

Penjadwalan Perawatan Mesin di CV Wijaya Workshop dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Maretha Rahmawati Widyaningrum¹ dan Famila Dwi Winati²

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri dan Desain, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Jalan DI Panjaitan No 128 Purwokerto Selatan, Banyumas, 53147, Indonesia
Email: 18106048@ittelkom-pwt.ac.id¹, familadw@ittelkom-pwt.ac.id²

Received: Jan 23, 2022 / Revised: Feb 25, 2022 / Accepted: March 11, 2022

Abstrak

Kegiatan perindustrian tidak terlepas dari penggunaan mesin sebagai penunjang kegiatan produksi. Salah satu faktor kelancaran produksi suatu perusahaan yaitu mesin-mesin yang digunakan harus dalam kondisi baik sehingga tidak menghambat proses produksi dan produk yang dihasilkan dapat berkualitas. CV. Wijaya Workshop merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang eksterior serta interior yang dalam proses produksinya menggunakan beberapa mesin modern seperti CNC routers, cutting laser, dan cutting stickers. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah kurangnya manajemen perawatan mesin yang teratur sehingga mengakibatkan kerusakan mesin secara tiba-tiba yang berdampak pada produk yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui penyebab-penyebab terjadinya kerusakan serta saran waktu perawatan mesin berdasarkan data historis kerusakan mesin cutting laser, sebagai salah satu mesin utama dari proses produksi CV Wijaya Workshop. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mencakup *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengidentifikasi prioritas kegagalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen chiller/ pendingin mesin memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 112 dan saran waktu perawatan mesin setiap 104 hari, head laser 94 hari, mirror 113 hari, rail head 139 hari, dan tabung CO₂ 148 hari. Adapun hasil dari penelitian ini akan menjadi acuan untuk pembuatan jadwal preventive maintenance bagi perusahaan dalam satu tahun selanjutnya.

Kata kunci: Cutting laser, FMEA, LTA, Perawatan, RCM

Abstract

Industrial activities cannot be separated from machines to support production activities. One of the factors for the smooth production of a company is that the machines used must be in good condition so that they do not hinder the production process and the resulting product can be of high quality. CV Wijaya Workshop is a company that produces exterior and interior products that use several modern machines such as CNC routers, laser cutting, and cutting stickers in the production process. One of the problems that occur is the lack of regular machine maintenance management, resulting in sudden machine damage that impacts the resulting product. The purpose of this study was to determine the causes of damage and advice on machine maintenance time based on historical data of damage to the laser cutting machine, as one of the primary machines of the CV Wijaya Workshop production process. The method used in this research is *Reliability Centered Maintenance* (RCM) which includes *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) and *Logic Tree Analysis* (LTA) to identify failure priorities. The results showed that the chiller/cooling machine component had the highest RPN value of 112 and suggested machine maintenance time every 104 days, laser head 94 days, mirror 113 days, railhead 139 days, and CO₂ tube 148 days. The results of this study will be a reference for making a preventive maintenance schedule for the company in the following year

Keywords: Cutting laser, FMEA, LTA, Maintenance, RCM

1. Pendahuluan

Bagi industri manufaktur, dimana mesin memainkan peran penting untuk menjaga kelancaran produksi, perusahaan dituntut untuk meminimalisir adanya hambatan. Setiap perusahaan berusaha untuk mengurangi adanya risiko kehilangan waktu produksi, salah satunya yang disebabkan oleh kerusakan mesin yang berimplikasi pada biaya (Okwuobi et al., 2018). Salah satu upaya agar mesin-mesin tersebut dapat berjalan sesuai dengan fungsinya adalah manajemen perawatan. Manajemen perawatan merupakan salah satu aktivitas penting dalam sebuah perusahaan untuk

memastikan bahwa mesin-mesin pendukung proses produksi dapat berjalan dengan baik. Perawatan (*maintenance*) adalah perencanaan strategis jangka panjang yang mengantisipasi perubahan-perubahan dalam tren sosial, lingkungan, ekonomi, dan teknologi inovatif (Gupta & Mishra, 2018).

