sistematis yang digunakan untuk mengembangkan dan mengoptimalkan program pemeliharaan. Metode RCM II menggabungkan analisis kualitatif berupa lembar kerja keputusan FMEA dan RCM II yang kemudian akan digunakan untuk menentukan interval waktu pemeliharaan sesuai dengan fungsi dan sistem mesin tersebut. Dalam menentukan RCM II *Decision Worksheet* merupakan kegiatan pemeliharaan yang tepat untuk mencegah mode kegagalan.

C. *Min-Max Stock*

Min-Max Stock merupakan metode yang digunakan untuk mengendalikan persediaan suku cadang dengan menentukan minimum dam maksimum stok, yang bertujuan untuk menghindari kekurangan atau kelebihan suku cadang. Cara perhitungan dengan menggunakan metode *Min-Max Stock*:

Safety Stock = (Pemakaian Maksimum - T) x C
Min Stock = (T x C) + S
Max Stock = 2 x (T x C)

Keterangan:
T = rata-rata pemakaian per periode tertentu (unit)
C = *Lead Time* (bulan)
S = *Safety Stock* (unit)

D. *Reorder Point*

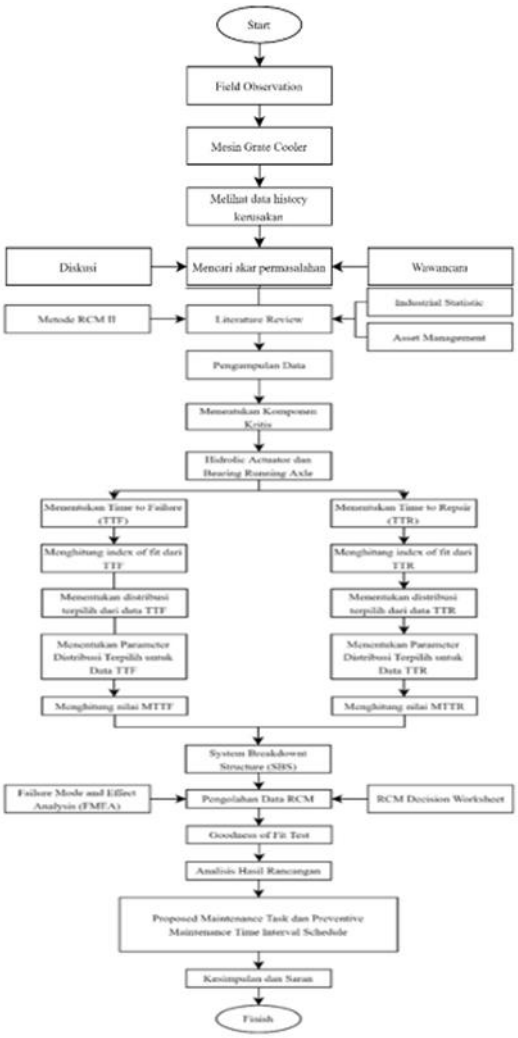
Reorder Point merupakan batasan untuk melakukan persediaan dan menentukan pemesanan ulang. Dalam menghitung *reoder point* tergantung pada lamanya *lead time,* rata-rata pemakaian, dan *safety stock.* Berikut merupakan rumus untuk menghitung *reorder point.*

$$ROP = (AU \times LT) + SS$$

Keterangan:
AU = Rata-rata pemakaian per periode tertentu (unit)
LT = *Lead Time* (bulan)
SS = *Safety Stock* (unit)

III. METODE

Tahapan perancangan menggambarkan untuk memecahkan masalah dalam mecapai tujuan penelitian ini. Dalam menentukan interval waktu pemeliharaan dan ketersediaan diagram alir di bawah ini menunjukkan tahapan perancangan dalam tugas akhir ini. Gambar 3. merupakan langkah-langkah penentuan interval waktu pemeliharaan dan penentuan persediaan *inventory.*



GAMBAR 3.
Metodologi Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Komponen Kritis

