

ANALISIS PENYEBAB *DEFECT* PADA PROSES MESIN *WIRE CAGING* DENGAN MENGGUNAKAN METODE FMEA DAN LTA UNTUK MERENCANAKAN PRIORITAS PERBAIKAN DARI MESIN *WIRE CAGING* DI PT. HAKAASTON**Pamorraka¹⁾, Rini Alfatiyah²⁾, Wahyu³⁾**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pamulang, Indonesia

1) pamorrakasinatra@gmail.com2) dosen00347@unpam.ac.id3) dosen02342@unpam.ac.id**ABSTRAK**

Kegagalan proses pada suatu unit kerja dapat menimbulkan masalah lain seperti cacat produk. Hal ini dapat diartikan bahwa output dari suatu mesin tidak sesuai dengan standar perusahaan yang telah ditetapkan. Mengacu pada permasalahan tersebut perusahaan dituntut untuk dapat mengevaluasi setiap mode kegagalan untuk menekan terjadinya kerugian. Penelitian yang berjudul Analisis Hasil Mesin *Wire Caging* dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan Metode *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk Meningkatkan Efektivitas Kinerja Mesin *Wire Caging* di PT. ini bertujuan untuk mengurai penyebab kegagalan proses berdasarkan prioritas sehingga penanganan dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah gabungan dari metode *Failure Mode and Effect Analysis* dan metode *Logic Tree Analysis* sehingga didapatkan hasil bahwa mode kegagalan pengapian tidak stabil dengan nilai prioritas 126 dan kategori LTA (B) merupakan prioritas untuk diperbaiki.

Kata kunci: FMEA, LTA, RPN

ABSTRACT

A failed process in a work unit can cause other problems, such as product defects. This case can be interpreted to mean that the output of a machine is not in accordance with established company standards. Referring to these problems, companies are required to be able to evaluate each failure mode to reduce losses. The research, entitled "Analysis Result of Wire Caging Machine Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Logic Tree Analysis (LTA) Methods to Improve the Performance Effectiveness of Wire Caging Machine" at PT. Hakaaston, aims to break down the causes of process failures based on priority so that handling can be carried out effectively and efficiently. In this study, the method used is a combination of the Failure Mode and Effect Analysis method and the Logic Tree Analysis method, so that the result is that the ignition failure mode is unstable with an RPN value of 126 and the LTA category (B) is a priority to be fixed.

*Keywords: FMEA, LTA, RPN***I. PENDAHULUAN**

Suatu industri yang berbasis manufaktur tidak lepas dari pekerjaan yang

intense, berkecepatan tinggi dan harus menjamin kualitas produk yang dihasilkan

untuk menekan tingkat kegagalan produk sekecil mungkin. Hal tersebut harus ditunjang dengan keberpaduan di dalam perusahaan mulai dari manajemen atas hingga ke bawah. Tidak hanya itu, peran mesin-mesin produksi yang digunakan serta alat penunjang yang lain juga merupakan bagian penting dalam mewujudkan keberhasilan dalam mencapai target yang diinginkan perusahaan. Mesin yang digunakan semestinya adalah mesin yang memang telah dihitung untuk dapat mencukupi kebutuhan produksi baik dari sisi kuantitas maupun kualitas.

Fakta di lapangan yang terjadi 6 bulan terakhir adalah tingginya tingkat kegagalan proses pembuatan kerangka *spunpile* yang dihasilkan dari proses mesin *Wire Caging*. Mesin *Wire Caging* adalah mesin yang digunakan untuk membuat kerangka untuk *spunpile* dengan cara memutar besi spiral dengan jarak tertentu ke bagian rangka yang disusun

memanjang bersamaan dengan proses pengelasan sehingga rangka spiral menempel sempurna dan kuat membentuk *Cage* (Sangkar). Seiring berjalannya waktu, mesin ini dianggap memiliki rata-rata *Defect* paling tinggi diantara mesin-mesin lain yang digunakan dalam proses pembuatan kerangka *spunpile*. Dari permasalahan tersebut, penelitian ini dibuat guna meningkatkan efektivitas mesin *Wire Caging* di PT. Hakaaston mengingat usia mesin yang sudah 6 tahun. Penelitian dilakukan dengan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA). Metode ini dianggap dapat mengidentifikasi potensi kegagalan proses dengan tujuan meminimalkan atau bahkan menghilangkan kegagalan proses di masa mendatang.

Data penyebab terjadinya *Defect* yang terjadi di PT. Hakaaston waktu enam bulan dalam periode Oktober 2021 hingga Maret 2022 dimuat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data *Defect* pada proses pembuatan kerangka *Spunpile*

FAKTOR	DATA PENYEBAB DEFECT						Jumlah (pcs)	Persentase (%)
	Okt-21	Nov-21	Des-21	Jan-22	Feb-22	Mar-22		
<i>Man</i>	6	5	8	4	5	10	38	17
<i>Machine</i>	26	15	21	20	17	22	121	55
<i>Material</i>	3	3	5	5	3	2	21	9
<i>Method</i>	7	5	4	9	11	6	42	19
TOTAL DEFECT							222	100

(Sumber : Data PT. Hakaaston Oktober 2021- Maret 2022)

Dari data pada **Tabel 1** dapat disimpulkan selama 6 bulan terakhir, penyebab *Defect* terbanyak disebabkan oleh faktor mesin yang sangat mendominasi dengan catatan 55% atau sebanyak 121 kasus dari 222 *defect* yang

terjadi. Berikut merupakan perincian data *defect* yang terjadi pada mesin yang terjadi di area pembuatan kerangka *spunpile* di PT. Hakaaston seperti **Tabel 2**.