Telah banyak metode perawatan yang dapat diterapkan untuk memperbaiki atau mencegah terjadinya kegagalan mesin. Pada awal perkembangannya, *corrective maintenance* merupakan pendekatan yang seringkali digunakan. *Corrective maintenance* adalah perawatan yang dilakukan ketika

kegagalan telah terjadi, sehingga fokus utama perawatan ini adalah penyebab kegagalan dari fenomena yang terjadi (Wang et al., 2014). Kemudian, *preventive maintenance* terbukti menjadi alternatif yang lebih baik, karena perawatan mesin dilakukan sebelum kerusakan terjadi (Merkt, 2019). Salah satu pendekatan modern dalam manajemen perawatan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dimana RCM berpusat pada keandalan. RCM dianggap sebagai metode yang dapat menggantikan standar perawatan tradisional dan menunjukkan keberhasilan dalam penerapannya di berbagai industri (Shamayleh et al., 2020).

RCM adalah metode perawatan sistematis yang digunakan untuk menganalisis kinerja sistem yang terkait dengan dampak kegagalan potensial dan memilih tindakan perawatan yang paling efisien untuk mengurangi risiko kegagalan (Shamayleh et al., 2020). Tujuan utama dari RCM adalah untuk mengidentifikasi cara-cara untuk menghindari konsekuensi kegagalan yang jika dibiarkan terjadi akan berdampak pada kesehatan dan keselamatan personil, pencapaian misi, dan ekonomi (Jha & Kumar, 2016). Penggunaan RCM dalam manajemen perawatan pun hingga saat ini masih terbuka luas dan tidak hanya terpaku pada mesin-mesin di industri manufaktur. RCM kini mulai digunakan untuk industri jasa, seperti fasilitas rumah sakit (Salah et al., 2018), komponen transportasi (Igder et al., 2021), hingga jaringan transmisi (Moslemi et al., 2017).

CV Wijaya Workshop adalah salah satu perusahaan yang memproduksi *neonbox*, *letter box*, plakat, dan interior lainnya dengan menggunakan bahan baku berupa akrilik. Mesin pendukung untuk kegiatan produksi yang ada seperti *CNC routers*, *cutting laser*, *cutting sticker*, serta berbagai alat-alat pendukung kegiatan produksi lainnya. Kegiatan produksi dilakukan selama enam hari kerja mulai dari pukul 09.00-17.00. Adapun rata-rata lama mesin beroperasi yaitu tujuh jam dalam sehari.

Salah satu permasalahan yang ada yaitu penjadwalan perawatan mesin *cutting laser* yang tidak teratur serta hanya dilakukan perawatan jika mesin mengalami kerusakan (*breakdown maintenance*). Selain itu, dibandingkan dengan mesin lainnya, mesin *cutting laser* merupakan mesin yang paling sering digunakan berdasarkan permintaan yang diterima. Ketika terjadi kerusakan atau kegagalan tiba-tiba pada mesin *cutting laser*, hal ini berdampak pada tertundanya produksi, sehingga pemenuhan permintaan menjadi terhambat dan mundur dari jadwal yang dijanjikan. Hal ini tentu saja berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan, serta hilangnya kesempatan CV Wijaya Workshop untuk menerima permintaan lainnya.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan penjadwalan terhadap mesin *cutting laser* di CV Wijaya Workshop menggunakan pendekatan RCM. Dengan menerapkan metode ini, diharapkan dapat mengurangi kejadian dan dampak

kerusakan mesin yang tiba-tiba. Selain itu, melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan implikasi praktis bagi CV Wijaya Workshop dalam menentukan tindakan perawatan yang efektif.

2. Metode Penelitian

2.1 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan jadwal perbaikan mesin *cutting laser* di CV Wijaya Workshop. Adapun metode RCM di dalamnya mencakup *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA). RCM dikenal sebagai salah satu metode penjadwalan perawatan mesin yang sistematis. RCM mampu mengidentifikasi tindakan yang paling tepat untuk dilakukan agar mesin tetap berfungsi secara normal (Wibowo et al., 2018). Tahap-tahap analisis RCM adalah sebagai berikut (Sajaradj et al., 2019).

1. Menentukan sistem yang akan dianalisis dan batasannya.
2. Mendefinisikan sistem tersebut agar tidak terjadi tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya.
3. Menjelaskan sistem secara detail.
4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem (Fattahi & Khalilzadeh, 2018). FMEA dilakukan untuk mengetahui jenis kegagalan yang menjadi prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN ditentukan oleh tiga indikator, yaitu *severity* (S), *occurance* (O), dan *detection* (D) (Azwir et al., 2020). Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin tinggi pula kemungkinan produk, mesin, atau alat mengalami kegagalan. Nilai RPN diperoleh berdasarkan persamaan (1).

