

OPTIMASI KEBIJAKAN PERAWATAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM)* DAN PERENCANAAN PENGELOLAAN SUKU CADANG MENGGUNAKAN *RELIABILITY CENTRED SPARES (RCS)* PADA *CONTINUOUS CASTING MACHINE #3 SLAB STEEL PLANT* DI PT KRAKATAU STEEL, Tbk.

Made Shanti Sarashvati[†],

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 01, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257

E-mail: shanti.sarashvati@gmail.com

Alhilman, Judi

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 01, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257

E-mail: judi.alhilman@gmail.com

Nopendri

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 01, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257

E-mail: nopendri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Industri baja merupakan salah satu industri pendukung pembangunan nasional yang direncanakan oleh pemerintah Indonesia. Permintaan baja nasional tahun 2013 mencapai 12,7 juta ton. Hal ini merupakan tantangan bagi industri baja nasional untuk berkembang. PT Krakatau Steel merupakan satu-satunya industri nasional milik pemerintah yang bergerak di bidang produksi baja. Bisnis baja sangat berfluktuatif dipengaruhi gejolak ekonomi dunia, akhir tahun 2012 harga baja turun sejalan dengan kelebihan suplai baja dunia oleh China.

Pada tahun 2013, perusahaan memutuskan menghentikan operasi pabrik SSP (*Slab Steel Plant*) Karena biaya produksi slab lebih tinggi dibandingkan pembelian bahan baku *slab* baja impor. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) untuk mendapatkan *interval* waktu perawatan yang tepat. Pemilihan *maintenance task* berdasarkan perhitungan kualitatif menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan RCM *Worksheet*, didapatkan 1 *scheduled on-condition*, 5 *scheduled restoration*, 2 *scheduled discard task* dan 1 *run to failure* dilanjutkan perhitungan kuantitatif untuk mendapatkan *interval* perawatan. Selisih biaya perawatan apabila perusahaan menggunakan kebijakan *maintenance* usulan dibandingkan dengan kebijakan *maintenance* eksisting adalah Rp 12.476.379.035,01. Penelitian ini juga menggunakan metode RCS (*Reliability Centered Spares*) untuk memperhitungkan tingkat persediaan *spare part* yang harus disediakan perusahaan untuk setiap komponen kritis *repairable* dan *non-repairable* agar tidak terjadi *stock out*.

Kata kunci: *Failure Mode and Effect Analysis, RCM Worksheet, Reliability Centered Maintenance, Reliability Centered Spares.*

[†] Corresponding Author

1. PENDAHULUAN

Konsumsi baja Indonesia tahun 2013 berada pada angka 61,6 kg/kapita per tahun [1] dimana angka tersebut masih berada dibawah jika dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara sehingga pemerintah Indonesia berencana untuk meningkatkan konsumsi baja nasional. Permintaan baja nasional pada tahun 2013 mencapai 12,7 juta ton, namun demikian sebagian besar kebutuhan baja tersebut disuplai dari impor. PT Krakatau Steel merupakan satu-satunya industri nasional milik pemerintah yang bergerak di bidang produksi baja. Hingga saat ini, PT Krakatau Steel memiliki kapasitas produksi baja hingga 3,15 juta ton [2]. Proses produksi baja slab di SSP tempat dimana penulis melakukan penelitian, secara garis besar terdiri dari 3 tahapan proses yaitu tahap peleburan (*melting process*), proses metalurgi sekunder (*Secondary Metalurgy Process*), dan proses pencetakan kontinu (*Continuous Casting Process*).