Tabel 2 Data *Defect* pada Mesin Produksi Kerangka *Spunpile*

Nama Mesin	Jumlah Defect	Presentase (%)	Kumulatif (%)
<i>Wire cutting 1</i>	12	10%	10%
<i>Wire cutting 2</i>	13	11%	21%
<i>Heading 1</i>	12	10%	31%
<i>Heading 2</i>	24	20%	50%
<i>Wire caging</i>	44	36%	87%
<i>Overhead crane</i>	3	2%	89%
<i>Spiral roller</i>	13	11%	100%
Total	121	100%	

(Sumber : Data PT. Hakaaston Oktober 2021- Maret 2022)

Berdasarkan data yang diperoleh dari **Tabel 2** Diketahui bahwa *deffect* yang paling banyak terjadi saat proses produksi kerangka

spunpile adalah pada mesin *wire caging* dengan jumlah *deffect* sebanyak 44 kali, dengan nilai

presentase 36%, maka penelitian difokuskan kepada proses pada mesin *wire caging*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

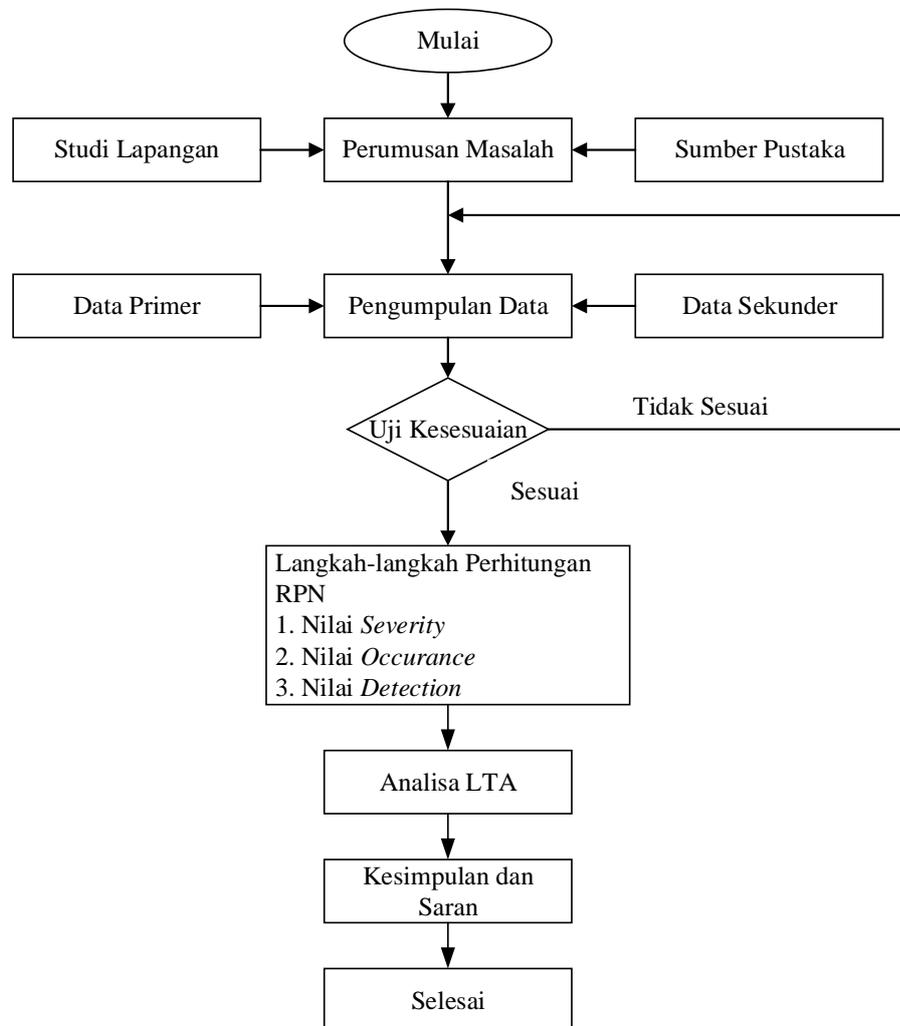
Pada penelitian ini membutuhkan teknik pengumpulan data dalam penulisan, berikut beberapa teknik pengumpulan data yang digunakan antara lain:

- A. Metode Dokumen
Metode ini merupakan teknik pengumpulan data dalam bentuk dokumen yang didapat langsung dari perusahaan atau instansi tempat dilakukannya penelitian.
- B. Metode Kuesioner
Metode ini merupakan metode yang dilaksanakan dengan cara memberikan

formulir penilaian kepada operator. Tujuan metode ini adalah untuk mendapatkan penilaian dari operator secara langsung dari mode-mode kegagalan yang sering terjadi. Penilaian yang diminta antara lain adalah nilai dari *Severity*, *Occurance* dan *Detection*.

- C. Metode Pustaka
Metode ini merupakan teknik yang dipakai sebagai acuan dan memperkaya wawasan peneliti dengan membaca dan mempelajari artikel, buku-buku, serta literatur-literatur terkait dengan penelitian yang dilakukan agar dapat menyelesaikan penelitian sesuai harapan dan tujuan peneliti.