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Severity : dampak dari kegagalan yang terjadi
Occurance : frekuensi terjadinya kegagalan
Detection : deteksi penyebab kegagalan sebelum terjadi

5. *Logic Tree Analysis* (LTA). LTA bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh setiap kegagalan (Supriyadi et al., 2018). Terdapat empat klasifikasi penentuan prioritas kerusakan, yaitu sebagai berikut (Raharja et al., 2021).
 - a. *Safety*, kegagalan menyebabkan kecelakaan
 - b. *Evident*, dalam keadaan normal seorang operator mengetahui adanya masalah terhadap sistem
 - c. *Outage*, kegagalan menyebabkan seluruh atau sebagian mesin berhenti beroperasi
 - d. *Category*, yang dijabarkan sebagai berikut.
 - 1) *Safety problem* (A), jika menyebabkan masalah keselamatan pekerja

- 2) *Outage problem* (B), jika kegagalan menyebabkan seluruh atau sebagian mesin berhenti beroperasi
 - 3) *Economic problem* (C), jika kegagalan menyebabkan masalah ekonomi terhadap perusahaan
 - 4) *Hidden problem* (D), jika pekerja tidak mengetahui adanya kegagalan mesin pada saat kondisi normal.
6. Menentukan tindakan yang tepat untuk setiap kegagalan yang terjadi.

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

MTTF adalah perhitungan rata-rata waktu antara dua kerusakan berturut-turut. Sedangkan MTTR adalah perhitungan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin hingga normal kembali (Alahmad & Agarwal, 2019). Nilai MTTF dan MTTR ditentukan berdasarkan hasil *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) dengan distribusi terpilih untuk masing-masing komponen. Penentuan nilai MTTF dan MTTR ditunjukkan oleh persamaan (2), (3), dan (4).

a. Distribusi Lognormal

$$MTTF = tmed.e^{\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)} \quad (2)$$

- tmed* : waktu median
- σ : standar deviasi
- e* : fungsi eksponensial (2,71282)

b. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta\gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (3)$$

- $\gamma(x)$: fungsi gamma
- θ : scale
- β : shape

c. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (4)$$

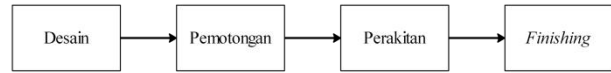
- μ : rata-rata

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Sistem

CV Wijaya Workshop merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang produksi interior dengan bahan dasar akrilik. Proses produksi CV Wijaya

Workshop masih dikerjakan secara manual dengan bantuan beberapa mesin, yaitu *CNC routers*, *cutting laser*, *cutting sticker*, dan alat-alat pendukung lainnya. Adapun alur proses produksi CV Wijaya Workshop dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses produksi CV Wijaya Workshop

Sistem yang menjadi objek analisis pada penelitian ini adalah mesin *cutting laser* yang merupakan mesin yang sering mengalami kerusakan dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya. Mesin *cutting laser* memiliki lima komponen, yaitu *head laser*, *mirror*, *chiller*, *rel head*, dan tabung CO₂. Dalam jangka waktu Maret 2019 – September 2021, total kerusakan mesin *cutting laser* adalah 43 kali. Frekuensi kerusakan mesin *cutting laser* dapat dilihat pada Tabel 1. Komponen *head laser* merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan, sedangkan frekuensi kerusakan yang paling sedikit adalah pada komponen *rel head* dan tabung CO₂.

Tabel 1. Frekuensi kerusakan mesin *cutting laser*

No	Komponen	Frekuensi
1	<i>Head laser</i>	11
2	<i>Mirror</i>	9
3	<i>Chiller</i> (pendingin)	9
4	<i>Rel head</i>	7
5	Tabung CO ₂	7

3.2 FMEA Mesin Cutting Laser

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan prioritas kerusakan potensial agar sumber daya perusahaan dapat dialokasikan secara efektif. Analisis FMEA dari masing-masing komponen mesin *cutting laser* dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara. Adapun hasil FMEA mesin *cutting laser* dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil FMEA, komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah komponen *chiller* atau mesin pendingin dengan nilai RPN 112, diikuti dengan komponen tabung CO₂, *head laser*, *mirror*, dan *rail head*. Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin tinggi pula tingkat kekritisan komponen tersebut. Oleh karena itu, komponen *chiller* perlu diprioritaskan dalam manajemen perawatan CV Wijaya Workshop. Selain itu, perlu dilakukan pengecekan berkala terhadap komponen tersebut untuk menghindari terjadinya kegagalan dan kerusakan.