Bisnis baja sangat berfluktuatif dipengaruhi oleh gejolak ekonomi dunia seperti diindikasikan oleh kurva harga baja HRC (*Hot Roll Coil*) global yang menunjukkan harga HRC tertinggi terjadi pada pertengahan tahun 2008 mencapai 1100 USD per tahun, kemudian jatuh bebas dalam tempo enam bulan mencapai 400 USD per tahun sejalan dengan krisis ekonomi dunia saat itu. Pemulihan harga baja terjadi secara perlahan sampai tahun 2011, namun demikian mulai akhir 2012 harga baja turun lagi sejalan dengan kelebihan suplai baja dunia oleh China. Berdasarkan kondisi pasar baja dunia tersebut, PT Krakatau Steel (Persero) Tbk pada tahun 2013 memutuskan menghentikan operasi pabrik SSP mengingat biaya produksi *slab* sendiri lebih tinggi dibandingkan dengan pembelian bahan baku *slab* baja impor. Mesin yang tingkat keandalannya paling rendah di pabrik SSP adalah CCM3. Hal tersebut disebabkan oleh CCM3 sejak dibangun belum pernah mengalami revitalisasi atau *upgrading* seperti halnya CCM-1 dan CCM-2 yang telah direkondisi pada tahun 2012. Selain itu beberapa peralatan CCM3 khususnya *control system* telah usang sehingga sulit mendapatkan *spare parts* di pasaran.

Berdasarkan latar belakang tersebut, diharapkan perusahaan dapat mendapatkan interval waktu perawatan yang tepat dengan menggunakan metode RCM sehingga mesin dapat dioperasikan kapan saja sesuai dengan keadaan ekonomi dunia serta dapat mengetahui jumlah persediaan

spare parts yang tepat dengan pendekatan RCS. Sehingga kegiatan perawatan dan produksi tidak terganggu dan perusahaan dapat mengurangi waktu *downtime* yang disebabkan oleh *stock out*.

2. STUDI LITERATUR

3.1 Manajemen Perawatan

Perawatan (*maintenance*) memiliki definisi sebagai suatu aktivitas agar komponen/sistem yang rusak dapat dikembalikan/diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu [3] dalam [4].

3.2 Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah aktivitas perawatan yang dilakukan sebelum sebuah komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi atau kegiatan perawatan

yang dilakukan berdasarkan perkiraan Interval waktu tertentu atau kriteria yang telah ditentukan dengan tujuan mengurangi peluang terjadinya kegagalan atau degradasi fungsi dari sebuah peralatan [5].

3.3 Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah suatu sistem mengalami kegagalan dengan tujuan agar sistem dapat bekerja kembali sesuai dengan fungsinya [6].

3.4 Risk Priority Number

Risk Priority Number merupakan salah satu metode untuk mengidentifikasi *criticality* dari suatu sistem. Perhitungan *Risk Priority Number* didasarkan pada nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* [7].

3.5 Reliability Centered Maintenance

RCM merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap aset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunaannya dalam konteks operasionalnya [8]. Metode RCM terdapat 7 tahapan [9], yaitu:

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi,
2. Definisi batasan sistem,
3. Deskripsi sistem,
4. Penentuan fungsi dan kegagalan fungsional,
5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) [10],
6. *Logic Tree Analysis* (LTA) [8],
7. *Task Selection* (Pemilihan Kebijakan Perawatan).

3.6 Preventive Task

Metode RCM membagi preventive Tasks ke dalam tiga kategori [11], yaitu:

1. *Scheduled On-Condition Tasks*,
2. *Scheduled Restoration Tasks*,
3. *Scheduled Discard Tasks*.

3.7 Default Actions

Ketika tidak ada *preventive tasks* yang sesuai, maka langkah selanjutnya adalah menentukan *default actions* yang bisa dilakukan sebagai kegiatan *maintenance* [9]. RCM membagi *default actions* menjadi tiga kategori berdasarkan konsekuensi kegagalan yang ada, yaitu:

1. *Scheduled Failure-finding Tasks*,
2. *Redesign*,
3. *No Scheduled Maintenance*.

3.8 Reliability Centered Spares

RCS adalah suatu pendekatan untuk menentukan level *inventory spare part* berdasarkan *trough-life costing* dan kebutuhan peralatan dan operasi perawatan dalam mendukung *inventory*. RCS dapat digunakan untuk menentukan level persediaan *spare part* berdasarkan kebutuhan peralatan dan pengoperasian *maintenance*.

3.9 Poisson Process

Sparepart diklasifikasikan berdasarkan komponen *repairable* dan *non repairable*. Komponen tersebut akan dihitung kebutuhannya menggunakan metode *Poisson process*. Pada perhitungan menggunakan metode *Poisson process*, terdapat perbedaan pada komponen *repairable* dan komponen *non repairable* dimana pada komponen *repairable* diperhitungkan variabel *scrap rate* dan rata-rata waktu perbaikan [12].

3. PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Subsistem Kritis pada Slab Steel Plant

Slab Steel Plant memiliki 4 mesin yang beroperasi untuk memproduksi baja slab yaitu Electric Arc Furnace, RH vacuum degassing, Ladle Furnace dan Continous Casting Machine 3. Penentuan mesin kritis dilakukan dengan menggunakan metode RPN (Risk Priority Number) yang menunjukkan mesin yang memiliki risiko tertinggi adalah mesin CCM 3 yaitu 168. Berdasarkan hasil wawancara kepada pihak perusahaan dan didapatkan data bahwa mesin CCM 3 belum mengalami pergantian atau upgrade sejak pembelian pertama pada tahun 1994 sementara mesin lainnya telah mengalami pergantian pada tahun 2012. Sehingga mesin CCM 3 membutuhkan control khusus dibandingkan mesin lainnya karena proses produksi yang dilakukan SSP adalah seri.

3.2 Penentuan Distribusi Time to Failure Subsistem Kritis

Penentuan distribusi (TTF) Time to Failure dilakukan menggunakan data historis kerusakan dari PT Krakatau Steel. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data kerusakan dari tahun 2011-2013. Perhitungan TTF pada subsistem CCM 3 menggunakan uji Anderson-Darling yang diperoleh menggunakan perangkat lunak Minitab 17 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Distribusi time to failure subsistem CCM 3

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTF (jam) ($\eta \cdot \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$)
Torch Cutting Machine	Weibull Distribution	$\eta = 1089,82$	1021,90
		$\beta = 7,33$	
Segment	Weibull Distribution	$\eta = 1179,70$	1103,60
		$\beta = 7,01$	
Mould	Weibull Distribution	$\eta = 996,90$	918,45
		$\beta = 5,31$	
Tundish Car	Weibull Distribution	$\eta = 4278,78$	4067,07
		$\beta = 9,80$	
Ladle Turret	Weibull Distribution	$\eta = 2366,32$	2157,68
		$\beta = 4,44$	

Distribusi yang terpilih untuk setiap subsistem Torch Cutting Machine, Segment, Mould, Ladle Turret dan Tundish Car berdistribusi Weibull yang seluruh subsistem memiliki nilai parameter $\beta > 1$ yang berarti subsistem memiliki laju kerusakan tinggi dikarenakan usia mesin yang berada pada fasa wear out.

3.3 Penentuan Distribusi Down Time Subsistem Kritis

Penentuan distribusi TTF dilakukan menggunakan data historis kerusakan dari PT Krakatau Steel. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data kerusakan dari tahun 2011-2013. Perhitungan DT (Down Time) pada subsistem CCM 3 menggunakan uji Anderson-Darling yang diperoleh menggunakan perangkat lunak Minitab 17. Hasil dari perangkat lunak Minitab 17 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Distribusi down time subsistem CCM 3

Komponen	Distribusi	Parameter	MDT (jam) ($\eta \cdot \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$)
Torch Cutting Machine	Weibull Distribution	$\eta = 1,4020$	1,2553
		$\beta = 3,1812$	
Segment	Weibull Distribution	$\eta = 1,6866$	1,5058
		$\beta = 2,9858$	
Mould	Weibull Distribution	$\eta = 1,6777$	1,5090
		$\beta = 3,4752$	
Tundish Car	Weibull Distribution	$\eta = 1,9621$	1,7393
		$\beta = 2,3929$	
Ladle Turret	Weibull Distribution	$\eta = 1,4708$	1,3141
		$\beta = 3,0394$	

Distribusi yang terpilih untuk setiap subsistem Torch Cutting Machine, Segment, Mould, Ladle Turret dan Tundish Car berdistribusi Weibull yang seluruh subsistem memiliki nilai parameter $\beta > 1$ yang berarti subsistem memiliki laju kerusakan tinggi dikarenakan usia mesin yang berada pada fasa wear out.