Menentukan komponen kritis dengan tujuan untuk mengetahui komonen apa saja yang akan menjadi fokus pada penelitian. Metode yang digunakan dalam menentukan komponen kritis yaitu membuat *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), kemudian menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap komponen mesin *Grate Cooler.* Nilai RPN dikategorikan menjadi tiga faktor yaitu *severity, occurrence,* dan *detection.* Pada setiap kategori memiliki *rank* penilaian yaitu *ranking* 1-10. Semakin kecil nilai RPN maka sistem mesin semakin baik, sedangkan jika nilai RPN semakin besar maka sistem mesin semakin buruk. Sehingga, dengan perhitungan RPN dapat mengetahui prioritas utama yang menjadi fokus untuk dilakukannya perbaikan. Pada penelitian ini diketahui bahwa RPN tertinggi yaitu pada komponen *Hidrolic Actuator* dan *Bearing Running Axle.* Tabel 1. Merupakan contoh tabel analasis FMEA dan nilai RPN pada komponen kritis yang ada pada mesin *Grate Cooler,*

B. Penentuan RCM II *Decision Worksheet*

Perhitungan RCM II *Decision Worksheet* yang berasal dari penggabungan Analisa tabel FMEA dan RCM *decision diagram* untuk menentukan usulan *task* kegiatan pemeliharaan pada komponen kritis Pada Tabel 2 merupakan tabel perhitungan RCM II *Decision Worksheet* pada mesin *Grate Cooler*.

C. Perhitungan MTTF dan MTTR

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan rata-rata waktu kegagalan dari suatu komponen atau sistem yang beroperasi pada kondisi normal.

TABEL 3.
MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTF (Jam)
Hidrolic Actuator	Normal	μ	1343.54	1343.54
		σ	813.862	
Bearing Running Axle	Weibull	η	1416.22	12405.142
		β	0.303781	

Mean Time to Repair (MTTR) adalah rata-rata selang waktu kerusakan dari probabilitas waktu perbaikan untuk komponen yang rusak hingga komponen berfungsi kembali.

TABEL 4.
MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTR (Jam)
Hidrolic Actuator	Eksponensial	μ	6.43	6.43
Bearing Running Axle	Eksponensial	μ	11.7	5.85

D. Interval Waktu Pemeliharaan

Interval waktu pemeliharaan didapatkan adri hasil *proposed maintenancae task* pada RCM II *Decision Worksheet.* Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa kedua kompone kritis mesin *Grate Cooler* mendapatkan hasil *Scheduled on-Condition,* sehingga kegiatan pemeliharaan yang dilakukan yaitu melakukan pengecekan komponen yang memiliki potensi kegagalan sehingga dilakukan perbaikan untuk menghilangkan kagagalan tersebut. Tabel 5. merupakan hasil usulan interval waktu pemeliharaan pada komponen *Hidrolic Actuator* dan *Bearing Running Axle.*

TABEL 1.
Failure Mode and Effect Analysis

No	*Equipment*	*Function* (F)	*Function Failure* (FF)	*Failure Mode* (FM)	*Effect of Failure*	FMEA			
						S	O	D	RPN
1	*Hidrolic Actuator*	(1) Mendinginkan klinker	(1) Gesekan hidrolic piston menjadi kasar	(1) Kurangnya minyak/pelumas pada hidrolic	(1) Terjadinya trip pada grate	9	7	5	**315**
			(2) Tidak berfungsinya Actuator	(2) Sprocket pada actuator sudah aus	(2) Klinker menumpuk di bagian awal pada grate cooler dan tidak bergerak semestinya				
			(3) Terjadinya stop/error pada part number 4W1K45M1 di komponen hidrolic actuator	(3) Terjadinya gagal fungsi gead pada grate cooler	(3) Material klinker menumpuk dan tidak dingin pada area Coal Mill				
			(4) Stang join pada Grate III patah	(4) Stang join yang sudah aus	(4) Material tidak bergerak dalam grate cooler				
			(5) Hidrolic actuator kotor	(5) Material tidak berpindah	(4) Material tidak bergerak dalam grate cooler				
			(6) Connection power (EL) pada antara hidrolic actuator dan grate cooler rusak	(6) Kurangnya pemeliharaan dari pihak departemen kelistrikan	(6) Mengubah pengaturan pengoperasian pada grate cooler				
2	*Bearing Running Axle*	(2) Mengurangi gesekan yang terjadi antara poros yang berputar dengan tumpuannya	(1) Bearing sudah mulai menipis dan aus	(1) Terlalu banyak debu dan gas panas yang di serap	(1) Mengeluarkan debu atau gas panas ke udara dan putaran speed shell kiln tidak stabil	7	6	4	**168**
			(2) Bearing Motor High Speed tidak berputar	(2) Kurangnya pemeliharaan dari pihak maintenance	(2) Gas panas tidak mengalir dengan baik				
			(3) Bearing PH Fan J1P05X92 rusak	(3) Bantalan bearing sudah aus dan tidak bisa menahan gas panas yang berlebihan	(3) Terjadi getaran yang kuat karena tidak ada bantalan sehingga bearing rusak dan tidak berfungsi kembali				

