

ANALISIS NILAI PERFORMANSI MESIN SPLITTING DENGAN METODE *RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY, DAN SAFETY ANALYSIS* (RAMS) DI PT.GARUT MAKMUR PERKASA

ANALYSIS OF PERFORMANCE VALUE OF SPLITTING MACHINE USING *RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY, AND SAFETY ANALYSIS* (RAMS) METHODS IN PT. GARUT MAKMUR PERKASA

Anselvi Mega Lestari¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Judi Alhilman³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹anselvimegalestari@student.telkomuniversity.ac.id, ²fransiskustatas@telkomuniversity.ac.id

³judi.alhilman@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Mesin Splitting pada PT.GMP merupakan salah satu mesin utama yang digunakan untuk melakukan pembelahan kulit sesuai dengan standar ketebalan yang ditetapkan oleh perusahaan. Tingginya frekuensi *downtime* mesin menyebabkan turunnya performa mesin yang akan mempengaruhi target produksi. Untuk itu diperlukan langkah yang tepat untuk mengurangi permasalahan tersebut dengan menganalisis nilai *reliability, availability, maintainability* dan *safety* (RAMS) pada perusahaan. Data yang digunakan adalah data waktu kerusakan mesin Splitting bulan Januari 2017 – Desember 2019. Pada perhitungan *risk matrix* didapatkan subsistem kritis yaitu pisau, meja, dan *bearing roll*. Hasil pengolahan data RAMS dengan menggunakan pemodelan RBD didapatkan nilai *reliability* sistem pada $t = 264$ sebesar 80% berdasarkan standar IVARA. Nilai *inherent availability* sebesar 99.51% dan *operational availability* sebesar 99.73%. Nilai *maintainability* sistem mencapai angka 100% pada $t = 16$ jam. Pada evaluasi indikator *leading* dan indikator *lagging* sudah mencapai target diatas 95% sesuai dengan standar IVARA *World Class Maintenance Key Performance Indicator*. Hasil perhitungan *safety* berdasarkan nilai PFD dan RRF untuk setiap subsistem pada saat interval waktu 8 jam dan 40 jam, subsistem bearing roll memiliki tingkat SIL terbesar yaitu SIL 2, subsistem pisau dan meja memiliki tingkat SIL 2 pada waktu 8 jam dan memiliki SIL 1 pada waktu 40 jam. Perhitungan ini berdasarkan standar IEC 61508.

Kata Kunci : Splitting, *Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Reliability Block Diagram, Maintenance Key Performance Indikator, SIL, IEC 61508.*

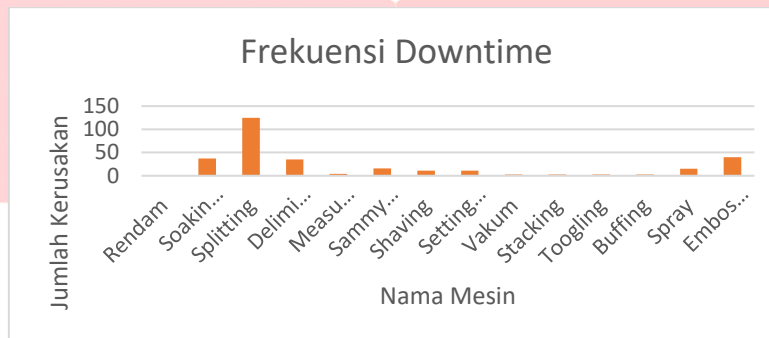
Abstract

Splitting machine at PT.GMP is one of the main machines used to do skin cleavage in accordance with the thickness standards set by the company. The high frequency of engine downtime causes a decrease in engine performance which will affect production targets. For this reason, appropriate steps are needed to reduce these problems by analyzing the value of *reliability, availability, maintainability* and *safety* (RAMS) in the company. The data used is Splitting machine damage data for January 2017 - December 2019. In the calculation of the risk matrix, critical subsystems are obtained, namely knives, tables and bearing roll. The results of RAMS data processing using RBD modeling obtained value of system *reliability* at $t = 264$ of 80% best on IVARA world class standard. The *inherent availability* value is 99.51% and *operational availability* is 99.73%. The system *maintainability* value reaches 100% at $t = 16$ hours. In the evaluation of *leading* indicators and *lagging* indicators have reached targets above 95% in accordance with IVARA World Class Maintenance Key Performance Indicator standards. The *safety* calculation results are based on the PFD and RRF values for each subsystem at intervals of 8 hours and 40 hours, the bearing roll subsystem has the largest SIL level, namely SIL 2, the knife and table subsystem has a SIL 2 level at 8 hours and has SIL 1 at the time 40 hours. This calculation is based on the IEC 61508 standard.