3.4 Failure Mode and Analysis

Metode Failure Mode and Analysis digunakan untuk melihat lebih rinci mengenai model kegagalan dan dampak kegagalan yang terjadi dari setiap subsistem yang ada pada CCM 3

3.5 Penentuan Interval Waktu Perawatan dan Biaya Perawatan

1. Scheduled on-condition Task

Perhitungan interval waktu perawatan Scheduled On-Condition Task akan menggunakan pertimbangan P-F interval (Potential Failure to Function Failure Interval). Berdasarkan perhitungan kualitatif yaitu menggunakan RCM Worksheet, subsistem yang termasuk dalam kebijakan Scheduled On-Condition adalah Tundish Car karena memiliki penyebab kegagalan terkena paparan panas dari baja cair bersuhu 1500 C sehingga harus dikontrol sebelum terjadinya kejadian tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung interval waktu perawatan scheduled on condition dapat dilihat pada persamaan (1) [7].

$$\text{Interval Perawatan} = \frac{1}{2} \times \text{P-F Interval} \tag{1}$$

2. Scheduled Restoration Task dan Scheduled Discard Task

Scheduled Restoration Tasks merupakan kegiatan perawatan secara preventive yang dilakukan untuk mengembalikan kemampuan komponen atau sebelum batas umurnya tanpa memperhatikan kondisinya. Scheduled Discard Tasks merupakan kegiatan perawatan secara preventive yang melakukan penggantian komponen. Berdasarkan pengukuran secara kualitatif menggunakan RCM worksheet, subsistem yang termasuk kedalam task Scheduled Restoration Task adalah Ladle Turret, Tundish Car, Mould dan Segment, sementara subsistem yang termasuk kedalam Scheduled Discard Task adalah Torch Cutting Machine yaitu melakukan pergantian nozzle karena terjadi nozzle tersumbat dan nozzle mengalami aus. Persamaan yang digunakan untuk

menghitung *interval* waktu perawatan *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task* dapat dilihat pada persamaan (2) [13].

$$TM = \eta \times \left(\frac{Cm}{Cfx(\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \tag{2}$$

3. *Run to Failure Task*

Run to Failure merupakan teknik pengaktifan kembali yang menunggu mesin atau peralatan rusak

sebelum dilakukan tindakan pemeliharaan, yang mana sebenarnya adalah “*nomaintenance*”. Berdasarkan pengukuran kualitatif menggunakan *RCM worksheet*, subsistem yang termasuk kedalam *Run to Failure Task* adalah *Tundish Car* ketika terjadi penyebab kegagalan komponen *seal* bocor.

Tabel 3 *Failure Mode and Effect Analysis CCM 3*

Subsystem: Continous Casting Machine 3											
No	Subsistem	Fungsi (F)	Failure Function (FF)		Failure Mode (FM) (Cause of Failure)		Penyebab Kegagalan	Efek Kegagalan			
								Lokal	Sistem	Plant	
1	Tundish Car	digunakan untuk mengangkut baja cair dalam tundish	1,1	tidak dapat memindahkan baja cair	1	hydraulic tundish car bocor	1	terkena paparan panas dari baja cair bersuhu 1500 C	hydraulic mampet sehingga tundish car tidak dapat bergerak	tidak bisa melakukan proses casting	menghambat proses produksi secara keseluruhan termasuk proses EAF dan secondary
						2	Seal (penyumbat) bocor	2			
					2	narrow side mould bocor	1	pemakaian narrow side mould diatas life time (umur ekonomis)	slab crack (narrow side crack) terjadi defect pada slab	tidak dapat melakukan sequence casting	slow down plant
2	Mould	digunakan sebagai cetakan dimensi slab baja	2,1	tidak dapat membentuk ukuran slab sesuai dengan standar yang ditentukan (keperluan customer)	1	spray cooling zone 1/slang foot roll arah HSM lepas	1	terlalu panas continue, pemasangan kurang bagus	terjadi defect pada slab bagian transversal crack	tidak dapat melakukan sequence casting	slow down plant
3	Segment	digunakan sebagai guide (penopang) pencetakan slab	3,1	tidak dapat mencetak baja sesuai dengan standar kualitas perusahaan	1	roll segment macet	1	kekurangan pelumas pada roll segment (automatic greasing system)	menyebabkan cacat produk terutama pada bagian surface slab (scratch)	tidak dapat melakukan sequence casting	slow down plant
4	Torch Cutting Machine	berfungsi untuk proses pemotongan slab baja sesuai dengan permintaan customer	4,1	tidak dapat memotong slab baja sesuai dengan standar perusahaan	1	nozzle torch cutting machine cacat (tersumbat)	1	pendingin torch cutting machine tidak optimal (kotor)	tutup slide gate ladle	stop casting	slow down plant
					2	nozzle torch cutting machine aus					
5	Ladle Turret	berfungsi untuk sequence casting	5,1	tidak dapat mensupply baja cair ke posisi casting	1	kerusakan pada motor penggerak	1	motor mengalami over heating	tidak dapat melakukan sequence casting	sequence casting rendah	slow down plant
							2	motor kotor karena debu			