Tabel 2. FMEA mesin *cutting laser*

Komponen	Fungsi	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>	S	O	D	RP N
<i>Head laser</i>	Mengeluarkan laser untuk memotong material	Lensa fokus kotor	Pembersihan tidak dilakukan secara rutin	Proses <i>cutting</i> melambat	6	5	3	90
		Hasil tembakan dua garis	Lensa menabrak <i>nozzle</i>	Produk gagal				

Komponen	Fungsi	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect	S	O	D	RPN
Mirror	Memantulkan sinar laser dari tabung ke head laser	Lensa pantul tidak fokus (pas tengah)	Pengecekan secara rutin	Hasil cutting miring	6	3	3	54
Chiller	Mendinginkan tabung mesin	Suhu chiller tinggi	Freon berkurang Pompa air mati Kerusakan pada controller	Tabung retak atau pecah karena air di dalam chiller terlalu panas	7	4	4	112
Rail Head	Penggerak head laser	Pergerakan head laser tidak halus	Kurang pelumas	Hasil cutting tidak mulus atau bergerigi	4	3	3	36
Tabung Gas CO ₂	Menghasilkan sinar laser	Sinar laser tidak keluar Tabung retak	Masalah pada power supply Suhu chiller terlalu tinggi	Sinar laser tidak dapat dihasilkan	8	3	4	96

3.3 Logic Tree Analysis (LTA)

Analisis LTA (*Logic Tree Analysis*) ini digunakan untuk mengelompokkan konsekuensi mode kegagalan pada mesin cutting laser yang diperoleh dari hasil FMEA berdasarkan prioritas kategorinya seperti *safety, evident, outage*, dan *category A, B, C, serta D*. Hasil pengelompokan jenis kegagalan berdasarkan kategori dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. LTA mesin cutting laser

Komponen	Failure Mode	Evident	Safety	Outage	Category
Head laser	Lensa fokus kotor	Y	T	Y	B
	Hasil tembakan dua garis	Y	T	Y	C
Mirror	Lensa pantul tidak fokus (pas tengah)	Y	T	Y	C
Chiller	Suhu chiller tinggi	Y	T	Y	B
Rail head	Pergerakan head laser tidak halus	Y	T	Y	C
Tabung gas CO ₂	Sinar laser tidak keluar	Y	T	Y	B
	Tabung retak	Y	T	Y	B

Keterangan:

Y = Ya
T = Tidak

Berdasarkan hasil LTA pada Tabel 3, didapatkan bahwa semua komponen kerusakan tidak menyebabkan kecelakaan kerja. Terdapat tiga mode kegagalan yang berdampak pada masalah ekonomi perusahaan yaitu mode kegagalan hasil tembakan dua garis head laser, pergerakan rail head tidak halus, serta lensa pantul tidak fokus yang menyebabkan kecacatan pada produk. Terjadinya cacat produk akan berdampak pada meningkatnya jumlah rework ataupun scrap. Jika jumlah produk yang harus diperbaiki ataupun yang tidak dapat diperbaiki meningkat, maka perusahaan akan mengalami kerugian ekonomi, karena produk tidak berhasil dijual, sedangkan sumber daya sudah dikeluarkan.

Selain itu, terdapat empat komponen yang termasuk ke dalam kategori B, yaitu kategori yang menyebabkan sebagian maupun keseluruhan mesin berhenti beroperasi. Jenis kegagalan yang termasuk ke dalam kategori ini adalah lensa fokus head laser kotor, suhu chiller tinggi, sinar laser tidak keluar, dan tabung gas CO₂ yang retak.