Keywords: Splitting, *Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Reliability Block Diagram, Maintenance Key Performance Indicators, SIL, IEC 61508.*

1. Pendahuluan

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang berkembang dalam pengolahan bahan dasar kulit sampai menjadi kulit yang sudah tersamak (*leather*) dengan menggunakan bahan penyamak. PT.GARUT MAKMUR PERKASA (PT. GMP) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri penyamakan kulit. Dalam kegiatan produksinya PT. GMP juga tidak pernah terlepas dari masalah kerusakan mesin dikarenakan proses penyamakan kulit yang dilakukan secara terus menerus menyebabkan turunnya performansi mesin yang mempengaruhi target produksi. Hal tersebut dapat dilihat dari frekuensi waktu kerusakan yang terjadi pada mesin karena kerusakan tersebut sehingga target produksi tidak tercapai. Berikut merupakan data frekuensi downtime 14 mesin dalam proses penyamakan



Gambar 1 Data Frekuensi Kerusakan

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa frekuensi *downtime* dari seluruh mesin pada PT. GMP dapat disimpulkan bahwa mesin *splitting* memiliki frekuensi *downtime* tertinggi yang berjumlah 125 kerusakan dalam rentang waktu dari Januari 2017 – Desember 2019. Mesin *splitting* merupakan mesin untuk menipiskan kulit. Mesin ini mampu melakukan proses pemisahan sebanyak 277 lembar/jam. Kegiatan pemeliharaan yang mengganggu proses produksi akan meningkatkan *downtime*. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian dengan memperhatikan *reliability*, *availability*, *maintainability* pada mesin *Splitting* untuk mengatasi masalah *downtime* mesin. Tingkat frekuensi kerusakan yang tinggi dapat menyebabkan nilai *availability* dari mesin *Splitting* menjadi kecil, dan berpengaruh ke tingkat *reliability* mesin *Splitting*. Sehingga dibutuhkan penelitian lebih untuk melihat nilai keamanan (*safety*) dari mesin *Splitting*. Dengan menggunakan metode *Reliability Availability Maintainability* dan *Safety* (RAMS) dapat diketahui nilai kehandalan, ketersediaan, kemampurawatan dan keamanan dari mesin *Splitting*.

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 Manajemen Perawatan

Penelitian Tsarouhas, 2018 [13] terdapat tiga faktor utama dalam proses pemeliharaan yaitu ketersediaan sumberdaya, manajemen ketenagakerjaan, dan prosedur perencanaan pemeliharaan. Pada penelitian Saputra, Judi, & Supratman, 2016 [10] untuk menjaga kemampuan mesin agar selalu dapat digunakan dengan baik dan kegiatan produksi tetap berjalan maka diperlukan adanya perawatan mesin.

2.2 System Breakdown Structure (SBS)

Penelitian oleh Fusaro & Viola, 2018 [6] SBS merupakan langkah awal untuk mengidentifikasi komponen yang akan dilakukan analisis lebih dalam. Tujuannya untuk memecah sistem menjadi bagian yang lebih kecil disebut dengan subsistem kemudian dibedakan berdasarkan fungsinya untuk memudahkan memahami fungsi dari bagian-bagian tersebut

2.3 Risk Matrix

Pada penelitian Moss, Ulber, & Hoed, 2019 [9] Sebelum membuat *risk matrix* diperlukan beberapa aspek risiko yang dibutuhkan untuk terhadap objek yang diteliti. Untuk setiap risiko, dilakukan evaluasi terhadap tingkat *likelihood* dan *severity* yang kemudian akan dilakukan *risk assesment* yang akan menghasilkan *risk matrix*.