3.6 Penentuan Komponen Kritis

Pada penelitian kali ini, pengklasifikasian komponen kritis akan dilakukan untuk setiap subsistem objek penelitian yaitu *Ladle Turret, Tundish Car, Mould, Segment* dan *Torch Cutting Machine*. Pengklasifikasian komponen akan dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan jenis perbaikannya yaitu komponen *repairable* dan komponen *non-repairable* [8]. Penentuan komponen kritis berdasarkan wawancara kepada pihak maintenance perusahaan dengan alasan komponen dikatakan kritis dapat dilihat pada Tabel 6.

A. Penentuan Strategi Persediaan Komponen Kritis

Penentuan kebijakan strategi persediaan *spare part* perlu dilakukan identifikasi kebijakan yang tepat terlebih dahulu untuk menentukan perlu atau tidak persediaan tersebut dilakukan. Penentuan strategi kebijakan akan dilakukan dengan menggunakan *decision diagram*. Kebijakan berdasarkan *decision worksheet* ada 3 yaitu pemesanan dilakukan sebelum adanya *demand* dalam hal ini *demand* yang dimaksud adalah *failure*, disimpan dalam gudang (*hold parts*) atau perlu dilakukan perbaikan pada *maintenance task*

Tabel 4 RCM Decision Worksheet

Information Reference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval (hari)
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	1,1	1	N	Y	N	Y	Y							Scheduled On Condition	84,73063
			Y	Y	N	Y	N	N	N						Run to Failure
		2	Y	Y	N	Y	N	Y						Scheduled Restoration Task	142,9598
2	2,1	1	N	Y	N	Y	N	Y						Scheduled Restoration Task	31,62164
3	3,1	1	Y	N	N	N	N	Y						Scheduled Restoration Task	38,12713
4	4,1	1	N	N	N	Y	N	N	Y					Scheduled Discard Task	35,37556
			2	N	N	N	Y	N	N	Y					Scheduled Discard Task
5	5,1	1	N	Y	N	Y	N	Y						Scheduled Restoration Task	74,89561
			Y	N	N	Y	N	Y							Scheduled Restoration Task

Tabel 5 RCM Decision Worksheet (Lanjutan)

Information Reference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Biaya Perawatan	Can be Done by
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	1,1	1	N	Y	N	Y	Y							Rp 35.754.670,00	Maintenance Crew
			Y	Y	N	Y	N	N	N						Rp 114.716.392,87
		2	Y	Y	N	Y	N	Y						Rp 61.683.736,15	Maintenance Crew
2	2,1	1	N	Y	N	Y	N	Y						Rp 53.605.246,61	Maintenance Crew
3	3,1	1	Y	N	N	N	N	Y						Rp 53.494.027,05	Maintenance Crew
4	4,1	1	N	N	N	Y	N	N	Y					Rp 46.709.589,85	Maintenance Crew
			2	N	N	N	Y	N	N	Y					Rp 46.709.589,85
5	5,1	1	N	Y	N	Y	N	Y						Rp 46.772.476,18	Maintenance Crew
			Y	N	N	Y	N	Y							Rp 46.772.476,18