TABEL 2.
Reliability Centered Maintenance (RCM) *Decision Worksheet*

RCM ***Decision Worksheet***			Sistem: Grate Cooler													*Sheet No*: 1	
			Sub Sistem: *Hidrolic Actuator* dan *Bearing Running Axle*														
			Fungsi Sub Sistem: -													*Of*: 1	
Information Reference					*Consequence Evaluation*				H1	H2	H3	*Default Action*			*Proposed Task*	*Can Done By*	
									S1	S2	S3						
No	*Equipment*	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
									N1	N2	N3						
1	*Hidrolic Actuator*	(1)	(1) (2) (3) (4) (5) (6)	(1) (2) (3) (4) (5) (6)	Y	N	N	N	Y	-	-	-	-	-	*Scheduled on-Condition*	*Mechanic*	
2	*Bearing Running Axle*	(2)	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)	Y	N	N	N	Y	-	-	-	-	-	*Scheduled on-Condition*	*Mechanic*	

TABEL 3.
Hasil Interval Waktu Pemeliharaan *Scheduled on-Condition Task*

RCM *Decision Worksheet*	Sistem: Mesin Grate Cooler				Date: 07/07/22	Sheet No:1
	Sub Sistem: *Hidrolic Actuator* dan *Bearing Running Axle*					Of:1

Information Reference					*Proposed Maintenance Task*	P-F Interval (MTTF)	Interval Time (Jam)	Interval Time (Bulan)	Can Done By
Komponen	F	FF		*Failure Mode*					
Hidrolic Actuator	1	1	1	Kurangnya minyak/pelumas pada hidrolic	*Scheduled on-Condition*	1343.54	671.77	0.933 ≈ 1	*Mechanic*
		2	2	Sprocket pada actuator sudah aus					
		3	3	Terjadinya gagal fungsi gead pada grate cooler					
		4	4	Stang join yang sudah aus					
		5	5	Material tidak berpindah					
		6	6	Kurangnya pemeliharaan dari pihak departemen kelistrikan					
Bearing Running Axle	2	1	1	Terlalu banyak debu dan gas panas yang di serap	*Scheduled on-Condition*	12405.14	6202.57	8.615 ≈ 9	*Mechanic*
		2	2	Kurangnya pemeliharaan dari pihak maintenance					
		3	3	Bantalan bearing sudah aus dan tidak bisa menahan gas panas yang berlebihan					

Pada penelitian ini didapatkan interval waktu pemeliharaan pada komponen *Hidrolic Actuator* slama 1 bulan dan pada komponen *Bearing Running Axle* selama 9 bulan.

E. Penentuan Kebijakan *Inventory*

Menentukan kebijakan *inventory* dapat menggunakan metode *Min-Max Stock* dan *Reorder Point.* Dalam menentukan hasil *Min-Max Stock* diperlukan data *Safety Stock* untuk mengatasi perubahan dan peningkatan pemakaian komponen secara tiba-tiba atau komponen yang dipesan mengalami keterlambatan. Tabel menunjukkan data pemakaian dan waktu pengiriman (*lead time*) *hydraulic actuator,* dan *bearing running axle* dari tahun 2019 hingga 2020.

TABEL 4.
Lead Time

Komponen	Tahun		Lead Time (Bulan)
	2019	2020	
Hidrolic Atuator	3	5	1
Bearing Running Axle	1	1	2

Berikut merupakan perhitungan dalam menentukan kebijakan *inventory* untuk tiap-tiap komponen.