2.4 Reliability Block Diagram (RBD)

Reliability block diagram di definisikan oleh Larrucea et al., 2017 [7] merupakan model yang paling umum digunakan untuk keandalan, yang terdiri dari blok-blok yang mewakili item-item secara individual. Terdapat dua tipe dasar *reliability block diagram*, yaitu seri dan paralel. Penelitian Alhilman, 2016 [2] analisis pada BTS menjelaskan bahwa pada RBD dapat ditentukan distribusi dengan menggunakan uji anderson-darling pada software Minitab 17

2.5 Reliability, Availability, Maintainability (RAM)

Pada penelitian Ahmadi, Moosazadeh, Hajihassani, Moomivand, & Rajaei, 2019 [1] menjelaskan bahwa analisis RAM merupakan pendekatan yang signifikan untuk mengurangi biaya perawatan dan dapat meningkatkan fungsi

operasi dari sistem. Berdasarkan jurnal Corvaro, Giacchetta, Marchetti, & Recanati, 2017 [4] untuk analisis RAM menggunakan *reliability block diagram* dan metode Monte Carlo yang memungkinkan ketersediaan produk dapat terpenuhi. Penelitian Tsarouhas, 2018 [13] pada pengemasan botol wine menjelaskan bahwa RAM memainkan peran penting yang memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai parameter distribusi untuk analisis kehandalan dan pemeliharaan.

2.5.1 Reliability

Choudhary, Tripathi, & Shankar, 2019 [3] melakukan penelitian pada pabrik semen menyatakan nilai keandalan suatu komponen maupun sistem biasanya dinyatakan dalam bentuk probabilitas atau peluang, dengan nilai R (*Reliability*) antara 0 sampai 1.

2.5.2 Availability

Availability didefinisikan oleh Larrucea et al., 2017 [7] merupakan suatu ukuran waktu yang dibutuhkan bagi suatu sistem untuk benar-benar beroperasi. Pada penelitian Tsarouhas, 2019 [14] pada garis produksi croissant menjelaskan *availability* dapat ditingkatkan dengan meningkatkan nilai keandalan dan kemampurawatan dari suatu sistem.

2.5.3 Maintainability

Penelitian Sikos & Klemeš, 2010 [12] menjelaskan *maintainability* merupakan peluang keberhasilan dari suatu alat yang akan beroperasi kembali ke keadaan semula dalam periode perawatan waktu tertentu. Penelitian Setyowati, Alhilman, Tatas, & Atmaji, 2019 [11] menjelaskan nilai *maintainability* pada setiap subsistem semakin lama akan meningkat seiring dengan meningkatnya waktu subsistem akan semakin optimal.

2.6 Safety Analysis

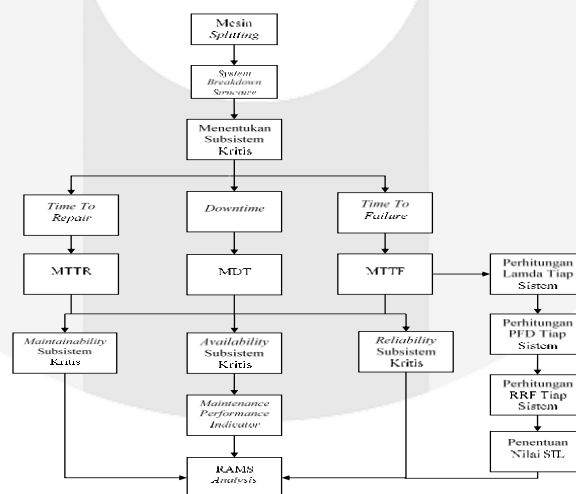
Penelitian Lundteigen, Rausand, & Utne, 2009 [8] menyatakan bahwa konsep utama dalam standar IEC adalah keselamatan fungsional dari seluruh kegiatan pada sistem. Pada penelitian Drum, Belakang, & Heat, n.d.[5] menyatakan bahwa SIL merupakan tingkat range keamanan dari suatu sistem. SIL merepresentasikan besarnya *probabilitas of failure on demand* (PFD) dan *Risk Reduction Factor* (RRF) menurut standard IEC 61508 terdapat 4 tingkatan SIL yaitu:

Tabel 1 Safety Integrity Level

Safety Integrity Level	Probability of Failure on Demand (PFD)	Risk Reduction Factor (RRF)
4	< 0.0001	>10000
3	0.001-0.0001	1000-10000
2	0.01-0.001	100-1000
1	0.1-0.01	10-100

3. Model Konseptual

Berikut merupakan model konseptual yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini.