3.4 Penentuan Nilai MTTR dan MTTF

Penentuan MTTR dan MTTF dilakukan untuk menentukan kapan tindakan perawatan mesin perlu dilakukan berdasarkan mode kegagalan yang diperoleh. Nilai MTTR dan MTTF didapatkan setelah menentukan nilai TTR dan TTF dari masing-masing komponen berdasarkan distribusi terpilih. Data TTR didapatkan dari lamanya waktu perbaikan komponen mesin cutting laser. Sedangkan data TTF yang didapatkan dari interval waktu kerusakan mesin cutting laser untuk setiap komponen. Pada penelitian ini, penentuan distribusi terpilih didasarkan pada nilai index of fit yang terbesar dan nilai Anderson Darling (adj) terkecil dengan bantuan software minitab 19. Tabel 4 dan Tabel 5

berturut-turut menunjukkan data TTR dan TTF mesin *cutting laser*.

Tabel 4. *Time to repair* mesin *cutting laser*

TTR (menit)				
Head Laser	Mirror	Chiller	Rail Head	Tabung CO ₂
72	59	113	87	74
50	102	94	33	87
53	54	98	85	59
57	88	94	100	116
61	69	117	34	99
73	50	95	99	96
48	58	89	62	113
106	42	114		
71	78	88		
58				
74				

Tabel 5. *Time to failure* mesin *cutting laser*

TTR (hari)				
Head Laser	Mirror	Chiller	Rail Head	Tabung CO ₂
116	175	78	126	125
84	95	107	161	170
68	156	110	199	133
71	52	110	157	88
87	91	111	125	98
115	171	127	71	256
199	152	118		
36	13	78		
116				
13				

Penentuan nilai *Index of Fit* didapatkan dari interval waktu antar kerusakan (TTF) serta waktu antar perbaikan (TTR). Nilai tersebut digunakan untuk menentukan jenis distribusi terpilih yang akan digunakan untuk penentuan nilai MTTF dan MTTR. Tabel 6 menunjukkan hasil nilai *index of fit* dari interval waktu perbaikan dan interval waktu kerusakan.

Tabel 6. *Index of fit* TTR dan TTF

Komponen	TTR		TTF	
	Distribusi	Index of Fit	Distribusi	Index of Fit
Head laser	Lognormal	0,958	Weibull	0,963
Mirror	Lognormal	0,993	Normal	0,958
Chiller	Lognormal	0,937	Weibull	0,924
Rail head	Normal	0,940	Normal	0,974
Tabung CO ₂	Weibull	0,990	Lognormal	0,976

Berdasarkan hasil nilai *index of fit* untuk menentukan jenis distribusi pada interval waktu perbaikan (TTR), tiga komponen memiliki jenis distribusi lognormal yaitu komponen *head laser*, *mirror*, dan juga *chiller*, sedangkan *rel head* memiliki jenis distribusi normal dan tabung CO₂ memiliki jenis distribusi Weibull. Sedangkan untuk nilai *index of fit*

dari TTF, didapatkan bahwa komponen *head laser* dan *chiller* memiliki distribusi Weibull, *mirror* dan *rail head* memiliki distribusi Normal, dan tabung CO₂ berdistribusi Lognormal.

Setelah mengetahui distribusi TTR dan TTF untuk masing-masing komponen, maka selanjutnya dilakukan penentuan nilai MTTR dan MTTF untuk mengetahui rata-rata lamanya waktu perbaikan serta rata-rata lamanya waktu mesin mengalami kerusakan hingga rusak kembali. Nilai MTTR dan MTTF ditentukan berdasarkan rumus dari distribusi terpilih untuk masing-masing komponen. Nilai MTTR dan MTTF mesin *cutting laser* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTR (menit)
Head laser	Lognormal	Loc = 4,16032 StDev (σ) = 16,0151	66
Mirror	Lognormal	Loc = 4,16042 StDev (σ) = 21,6598	67
Chiller	Lognormal	Loc = 4,160173 StDev (σ) = 11,3855	100
Rail Head	Normal	Mean (μ) = 71,3413 StDev (σ) = 30,4227	71
Tabung CO ₂	Weibull	Shape (β) = 4,56085 Scale (θ) = 100,571	92

Tabel 8. Hasil MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTF (hari)
Head laser	Weibull	Shape (β) = 1,528 Scale (θ) = 104,546	94
Mirror	Normal	Mean (μ) = 113,125 StDev (σ) = 53,61316	113
Chiller	Weibull	Shape (β) = 6,48406 Scale (θ) = 111,97	104
Rail Head	Normal	Mean (μ) = 139,833 StDev (σ) = 47,8727	139
Tabung CO ₂	Lognormal	Loc = 4,91032 StDev (σ) = 67,0225	148