B. Perbandingan Kebutuhan Spare part

1. Repairable

Komponen kritis yang termasuk kedalam kategori *repairable* pada penelitian ini berjumlah empat komponen yaitu *Cylinder Lifting, Cylinder slide gate, Motor Turning Turret* dan *Cylinder slide gate*. Perhitungan probabilitas kebutuhan suku cadang pada masing-masing n didapat

dengan mengalikan nilai probabilitas P1 (*to scrap*) dan nilai probabilitas P2 (*in repair*) sehingga akan didapatkan nilai P [8]. Dalam perhitungan komponen *repairable* jumlah kerusakan yang mungkin terjadi berbeda dengan jumlah kebutuhan *spare*. Dalam penelitian ini, nilai P atau persentase *confidence interval* yang digunakan adalah 95% sesuai dengan target yang ingin dicapai oleh perusahaan.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kebutuhan komponen *repairable* dengan menggunakan pendekatan *Poisson process* dapat dilihat pada persamaan (3), (4) dan (5) [7].

$$\lambda_1 t = \frac{AxNxMxT}{MTBF} \tag{3}$$

$$\lambda_1 t = Rx\lambda_1 t \tag{4}$$

$$\lambda_2 t = \frac{AxNxMxRT}{MTBF} \tag{5}$$

2. *Non-repairable*

Komponen kritis yang termasuk dalam kategori *non-repairable* berjumlah enam komponen yaitu *Hose hydraulic Cylinder Lifting*, *Hose hydraulic ladle slide gate*, *Hose hydraulic ladle slide gate*, *hose hydraulic Segment casting bow*, *Segment strightner* dan *Heavy Dutty Cutting Torch*. Jumlah *spare part* yang diperhitungkan merupakan nilai yang mendekati nilai P (persentase *confidence interval*) yang telah ditentukan [8]. Dalam penelitian ini, nilai P atau persentase *confidence interval* yang digunakan adalah 95% sesuai dengan target yang ingin dicapai oleh perusahaan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan komponen *non-repairable* dapat dilihat pada persamaan (6) [7].

$$\lambda t = \frac{1}{MTBF} xt = \frac{AxNxMxT}{MTBF} \tag{6}$$

dimana

A : Jumlah Komponen

P : *Confidence interval*

N : Jumlah Mesin yang digunakan

T : *Initial Period*

M : *Utilitas/Operating Machine*

Tabel 6 Klasifikasi Komponen Kritis

Subsistem	Komponen Kritis	Kriteria	Alasan Kritis
Ladle Turret	Motor Turning Turret	Repairable	Motor rusak, turret tidak bisa berputar
	Cylinder slide gate	Repairable	Cylinder rusak, slide gate di ladle tidak bisa terbuka
Tundish Car	Cylinder Lifting	Repairable	Cylinder rusak, tundish tidak bisa naik atau turun
	Cylinder slide gate	Repairable	Cylinder rusak, slide gate di tundish tidak bisa membuka
	Hose hydraulic Cylinder Lifting	Non-repairable	Hose rusak/pecah, tundish tidak bisa naik atau turun
	Hose hydraulic ladle slide gate	Non-repairable	jika hose rusak/pecah, slide gate di ladle tidak bisa membuka
Mould	Hose hydraulic ladle slide gate	Non-repairable	jika coupling rusak, Mould tidak bisa ber osilasi
Segment	hose hydraulic Segment casting bow	Non-repairable	jika rusak/pecah, Segment terkait tidak bisa naik turun
	Segment strightner	Non-repairable	jika rusak/pecah, Segment terkait tidak bisa naik turun
Torch Cutting Machine	Heavy Dutty Cutting Torch	Non-repairable	Jika rusak, TCM tidak bisa memotong

Tabel 7 Strategi Persediaan Spare part Komponen

No	Komponen	Strategi Persediaan
1	Motor Turning Turret	Hold Parts
2	Cylinder slide gate	Order Parts Before Demand
3	Cylinder Lifting	Order Parts Before Demand
4	Cylinder slide gate	Order Parts Before Demand
5	Hose hydraulic Cylinder Lifting	Order Parts Before Demand
6	Hose hydraulic ladle slide gate	Order Parts Before Demand
7	Hose hydraulic ladle slide gate	Hold Parts
8	hose hydraulic Segment casting bow	Order Parts Before Demand
9	Segment strightner	Order Parts Before Demand
10	Heavy Dutty Cutting Torch	Hold Parts