Gambar 2 Model Konseptual

Pada gambar 2 diatas merupakan model konseptual yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini. Input berawal dari mesin Splitting. Kemudian dilakukan *system breakdown structure* untuk mengetahui pembagian sistem berdasarkan fungsi dari mesin Splitting. Selanjutnya yaitu menentukan subsistem kritis dengan menggunakan *risk matrix*. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan analisis terhadap TTF dan TTR dan

MDT. Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan *reliability*, *availability*, dan *maintainability* pada subsistem kritis. Kemudian dilakukan perhitungan *Maintenance Performance Indicator* didapatkan dari nilai *availability* sistem kritis. kemudian dilakukan perhitungan *safety*. Pada akhir penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan analisis *Reliability*, *availability*, *Maintainability* dan *Safety* yang bisa menjadi evaluasi dari sistem eksisting dari mesin Splitting.

4. Pembahasan

Tahap pertama untuk melakukan perhitungan RAMS yaitu mengumpulkan data kerusakan mesin dari Januari 2017 sampai Desember 2019. Penelitian ini berfokus pada 1 objek yaitu mesin Splitting. Data yang digunakan adalah data waktu kerusakan dari setiap subsistem dari mesin Splitting.

4.1 Penentuan Subsistem Kritis

Penentuan subsistem kritis bertujuan untuk memilih susbsistem mana yang memiliki risiko kerusakan tertinggi yang berhubungan dengan operasional mesin. Penentuan subsistem kritis dapat ditentukan dengan menggunakan *risk matrix*. *Risk matrix* memiliki dua nilai *matrix* yaitu *severity* dan *likelihood*. Berikut merupakan tabel *risk matrix* pada mesin splitting.

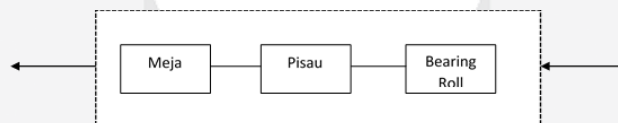
Tabel 2 *Risk Matrix* Subsistem Mesin Splitting

LIKELIHOOD	SEVERITY				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
Rare 1	1	2	4	4	5
Unlikely 2	2	Motor Gerinda	6	8	10
Possible 3	3	Cincin, Gerinda	9	12	15
Likely 4	4	Bearing roll	Bearing Roll	16	20
Almost Certain 5	5	10	Meja	Pisau	25

Pada tabel diatas dapat disimpulkan ada 4 kategori warna dari *risk matrix* yaitu warna hijau menunjukkan risiko terenda, warna kuning menunjukkan risiko medium, warna oren menunjukkan risiko tinggi yang perlu dilakukan perbaikan segera, dan warna menunjukkan risiko *extrem* dan harus segera dilakukan perbaikan. Berdasarkan tabel diatas didapatkan 3 subsistem kritis yang berada pada zona merah dan oren yaitu pisau, meja, dan bearing roll. Setelah didapatkan subsistem kritis, dengan ini penelitian akan dilanjutkan pada tahapan selanjutnya.

4.2 Pemodelan Reliability Block Diagram

Pembuatan model *reliability block diagram* bertujuan untuk menunjukkan keterkaitan fungsi *reliability* dan *availability* pada subsistem kritis mesin Splitting. Gambar berikut merupakan sistem kerja dari subsistem kritis mesin Splitting.



Gambar 3 *Reliability Block Diagram* Subsistem Kritis

Pada Gambar 3 diatas menunjukkan bahwa sistem kerja dari mesin Splitting adalah tersusun secara seri dikarenakan setiap subsistem memiliki sistem kerja terintegrasi. Apabila salah satu subsistem rusak, maka dapat mengganggu sistem kerja dari subsistem lainnya.