Pada penelitian ini terdapat *Flowchart* seperti **Gambar 1**.



(Sumber: Pengolahan Penulis)

Gambar 1 *Flowchart* Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan berdasarkan hasil pengamatan mesin *wire caging* yang dilakukan peneliti di PT. Hakaaston sebagai berikut:

1. Struktur Mesin

Struktur mesin *wire caging* yang digunakan di PT. Hakaaston terdiri dari 4 sistem kerja yaitu:

- a. *Welding system* terdiri dari *travo welding, rotary electrode, drive motor*, yang berfungsi melakukan pengelasan berputar secara otomatis pada kerangka *spunpile*;
- b. *Spiral system* terdiri dari penggerak motor yang berguna memutar *roller* ke arah yang sama dengan arah putaran *rotary electrode* yang menghasilkan lilitan pada *PC Bar*;
- c. *Trolley dan pneumatic bracket system* terdiri dari rel, pengungkit, sensor pengungkit dan *gearbox* yang berfungsi untuk menarik dan menyangga kerangka *spunpile* saat proses pengelasan berlangsung;
- d. *Electrical system* terdiri dari seluruh unit yang dikendalikan oleh PLC seperti *potensio, monitor, breaker* dan rangkaian kelistrikan lainnya.

2. Prinsip Kerja

Pengelasan otomatis besi spiral secara memutar pada rangkaian *PC bar* yang telah disusun secara melingkar sehingga menghasilkan kerangka berbentuk sangkar seperti pada **Gambar 2**.



(Sumber: PT. Hakaaston 2022)

Gambar 2 Prinsip Kerja Mesin *Wire Caging*

3. Spesifikasi Mesin

Spesifikasi mesin *wire caging* yang digunakan di PT. Hakaaston sebagai berikut:

- a. Diameter Sangkar : Ø300- Ø600;
- b. Panjang Sangkar : 1-15M;
- c. Jumlah PC Bar : Sesuai Kebutuhan;
- d. Diameter PC Bar : Ø7 – Ø13;
- e. Diameter Spiral : Ø4 – Ø6;
- f. Daya Travo : 300KVA;
- g. Speed Welding System : 0-70 R.P.M;
- h. Kandungan karbon Material Kurang dari 20%;
- i. Kehilangan kekuatan pengelasan : < 5%;
- j. Daya tarik dan daya gunting titik pengelasan : > 200Kg;
- k. System pendinginan trafo las : Air radiator;
- l. Tegangan Masuk : 2x 380V;
- m. Tegangan Las : DC;
- n. Suhu ruang Kerja : -5°C - 35°C Relatif Kelembaban : <85%.

4. *Failure Mode* pada Mesin *Wire Caging*

Adapun rincian data *failure mode* yang terjadi pada mesin *wire caging* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Data *Failure Mode* pada Mesin *Wire Caging*

NO	FAILURE MODE	EFFECT
1	Pengapian tidak stabil	Kerangka rontok karena pengelasan tidak sempurna
2	Pengunci Heading longgar	Besi pada kerangka tidak sama panjang
3	Sensor jalur rel mati	Hasil pengelasan rusak karena kerangka tidak ditopang dengan baik
4	<i>Potensio</i> rusak	Jarak pengelasan sengkang tidak dapat diatur
5	<i>Welding dies</i> longgar	Pengelasan kerangka tidak merata
6	Jarak <i>welding control</i> terlalu jauh	Pengelasan kerangka tidak merata
7	<i>Gearbox</i> penarik berhenti tiba-tiba	Pengelasan kerangka tidak selesai

(Sumber : Data PT. Hakaaston Oktober 2021- Maret 2022)

Berdasarkan **Tabel 3** dapat dilakukan identifikasi penyebab terjadinya *failure* yang

sering terjadi pada mesin *Wire Caging* seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Data Penyebab *Failure Mode* pada Mesin *Wire Caging*

NO	FAILURE MODE	PENYEBAB
1	Pengapian tidak stabil	Travo melemah
2	Pengunci <i>heading</i> longgar	Diameter pengunci melebar karena gesekan dari besi kerangka
3	Sensor jalur rel mati	Arus listrik tidak stabil
4	<i>Potensio</i> rusak	Arus listrik tidak stabil
5	<i>Welding dies</i> longgar	Memuai karena panas
6	Jarak <i>welding control</i> terlalu jauh	Baut pada <i>welding control</i> longgar
7	<i>Gearbox</i> penarik berhenti tiba-tiba	Roda gigi pada <i>gearbox</i> aus

(Sumber : Data PT. Hakaaston Oktober 2021- Maret 2022)

B. Pengolahan Data

1. Perhitungan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Dari data yang diperoleh dalam penelitian ini, didapatkan hasil perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari mesin *Wire Caging* yang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Perhitungan Nilai *Risk Priority Number* (RPN) Mesin *Wire Caging*

Kode Risiko	Failure Mode	Severity	Occurance	Detection	RPN
A1	Pengapian tidak stabil	6	7	3	126
A2	Pengunci <i>heading</i> longgar	4	4	4	64
A3	Sensor jalur rel mati	4	4	4	64
A4	<i>Potensio</i> rusak	6	4	4	96
A5	<i>Welding dies</i> longgar	5	5	4	100
A6	Jarak <i>welding control</i> terlalu jauh	6	4	4	96
A7	<i>Gearbox</i> penarik berhenti tiba-tiba	4	3	6	72