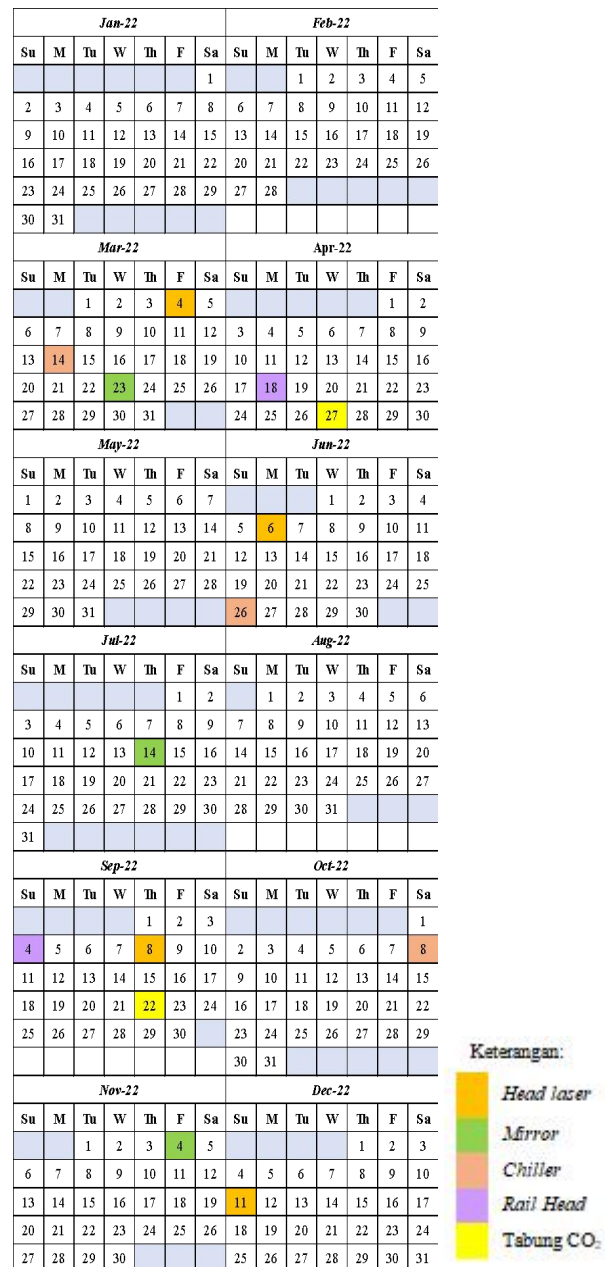
Berdasarkan Tabel 7, didapatkan bahwa rata-rata waktu perbaikan untuk komponen *head laser* adalah 66 menit, *mirror* 67 menit, *chiller* 100 menit, *rail head* 71 menit, dan tabung CO₂ 92 menit. Sedangkan, waktu perawatan berdasarkan Tabel 8 untuk komponen *head laser* adalah setiap 94 hari, *mirror* setiap 113 hari, *chiller* setiap 104 hari, *rail head* setiap 139 hari dan tabung CO₂ setiap 148 hari.

Hasil ini kemudian ditransformasikan menjadi kalender usulan jadwal perawatan mesin *cutting laser* di CV Wijaya Workshop. Kalender ini akan memudahkan perusahaan dalam melihat kapan waktu untuk melakukan perawatan. Kalender perawatan ini dibuat untuk jangka waktu satu tahun, yaitu pada tahun 2022. Penentuan jadwal perawatan dihitung sejak awal bulan Desember 2021. Gambar 2 adalah jadwal perawatan mesin *cutting laser* CV Wijaya Workshop.

4. Kesimpulan

RCM adalah salah satu metode efektif dalam manajemen perawatan. RCM mampu menggabungkan strategi *preventive* dan *corrective maintenance* dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. RCM memberikan hasil praktis terkait prioritas kerusakan mesin, pengaruhnya, serta penjadwalan perawatan mesin sehingga kerusakan tiba-tiba dapat dihindari. Berdasarkan hasil FMEA, didapatkan bahwa komponen mesin *cutting laser* yang memiliki risiko kerusakan tertinggi adalah *chiller* dengan mode kegalan suhu yang tinggi. Selain itu, analisis LTA menunjukkan bahwa kegagalan-kegagalan mesin yang terjadi memberikan dampak ekonomi kepada perusahaan dan terhambatnya proses produksi. Implikasi lebih lanjut dari manajemen perawatan dengan RCM adalah usulan terkait waktu perawatan optimal untuk masing-masing komponen mesin *cutting laser*, yaitu setiap 94 hari untuk *head laser*, 113 hari untuk *mirror*, 104 hari untuk *chiller*, 139 hari untuk *rail head*, dan 148 hari untuk tabung CO₂.