4.3 Uji Anderson Darling

4.3.1 Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) yang didapatkan dari hasil distribusi subsistem kritis yang terpilih yang dilakukan pengujian dengan software Minitab 17, didapatkan distribusi normal, eksponensial, dan weibull. Langkah selanjutnya yaitu mencari parameter untuk setiap distribusi dengan menggunakan software AvSim+ 9.0 Tabel berikut merupakan hasil perhitungan MTTF pada subsistem kritis mesin splitting:

Tabel 3 *Mean Time To Failure*

Subsistem Kritis	Distribusi Terpilih	Parameter			$\Gamma(1/\beta+1)$	MTTF (Jam)
		η	μ	β		
Pisau	Weibull	394.23	0	21.2403	0.97492671	384.35
Meja	Normal	-	1404.16			1404.16

Bearing Roll	Normal	-	2763.9			2763.9
--------------	--------	---	--------	--	--	--------

Pada Tabel 4 diatas didapatkan nilai MTTF pisau, meja, dan bearing roll, secara berurutan adalah 384.35 jam, 1404.16 jam, dan 2763.9 jam.

4.3.2 Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) yang didapatkan dari hasil distribusi subsistem kritis yang terpilih. Tabel berikut merupakan hasil perhitungan MTTR pada subsistem kritis mesin splitting:

Tabel 4 Mean Time To Repair

Subsistem Kritis	Distribusi Terpilih	Parameter			$\Gamma(1/\beta+1)$	MTTR (Jam)
		η	μ	β		
Pisau	Normal	-	1.2705			1.2705
Meja	Normal	-	0.83139			0.831
Bearing Roll	Weibull	2.46649	-	7.77946	0.94046	2.320

Pada tabel 5 dilakukan perhitungan MTTR menggunakan software AvSim+. Didapatkan nilai MTTR pisau, meja, dan bearing roll secara berurutan adalah 1.2705 jam, 0.831 jam, dan 2.320 jam

4.3.3 Perhitungan MDT

Untuk menentukan distribusi yang mewakili distribusi DT dari subsistem kritis mesin Splitting dapat dilihat dari hasil pengolahan data pada software minitab 17. Mean Downtime (MDT) yang didapatkan dari hasil distribusi subsistem kritis mesin splitting yang terpilih. Tabel berikut merupakan hasil perhitungan MDT pada subsistem kritis mesin splitting:

Tabel 5 Mean Downtime

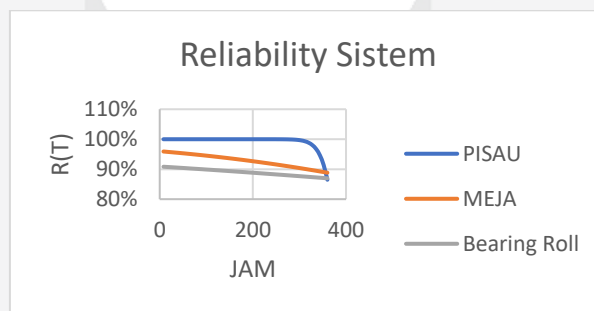
Subsistem Kritis	Distribusi Terpilih	Parameter			$\Gamma(1/\beta+1)$	MDT (Jam)
		η	μ	β		
Pisau	Normal		1.50318			1.503
Meja	Weibull	1.22355		3.67506	0.90212	1.104
Bearing Roll	Normal		2.53156			2.532

Pada tabel 6 diatas merupakan hasil perhitungan MDT menggunakan software AvSim+. Didapatkan nilai MDT pisau, meja, dan bearing roll, secara berurutan adalah 1.503 jam, 1.104 jam, dan 2.532 jam.