1. *Hydraulic Actuator*

Lead Time (LT) = 1 bulan
Pemakaian Maksimum = 5
Rata-Rata Pemakaian = 4
Safety Stock = (Pemakian Maksimum – Rata-Rata Pemakaian) x LT
= (5 - 4) x 1
= 1 Unit
Minimum Stock = (Rata-Rata Pemakaian x LT) + *Safety Stock*
= (4 x 1) + 1
= 5 Unit
Maximum Stock = 2 x (Rata-Rata Pemakaian x LT)
= 2 x (4 x 1)
= 8 Unit
Reorder Point = (Rata-Rata Pemakaian x LT) + *Safety Stock*
= (4 x 1) + 1
= 5 Unit

2. *Bearing Running Axle*

Lead Time (LT) = 2 bulan
Pemakaian Maksimum = 1
Rata-Rata Pemakaian = 1
Safety Stock = (Pemakian Maksimum – Rata-Rata Pemakaian) x LT
= (1 - 1) x 2
= 1 Unit
Minimum Stock = (Rata-Rata Pemakaian x LT) + *Safety Stock*
= (1 x 2) + 1
= 3 Unit
Maximum Stock = 2 x (Rata-Rata Pemakaian x LT)
= 2 x (1 x 2)
= 4 Unit
Reorder Point = (Rata-Rata Pemakaian x LT) + *Safety Stock*
= (1 x 2) + 1
= 3 Unit

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Min-Max Stock,* dan *Reorder Point,* maka didapatkan jumlah *inventory* yang dibutuhkan untuk setiap komponen kritis. Berikut merupakan persediaan *minimum, maximum,* dan *reorder point* yang dibutuhkan perusahaan.

TABEL 5.
Min-Max Stock

Komponen	Min Stock	Max Stock	Reorder Point
hidrolic actuator	5	8	5
bearing running axle	3	4	3

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penilaian menggunakan metode FMEA dan RPN maka subsistem yang terpilih pada mesin *Grate Cooler* adalah subsistem mekanik dengan 2 kompone kritis yaitu *hidrolic actuator* dan *bearing running axle*. Sehingga diperoleh hasil *Proposed Maintenance Task* untuk komponen kritis yaitu *Scheduled on-Condition Task* untuk komponen *hidrolic actuator* dan *bearing running axle.* Pada komponen *hidrolic actuator* dilakukan perbaikan dalam interval 1 bulan sekali, dan untuk komponen *bearing running axle* dilakukan perbaikan dalam interval 9 bulan sekali.

Selain itu erdasarkan hasil perhitungan *inventory analysis* dengan menggunakan metode *Min-Max Stock* dan *Reorder Point*, maka diperoleh jumlah kebutuhan minimum dari komponen *hidrolic actuator* berjumlah 5 unit dan kebutuhan maksimum berjumlah 8 unit, namun jika sudah mencapai titik minimum dari jumlah kebutuhan komponen *hidrolic actuator,* maka dapat memesan kembali (*reorder point*) sebanyak 5 unit. Sedangkan, jumlah kebutuhan minimum dari komponen *bearing running axle* berjumlah 3 unit dan kebutuhan maksimum berjumlah 4 unit, namun jika sudah mencapai titik minimum dari jumlah kebutuhan komponen *bearing running axle,* maka dapat memesan kembali (*reorder point*) sebanyak 3 unit.

REFERENSI

[1] Afiva, W. H., Atmaji, F. T., & Alhilman, J. (n.d.). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Perencanaan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis FMECA. *Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri),* 2019. doi:10.24853/jisi.7.2.123-131.

[2] Audoghe, A., Awosope, C., & Daramola, S. (2012). Critical Review of Reliability Centred Maintenance (RCM) for Asset Management in Electric Power Distribution System. *International Journal of Engineering and Technology*, 2, 6.

[3] Atmaji, F., & Nanda, A. (2018). Kebijakan Persediaan Suku Cadang PT. ABC Menggunakan Metode RCS

(Reliability Centered Spare). *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik Vol2 No. 1*

[4] Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.* New York: Mcgraw Hill Companies. Aqil . F. (2021)

[5] Dantes, K. R. (2017). *KAJIAN AWAL PENGEMBANGAN PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN METODE QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) (STUDI KASUS PADA TANG JEPIT JAW LOCKING PLIERS).*

[6] Deriani, N. W. (2017). *Pemilihan Konsep E Commerce Dan Business Process Re-engineering Penjualan Produk Olahan Kopi.*

[7] Sanjani, T., Alhilman, J., & Athari, N. (2018). Proposed Maintenance Policy and Determining Spare Part Amount Using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Reliabilty Centered Spare (RCS) for Eurosicma E 75 Machine. *Industrial Engineering*.