(Sumber : Data PT. Hakaaston Oktober 2021- Maret 2022)

2. Presentase Nilai *Risk Priority Number* (RPN)
Dari data pada **Tabel 5**, nilai *Risk Priority Number* (RPN) dapat diketahui presentase

dari masing-masing mode kegagalan dari mesin *Wire Caging* yang dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6 Rekapitulasi Nilai *Risk Priority Number* (RPN) Mesin *Wire Caging*

Kode Risiko	RPN	%RPN	%Kumulatif
A1	126	20,39	20,39
A2	64	10,36	30,74
A3	64	10,36	41,10
A4	96	15,53	56,63
A5	100	16,18	72,82
A6	96	15,53	88,35
A7	72	11,65	100
Total	618	100	

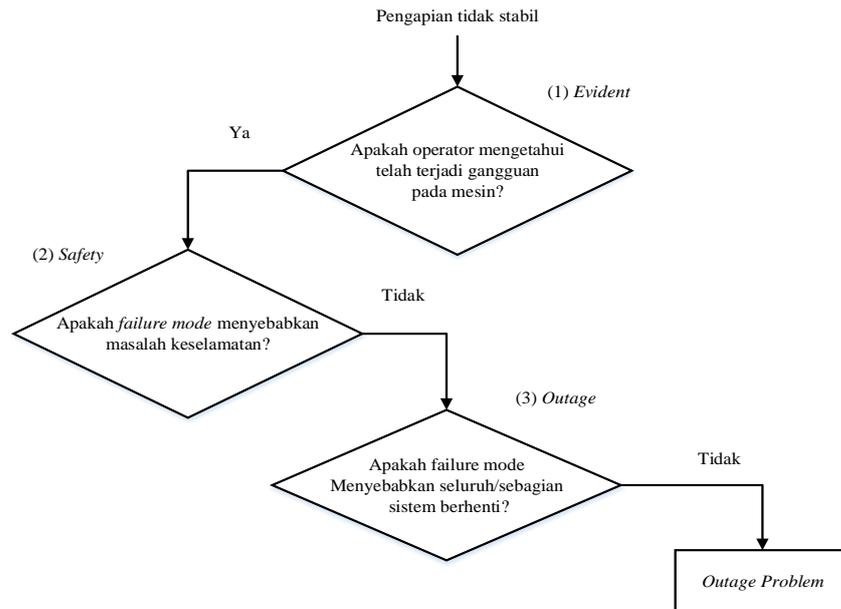
(Sumber : Data PT. Hakaaston Oktober 2021- Maret 2022)

Berdasarkan data **Tabel 6** Nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah pada mode kegagalan A1 dengan nilai 126 dengan presentase sebesar 20,39%.

3. Hasil Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA)
Diagram *Logic Tree Analysis* (LTA) dari setiap *failure mode* pada mesin *Wire*

Caging ditunjukkan dalam *flowchart* beserta keterangan dari kategorinya.

- a. *Flowchart Logic Tree Analysis* (LTA) pada Kode Risiko A1
Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis* (LTA) yang didapat dari mode kegagalan pengapian tidak stabil dapat dilihat pada **Gambar 3**.



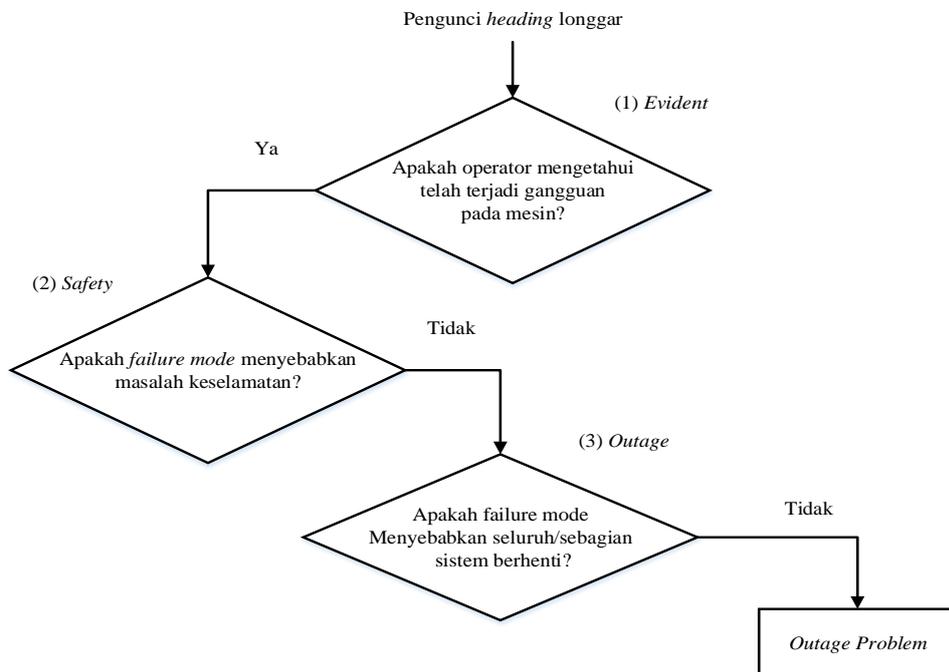
(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Gambar 3 Logic Tree Analysis (LTA) Failure Mode A1

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 3** dapat disimpulkan pada *failure mode* A1 termasuk dalam kategori *Outage Problem* (B).

Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis* (LTA) yang didapat dari mode kegagalan pengunci heading longgar dapat dilihat pada **Gambar 4**.

b. *Flowchart Logic Tree Analysis* (LTA) pada Kode Risiko A2



(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

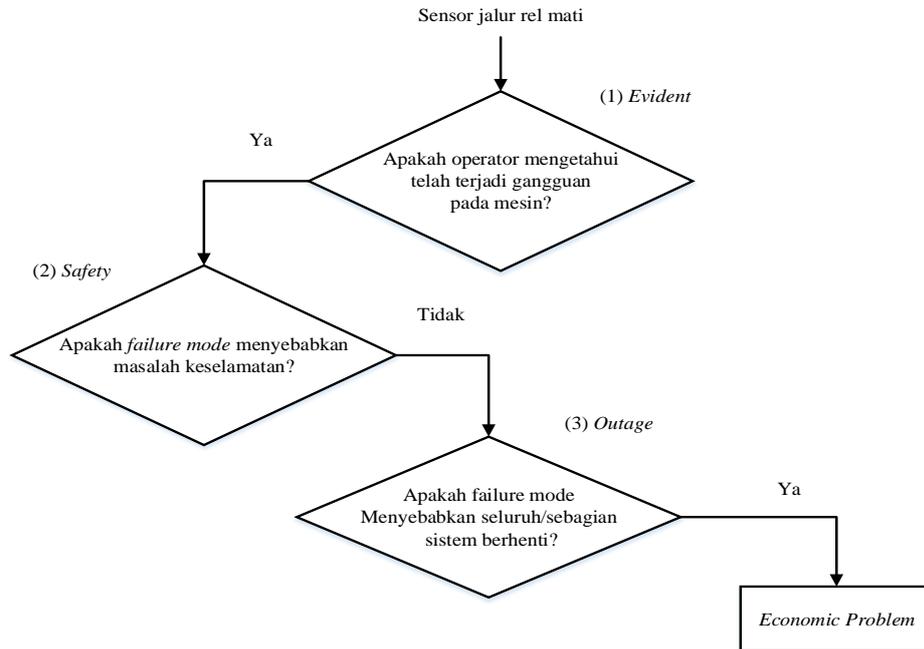
Gambar 4 Logic Tree Analysis (LTA) Failure Mode A2

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 4** dapat disimpulkan pada *failure mode* A2 termasuk dalam kategori *Outage Problem* (B).

c. *Flowchart Logic Tree Analysis* (LTA) pada Kode Risiko A3

Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis (LTA)* yang

didapat dari mode kegagalan sensor jalur rel mati dapat dilihat pada **Gambar 5.**



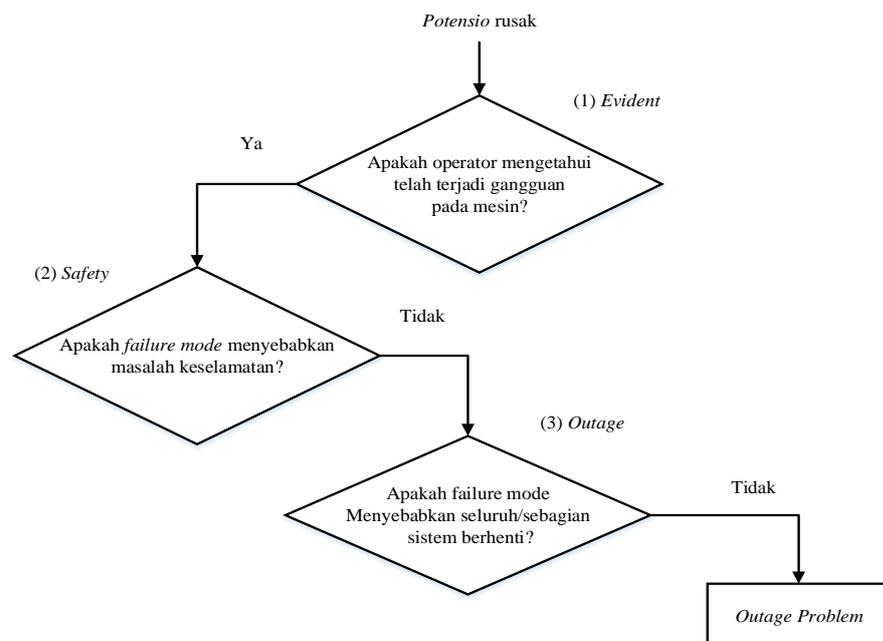
(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Gambar 5 *Logic Tree Analysis (LTA) Failure Mode A3*

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 5** dapat disimpulkan pada *failure mode* A3 termasuk dalam kategori *Economic Problem (C)*.

Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis (LTA)* yang didapat dari mode kegagalan *potensio* rusak dapat dilihat pada **Gambar 6.**

d. *Flowchart Logic Tree Analysis (LTA)* pada Kode Risiko A4



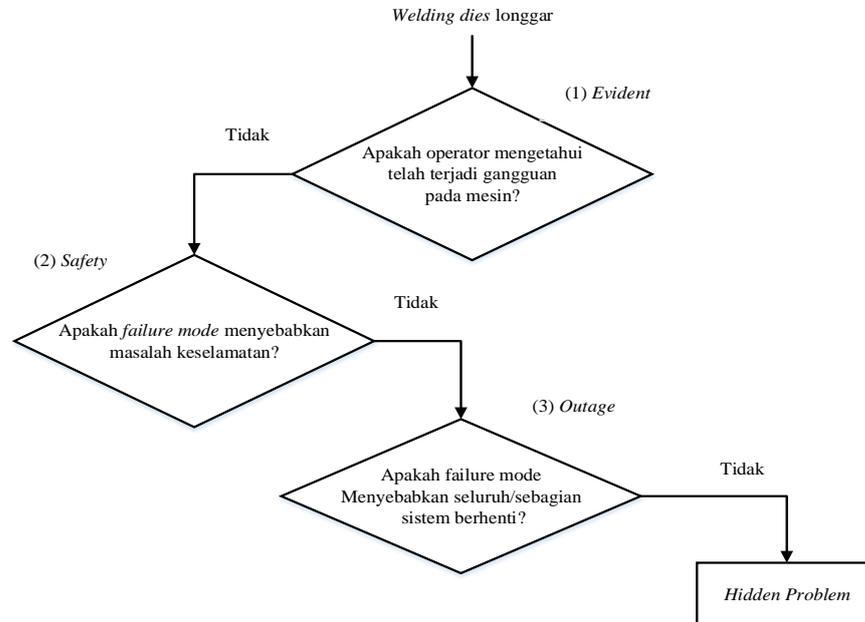
(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Gambar 6 *Logic Tree Analysis (LTA) Failure Mode A4*

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 6** dapat disimpulkan *failure mode* A4 termasuk dalam kategori *Outage Problem* (B).

- e. *Flowchart Logic Tree Analysis* (LTA) pada Kode Risiko A5

Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis* (LTA) yang didapat dari mode kegagalan *welding dies* longgar dapat dilihat pada **Gambar 7**.



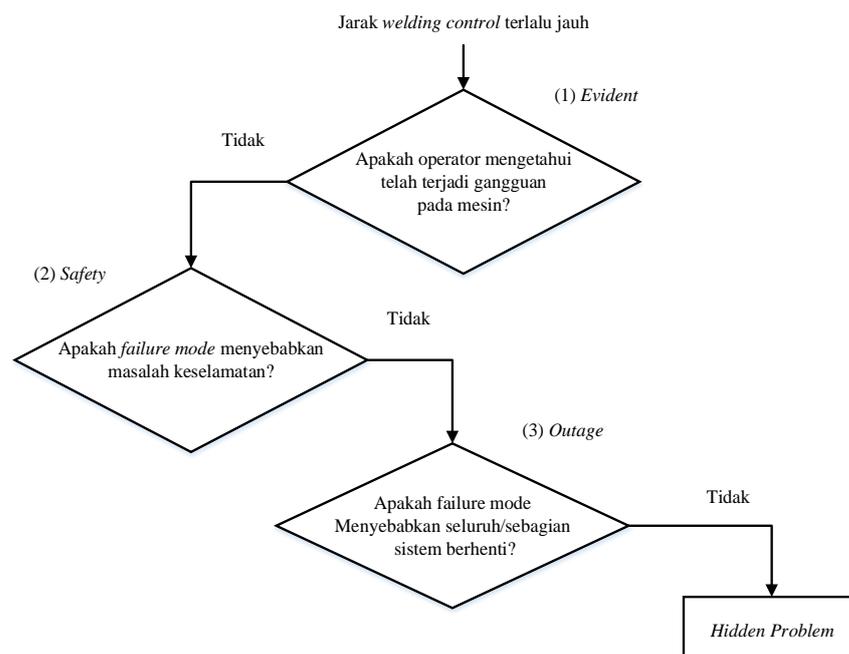
(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Gambar 7 *Logic Tree Analysis* (LTA) *Failure Mode* A5

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 7** dapat disimpulkan pada *failure mode* A5 termasuk dalam kategori *Hidden Problem* (D).

- f. *Flowchart Logic Tree Analysis* (LTA) pada Kode Risiko A6

Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis* (LTA) yang didapat dari mode kegagalan jarak *welding control* terlalu jauh dapat dilihat pada **Gambar 8**.



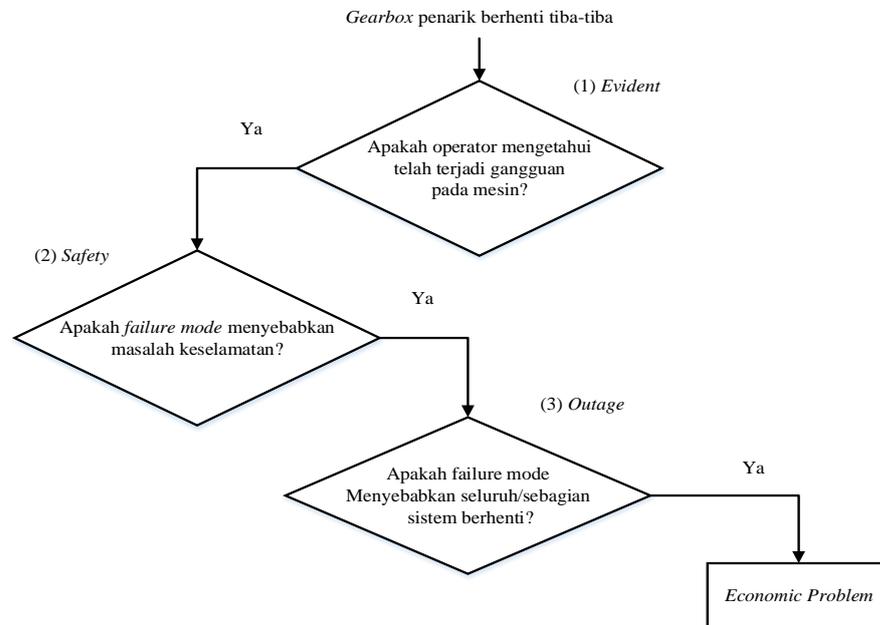
(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Gambar 8 Logic Tree Analysis (LTA) Failure Mode A6

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 8** dapat disimpulkan pada *failure mode* A6 termasuk dalam kategori *Hidden Problem* (D).