4.4 Perhitungan RAMS

4.4.1 Reliability

Langkah-langkah dalam perhitungan reliability dengan menggunakan data TTF. Variabel waktu yang ditentukan adalah variabel bebas dengan durasi waktu antara 8 jam sampai dengan 264 jam dengan interval waktu 8 jam. Berdasarkan perhitungan reliability dengan analytical approach pada subsistem kritis terpilih yaitu pisau, meja, bearing roll didapatkan peluang subsistem berjalan sesuai dengan fungsinya selama 8 jam sampai 264 jam. Gambar berikut merupakan grafik hasil perhitungan reliability dengan analytical approach:



Gambar 4 Grafik Reliability

Dapat dilihat pada Gambar.4 diatas bahwa nilai reliability untuk setiap subsistem mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu operasi mesin. Nilai reliability sistem pada subsistem kritis berdasarkan standar IVARA yaitu 80% berada pada saat t = 264 jam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kehandalan pada subsistem kritis mesin splitting perlu dilakukannya perbaikan pada saat t = 264 jam, sehingga untuk menaikkan nilai reliability dapat dilakukan dengan membuat maintenance task. Berdasarkan IVARA, work request pada maintenance task pada suatu mesin adalah diatas 80%, sehingga nilai keseluruhan pada reliability subsistem kritis pada t=8 memiliki peluang 87% untuk menjalankan fungsi sebagaimana mestinya.

4.4.2 Availability

Analisis terhadap *inherent availability* dan *operational availability* pada subsistem kritis mesin Splitting yaitu pisau, meja, dan bearing roll sebagai berikut:

1. *Inherent Availability* (A_i)

Perhitungan *inherent availability* menggunakan data MTTF dan MTTR pada subsistem kritis mesin Splitting yaitu pisau, meja, bearing roll. Tabel merupakan hasil perhitungan *inherent availability* :

Tabel 6 Perhitungan *Inherent Availability*

Subsistem Kritis	MTTF	MTTR	<i>Inherent Availability</i>
Pisau	384.35	1.271	99.68%
Meja	1404.16	0.831	99.94%
Bearing Roll	2763.9	2.320	99.89%

2. *Operational Availability*

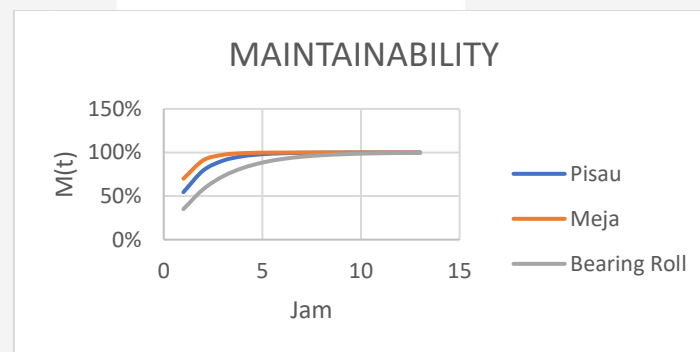
Perhitungan *operational availability* dihitung dengan menggunakan data operational time mesin Splitting beroperasi selama satu tahun dan data *downtime* dari mesin splitting. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan *operational availability* pada subsistem mesin Splitting:

Tabel 7 Perhitungan *Operational Availability*

Subsistem Kritis	<i>Operational time</i>	DT	<i>Operational Availability</i>
Pisau	1920	1.50318	99.92%
Meja	1920	1.10379	99.94%
Bearing Roll	1920	2.53156	99.87%

4.4.3 Maintainability

Pada perhitungan *maintainability* data yang digunakan adalah data TTR pada subsistem kritis mesin splitting. Pada penelitian ini, jangka waktu yang digunakan dari 1 jam sampai dengan 13 jam (t merupakan variabel waktu bebas), dengan tujuan masing-masing subsistem kritis dapat mencapai nilai *maintainability* yang optimal atau sebesar 100%. Perhitungan *maintainability* dilakukan untuk menunjukkan waktu yang dibutuhkan pada peluang oleh sistem agar dapat diperbaiki sehingga dapat kembali beroperasi dengan optimal dengan performansi 100% dengan rentang waktu antara 1 jam – 17 jam. Gambar berikut merupakan hasil perhitungan *maintainability* pada subsistem kritis:



Gambar 5 Grafik *Maintainability*

Pada Gambar.5 diatas dapat dilihat bahwa nilai *maintainability* pada setiap subsistem semakin lama semakin mengalami kenaikan, semakin lama waktu perawatan pada subsistem maka kualitas kerja pada subsistem akan semakin baik. Selain itu nilai MTTR juga berpengaruh dalam perhitungan *maintainability*. Semakin besar nilai MTTR, maka semakin kecil nilai *maintainability*.