Tabel 8 Perbandingan Persediaan Spare part Repairable

Nama Komponen	Eksisting (unit)	Usulan (unit)
Motor Turning Turret	1	3
Cylinder slide gate Ladle Turret	2	3
Cylinder Lifting	1	2
Cylinder slide gate	2	2

Tabel 9 Perbandingan Persediaan Spare part Non-Repairable

Nama Komponen	Eksisting (unit)	Usulan (unit)
Hose hydraulic Cylinder Lifting	6	8
Hose hydraulic ladle slide gate	6	8
Hose hydraulic ladle slide gate	12	15
hose hydraulic Segment casting bow	15	13
Segment strightner	15	13
Heavy Dutty Cutting Torch	12	13

C. KESIMPULAN

Metode RCM digunakan untuk menentukan kegiatan *preventive maintenance* yang sesuai diterapkan oleh setiap subsistem mesin CCM 3. Berdasarkan perhitungan metode RCM didapatkan 1 *Scheduled On-Condition*, 5 *Scheduled Restoration Task*, 2 *Scheduled Discard Task* dan 1 *Run to Failure Task*. *Interval* waktu *scheduled on condition* yang didapatkan adalah 2,8 bulan, rata-rata *interval* waktu perawatan *Scheduled Restoration Task* untuk setiap komponen adalah 2,4 bulan, rata-rata *interval* waktu pergantian komponen *Scheduled Discard Task* adalah 1,1 bulan.

Metode RCM juga digunakan untuk memperhitungkan *maintenance cost* yang harus dikeluarkan sesuai dengan jenis perawatan usulan yang sesuai untuk setiap komponen. Total biaya perawatan

eksisting perusahaan dengan menerapkan kebijakan *Time based maintenance* untuk setiap komponen adalah Rp 20.115.000.000,00/3 tahun, sementara total biaya perawatan usulan yang ditawarkan dengan menggunakan metode RCM dengan masing-masing *maintenance task* setiap komponen adalah Rp 7.638.620.964,99/3 tahun. Sehingga perusahaan dapat menghemat total biaya Rp 12.476.379.035,01. Karena komponen dari mesin sulit didapatkan, maka dari itu perusahaan membutuhkan perencanaan jumlah komponen kritis agar tidak terjadi *stock out*.

Klasifikasi komponen kritis dibagi menjadi dua yaitu komponen *repairable* dan komponen *non-repairable*. Berdasarkan perhitungan jumlah kebutuhan komponen *repairable* memiliki total 10 komponen yang spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 8 dan untuk total kebutuhan komponen *non-repairable* adalah 70 komponen yang dapat dilihat pada Tabel 9.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. K. Steel, “with Times,” *Annu. Rep.*, 2016.
- [2] World Steel Association, “Steel Statistical Yearbook 2016,” *WorldSteel Assoc.*, p. 128, 2016.
- [3] R. R. and M. N. Arffin, “Reliability Centered Maintenance in Schedule Improvement of Automotive Assembly Industry,” vol. 9, no. 8, pp. 1232–1236, 2012.
- [4] Moubay, *reliability-centered-maintenance-ii.pdf*. 1991.
- [5] O. F. Safitri, “Pengembangan Program Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Dan Pengadaan Spare Part Berbasis Reliability,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, 2014.
- [6] I. S. Consultant, “Pengembangan Program Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Dan Pengadaan Spare Part Berbasis Reliability (Studi Kasus : PT . XYZ),” pp. 1–8.
- [7] D. P. Prabhakar and J. V. P. Raj, “A New Model For Reliability Centered Maintenance In Petroleum Refineries,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 2, no. 5, pp. 56–64, 2013.
- [8] D. Louit, R. Pascual, D. Banjevic, and A. K. S. Jardine, “Optimization models for critical spare parts inventories—a reliability approach,” *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 62, no. 6, pp. 992–1004, 2011.