- g. *Flowchart Logic Tree Analysis* (LTA) pada Kode Risiko A7

Dari data yang diperoleh berdasarkan pengamatan maka pengolahan data *Logic Tree Analysis* (LTA) yang didapat dari mode kegagalan *gearbox* penarik berhenti tiba-tiba dapat dilihat pada **Gambar 9**.



(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Gambar 9 Logic Tree Analysis (LTA) Failure Mode A7

Berdasarkan *flowchart* pada **Gambar 9** dapat disimpulkan *failure mode* A7 termasuk dalam kategori *Economic Problem* (B).

Dari pengolahan data di atas didapatkan kategori *Logic Tree Analysis* (LTA) dari masing-masing mode kegagalan.

Kemudian kategori tersebut diasumsikan dalam bentuk angka berdasarkan besarnya tingkat prioritas. Kategori A diasumsikan dengan nilai 4, kategori B diasumsikan dengan nilai 3, kategori C diasumsikan dengan nilai 2 dan kategori D diasumsikan dengan nilai 1. Data nilai *Logic Tree Analysis* (LTA) dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7 Asumsi Nilai *Logic Tree Analysis* (LTA)

Kode Risiko	Kategori <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	Nilai <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)
A1	B	3
A2	D	1
A3	D	1
A4	B	3
A5	C	2
A6	C	2
A7	B	3

(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

Berdasarkan pengolahan data dari metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) dalam penelitian ini, kemudian dilakukan perhitungan nilai prioritas dari masing-

masing mode kegagalan dengan cara mengalikan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan nilai *Logic Tree Analysis* (LTA) yang telah didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8 Perhitungan Nilai Prioritas

Kode Risiko	<i>Risk Priority Number (RPN)</i>	<i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	Nilai Prioritas
A1	126	3	378
A2	64	1	64
A3	64	1	64
A4	96	3	288
A5	100	2	200
A6	96	2	192
A7	72	3	216

(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

C. Analisa Hasil Penelitian

Setelah dilakukan perhitungan nilai prioritas dari masing-masing mode kegagalan dengan menggabungkan hasil dari nilai *Risk Priority Number (RPN)* dengan nilai *Logic Tree Analysis (LTA)* maka dapat mengurutkan mode

kegagalan dari nilai prioritas tertinggi hingga nilai prioritas terendah dengan tujuan mempermudah perusahaan dalam urutan penanganan masalah serta pengambilan langkah perbaikan dari masing-masing *failure mode* seperti pada **Tabel 9**.

Tabel 9 Analisa Hasil Penelitian

Kode Risiko	Nilai Prioritas	Saran Tindakan
A1	378	Penggantian komponen travo yang mempengaruhi aliran listrik menjadi tidak stabil pada saat mesin <i>wire caging</i> dioperasikan sehingga dapat menekan <i>defect</i> dari kerangka <i>spunpile</i> yang dihasilkan.
A4	288	Penggantian komponen travo yang mempengaruhi aliran listrik menjadi tidak stabil pada saat mesin <i>wire caging</i> dioperasikan sehingga berpengaruh kepada komponen kelistrikan yang lain seperti potensio.
A7	216	Penggantian spesifikasi oli gearbox disesuaikan dengan kinerja mesin untuk menunjang performa dan durabilitas roda gigi di dalam <i>gearbox</i> mesin.
A5	200	Karena panas saat pengoperasian serta sifat bahan dari <i>welding dies</i> yang mudah memuai, maka diperlukan penggantian bahan dari komponen <i>welding dies</i> agar ketahanannya lebih panjang.
A6	192	Karena termasuk ke dalam kategori <i>hidden problem</i> pada analisis <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i> , maka tindakan preventif yang perlu dilakukan adalah pengecekan kondisi <i>welding control</i> secara berkala. Jika dirasa semakin sering bergeser dan menghambat pekerjaan maka harus dibuatkan alat bantu.
A2	64	Pengunci <i>heading</i> yang longgar karena terkikis dilakukan pengelasan secara berkala.
A3	64	Saat penggantian komponen sensor, harus dilakukan sepanjang jalur rel untuk mengurangi risiko kinerja mesin terganggu.