4.4.4 Maintenance Performance Indicator

Pada perhitungan *leading* dan *lagging indicator* pada disimpulkan tingkat performansi subsistem kritis mesin Splitting pada tabel berikut ini :

Tabel 8 *Maintenance Performance Indicator*

Indikator	Nilai	Target 95%
<i>Leading Indicator</i>	99.51%	<i>Achived</i>

Lagging Indicator	99.73%	Achived
-------------------	--------	---------

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil *availability* sistem pada *leading indicator* dan *lagging indicator* sudah melebihi target sesuai dengan *world class key performance indicator* IVARA 95%.

4.4.5 Perhitungan *Safety Integrity Level* (SIL)

Proses perhitungan SIL terdiri dari beberapa tahapan yaitu perhitungan *probability failure on demand* (PFD), perhitungan *failure rate* (λ), dan perhitungan *safety integrity level* (SIL) pada subsistem kritis mesin Splitting. Tabel 10 merupakan hasil perhitungan SIL pada subsistem kritis mesin Splitting pada saat $T_i=8$ jam (waktu 1 hari operasional mesin) dan $T_i=40$ jam (waktu 1 minggu operational mesin) sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 9 Perhitungan *Safety Integrity Level*

Komponen	t (jam)	λ	PFD	RRF	SIL
PISAU	8	0.000790	0.00316	316.442	SIL 2
	40		0.0158	63.288	SIL 1
Meja	8	0.0007122	0.00285	351.040	SIL 2
	40		0.01424	70.208	SIL 1
Bearing Roll	8	0.0003618	0.00145	690.975	SIL 2
	40		0.00724	138.195	SIL 2

Pada perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya dapat diketahui bahwa laju kegagalan terbesar terdapat pada subsistem pisau sebesar 0.00079. Pada nilai PFD juga didapatkan nilai terbesar pada subsistem pisau sebesar 0.0158. Nilai PFD akan berpengaruh terhadap nilai RRF. Dapat dilihat bahwa nilai RRF pada subsistem pisau memiliki nilai lebih rendah dari subsistem lainnya. Sementara itu, nilai RRF tertinggi terdapat pada subsistem bearing roll sebesar 690.975 pada waktu 8 jam atau satu hari jam operational mesin yang dapat disimpulkan bahwa subsistem bearing roll memiliki tingkat SIL tertinggi yaitu SIL 2. Pada subsistem pisau memiliki nilai PFD terbesar yaitu 0.0158 dan memiliki RRF terendah yaitu 63.228 dibandingkan dengan subsistem lainnya. Dengan hal ini dapat diketahui bahwa nilai PFD dan RRF pada subsistem pisau sudah memenuhi standar SIL menurut IEC 61508 yang memperoleh tingkat SIL 2 pada waktu 8 jam, dan SIL 1 pada waktu 40 jam. Sehingga pada perhitungan tersebut disimpulkan bahwa semakin besar nilai laju kerusakan suatu subsistem maka akan berdampak pada tingkat safety satu subsistem.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data pada PT.GMP dengan data yang diambil dari tahun 2017 – 2019 dengan menggunakan metode Reliability, Availability, Maintainability, dan Safety pada subsistem kritis mesin Splitting maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan data menggunakan metode RAM analisis pada interval waktu dari bulan Januari 2017 sampai dengan Desember 2019. Didapatkan hasil *reliability* sistem sebesar 67% pada $t = 360$ jam *reliability* sistem sebesar 80% pada $t = 264$ jam. Nilai *inherent availability* didapatkan nilai *availability* sistem sebesar 99.51%. Nilai *operational availability* didapatkan nilai *availability* sistem sebesar 99.73% dalam rentang waktu 1 tahun jam operasional mesin splitting. Nilai *maintainability* pada seluruh subsistem kritis sudah mencapai 100% pada waktu 13 jam.
2. Pada evaluasi *Maintenance Performance Key Indicator* pada subsistem kritis mesin splitting diperoleh nilai *leading indicator* sebesar 99.51% dan *lagging indicator* sebesar 99.73%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua subsistem sudah mencapai target yaitu diatas 95% berdasarkan standar IVARA *world class target*.
3. Subsistem yang memiliki tingkat SIL tertinggi yaitu subsistem bearing roll dibanding dengan subsistem lainnya yaitu SIL 2 pada $t = 8$ (1 hari jam operasional mesin) jam dan $t = 40$ jam (1 minggu jam operasional mesin). Pada penentuan tingkat SIL untuk seluruh subsistem kritis mesin splitting diperoleh semua subsistem sudah memenuhi tingkat SIL menurut standar IEC 61508