Penelitian ini hanya terbatas pada manfaat teknis dari penjadwalan perawatan. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menambahkan variabel biaya untuk mengetahui adanya penurunan biaya atau tidak pada perawatan mesin ketika mengalami masalah secara tiba-tiba dan sebelum kerusakan terjadi. Selain itu, penjadwalan perawatan pada seluruh mesin pendukung proses produksi juga akan memberikan hasil dan manfaat lebih terhadap perusahaan.



Gambar 2. Kalender usulan penjadwalan perawatan mesin *cutting laser*

Daftar Pustaka

Alahmad, Y., & Agarwal, A. (2019). VNF placement strategy for availability and reliability of network services in NFV. *2019 6th International Conference on Software Defined Systems, SDS 2019*, 284–289. <https://doi.org/10.1109/SDS.2019.8768620>

Azwir, H. H., Wicaksono, A. I., & Oemar, H. (2020). Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM di Mesin Produksi Kertas. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 19(1), 12. <https://doi.org/10.25077/josi.v19.n1.p12-21.2020>

Fattahi, R., & Khalilzadeh, M. (2018). Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment. *Safety Science*, 102(November 2016), 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.018>

Gupta, G., & Mishra, R. P. (2018). Identification of

- Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance. *Procedia CIRP*, 69(May), 905–909. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.122>
- Igder, M. A., Rafiei, M., Boudjadar, J., & Khooban, M. H. (2021). Reliability and Safety Improvement of Emission-Free Ships: Systemic Reliability-Centered Maintenance. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 7(1), 256–266. <https://doi.org/10.1109/TTE.2020.3030082>
- Jha, M. K., & Kumar, R. (2016). Reliability Centered Maintenance of a Ply Industry: A Case Study. *International Journal of Engineering Research And*, V5(11), 328–335. <https://doi.org/10.17577/ijertv5is110228>
- Merkt, O. (2019). On the use of predictive models for improving the quality of industrial maintenance: An analytical literature review of maintenance strategies. *Proceedings of the 2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2019*, 18, 693–704. <https://doi.org/10.15439/2019F101>
- Moslemi, N., Kazemi, M., Abedi, S. M., Khatibzadeh-Azad, H., & Jafarian, M. (2017). Mode-based reliability centered maintenance in transmission system. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 27(4), 1–12. <https://doi.org/10.1002/etep.2289>
- Okwuobi, S., Ishola, F., Ajayi, O., Salawu, E., Aworinde, A., Olatunji, O., & Akinlabi, S. A. (2018). A reliability-centered maintenance study for an individual section-forming machine. *Machines*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/machines6040050>
- Raharja, I. P., Suardika, I. B., & Galuh W, H. (2021). Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 39–48. <https://doi.org/10.36040/industri.v11i1.3414>
- Sajaradj, Z., Huda, L. N., & Sinulingga, S. (2019). The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012058>
- Salah, M., Osman, H., & Hosny, O. (2018). Performance-Based Reliability-Centered Maintenance Planning for Hospital Facilities. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 32(1), 04017113. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0001112](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001112)
- Shamayleh, A., Awad, M., & Abdulla, A. O. (2020). Criticality-based reliability-centered maintenance for healthcare. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 26(2), 311–334. <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2018-0084>
- Supriyadi, S., Jannah, R. M., & Syarifuddin, R. (2018). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance pada Perusahaan Gula Rafinasi. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 5(2), 139–147. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/3285>
- Wang, Y., Deng, C., Wu, J., Wang, Y., & Xiong, Y. (2014). A corrective maintenance scheme for engineering equipment. *Engineering Failure Analysis*, 36, 269–283. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.10.006>
- Wibowo, H., Sidiq, A., & Ariyanto, A. (2018). Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Perusahaan Karet. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 79–87. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i2.4106>