Daftar Pustaka

- [1] Ahmadi, S., Moosazadeh, S., Hajihassani, M., Moomivand, H., & Rajaei, M. M. (2019). Reliability, availability and maintainability analysis of the conveyor system in mechanized tunneling. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 145, 756–764. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.06.009>
- [2] Alhilman, J. (2016). RELIABILITY BASED PERFORMANCE ANALYSIS OF BASE TRANSCIEVER

STATION (BTS) USING RELIABILITY , AVAILABILITY , AND MAINTAINABILITY (RAM) A (t) Jan Mar Mei Juli Sep Nov month. *International Seminar on Industrial Engineering and Management*, 1–6.

- [3] Choudhary, D., Tripathi, M., & Shankar, R. (2019). Reliability, availability and maintainability analysis of a cement plant: a case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(3), 298–313. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2017-0215>
- [4] Corvaro, F., Giacchetta, G., Marchetti, B., & Recanati, M. (2017). Reliability, Availability, Maintainability (RAM) study, on reciprocating compressors API 618. *Petroleum*, 3(2), 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2016.09.002>
- [5] Drum, L. P., Belakang, L., & Heat, W. (n.d.). *Analisa Safety , Manajemen Resiko Dan Pengendalian Pada Sistem Pengendalian Level Lp Drum Waste Heat Boiler Pt . Petrokimia*. 1–10.
- [6] Fusaro, R., & Viola, N. (2018). Preliminary reliability and safety assessment methodology for trans-atmospheric transportation systems. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 90(4), 639–651. <https://doi.org/10.1108/AEAT-11-2016-0214>
- [7] Larrucea, X., Belmonte, F., Welc, A., & Xie, T. (2017). Reliability Engineering. In *IEEE Software* (Vol. 34). <https://doi.org/10.1109/MS.2017.89>
- [8] Lundteigen, M. A., Rausand, M., & Utne, I. B. (2009). Integrating RAMS engineering and management with the safety life cycle of IEC 61508. *Reliability Engineering and System Safety*, 94(12), 1894–1903. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2009.06.005>
- [9] Moss, S., Ulber, L., & Hoed, I. den. (2019). A herbicide resistance risk matrix. *Crop Protection*, 115(September 2018), 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.09.005>
- [10] Saputra, M. T. D., Judi, A., & Supratman, N. A. (2016). Maintenance Policy Suggestion on Printing Machine GOSS Universal Using Reliability Availability Maintainability (RAM) Analysis And Overall Equipment Effectiveness (OEE). *International Journal of Innovation in Enterprise System*, 1(1), 38–44.
- [11] Setyowati, Y. R., Alhilman, J., Tatas, F., & Atmaji, D. (2019). Evaluation of Performace Cincinnati Double Gantry F Machine Using Reliability, Availability, Maintainability And Safety Analysis In XYZ Company. *Icore*, 5(1), 395–402.
- [12] Sikos, L., & Klemeš, J. (2010). Reliability, availability and maintenance optimisation of heat exchanger networks. *Applied Thermal Engineering*, 30(1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2009.02.013>
- [13] Tsarouhas, P. (2018). Reliability, availability and maintainability (RAM) analysis for wine packaging production line. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(3), 821–842. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-02-2017-0026>
- [14] Tsarouhas, P. (2019). Statistical analysis of failure data for estimating reliability, availability and maintainability of an automated croissant production line. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(3), 452–475. <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2018-0029>