(Sumber : Pengolahan Penelitian, 2022)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, kesimpulannya sebagai berikut:

- Urutan prioritas mode kegagalan proses produksi kerangka *spunpile* pada mesin *wire caging* di PT. Hakaaston adalah pengapian tidak stabil (378), potensio rusak (288), *gearbox* penarik berhenti tiba-tiba (216), *welding dies* longgar (200), jarak *welding control* terlalu jauh (192), pengunci *heading* longgar (64), sensor jalur rel mati (64).
- Penyebab kegagalan proses produksi kerangka *spunpile* yang paling dominan pada mesin *wire caging* di PT. Hakaaston adalah pengapian tidak stabil dengan nilai *Risk Priority Number (RPN)* 126 dan kategori pada *Logic Tree Analysis (LTA)* adalah kategori B (*Outage Problem*).
- Usulan tindakan untuk mengurangi *defect* proses produksi kerangka *spunpile* pada mesin *wire caging* di PT. Hakaaston adalah dengan mengganti komponen-komponen mesin sesuai urutan prioritas dan menyesuaikan spesifikasi komponen sesuai kebutuhan serta melakukan perawatan preventif untuk menjaga keandalan mesin

dapat mengurangi kegagalan pada hasil kerangka spunpile yang dihasilkan pada mesin *wire caging*.

memberikan dukungan serta motivasi untuk menyelesaikan penelitian ini dengan tepat waktu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari pula bahwa skripsi ini takan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Pranoto, S.E.,M.M., selaku Ketua Yayasan Sasmita Jaya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan studi di Universitas Pamulang;
2. Dr. E. Nurzaman AM., M.M., M.Si., selaku Rektor Universitas Pamulang yang telah membantu penulis dalam melaksanakan studi di Universitas Pamulang;
3. Bapak Syaiful Bakhri, S.T., M.Eng., Sc., Ph.D., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pamulang yang telah meluangkan waktunya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini;
4. Ibu Rini Alfatiyah, S.T., M.T., CMA., selaku Ketua Prodi Teknik Industri Universitas Pamulang sekaligus Dosen pembimbing I yang telah membantu mengarahkan dan membimbing penulis selama pengerjaan skripsi;
5. Ibu Wahyu, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan Penelitian ini;
6. Seluruh karyawan PT. Hakaaston, yang telah memberikan penulis kesempatan serta wadah untuk melaksanakan penelitian ini;
7. Kedua Orang Tua yang selalu membimbing dan menyemangati penulis serta selalu memberikan dukungan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan penelitian ini;
8. Kepada rekan-rekan mahasiswa Teknik Industri Universitas Pamulang Angkatan 2018, khususnya kelas 07TIDE001 yang selalu memberi semangat serta masukan kepada penulis;
9. Tidak lupa penulis juga mengucapkan rasa terimakasih serta mendedikasikan hasil penelitian ini kepada istri tercinta, Febriana Ayunda Syafitri, S.T. yang selalu

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori Nachrul, & Mustajib M. Imron. (2013)'Sistem Perawatan Terpadu (*Integrated Maintenane System*)'. Yogyakarta: *Graha Ilmu*.
- Dr. Prasetya Indra, S.Pd., M.Si., CIQnR. (2022)'Metodologi Penelitian Pendekatan Teori dan Praktik'. Medan: *Umsu Press*.
- Febriyanti Dhita, & Fatma Erika. (2018). *Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis and Logic Tree Analysis* (Jurnal of Industrial Engineering and Management Systems, Politeknik APP Jakarta).
- Hidayat, & Rohmat.(2022). *Analisis Kerusakan Jembatan Timbang Unit 1 di PT. Iglas Gresik dengan Menggunakan Metode FMEA dan LTA* (Jurnal Sistem dan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Khatammi Achmad, & Rizqi Akhmad Wasiur. (2022). *Analisa Kecacatan Produk pada Hasil Pengelasan dengan Metode Failure Mode Effect Analysis* (Serambi Engineering, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Kusuma Rr. Chusnu Syarifa D.K., dkk. (2023)'Pengantar Manajemen Operasional'. Bandung: *Media Sains Indonesia*.
- Pamungkas Iing, & Irawan Heri Tri. (2020). *Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan Pada Komponen Kritis Boiler di Industri Pembangkit Listrik* (Jurnal Optimalisasi, Universitas Teuku Umar).
- Pasaribu M. Iqbal, Ritonga Din Aswan Amran, & Irwan Ade (2021). *Analisis Perawatan (Maintenance) Mesin Screw Press di Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. XYZ* (JITEKH, Universitas Harapan Medan).

- Putri Nilda Tri. (2022) 'Manajemen Kualitas Produk Dan Jasa'. Padang: *Andalas University Press*.
- Simarmata Nenny Ika Putri, dkk. (2021) 'Metode Penelitian Untuk Perguruan Tinggi'. Medan: *Yayasan Kita Menulis*.
- Singh Jagdeep, dkk. (2020) '*Prioritization of Stamatis, D. H. (2014) 'The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)'. Amer Society for Quality.*
- Sulistyo Arif Budi, & Muhlis Sibro. (2022). *Optimasi Perawatan Mesin Overhead Crane pada PT. KNSS dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* (Jurnal In Tent, Universitas Banten Jaya).
- Supriyadi, Jannah Resa M, & Syarifuddin (2018). *Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Perusahaan Gula Rafinasi* (Jurnal Integrasi Sistem Industri, Universitas Serang Raya)
- Taufik, S.T.,M.T. (2021) 'Pengendalian *Failure Modes in Manufacturing Processes: A Fuzzy Logic-based Approach*'. *Emerald Publishing*.
- Sodikin Jenal, & Jati Unggul Satria (2022). *Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode Failures Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA)* (Journal of Mechanical Engineering and Science, Politeknik Negeri Cilacap).
- Kualitas Produk Perlengkapan Kamar Mandi (Sanitary Aseesories) Menggunakan Metode DMAIC'. Banten: *Pascal Books*.
- Waluyo Djoko Adi, dkk. (2020) 'Pengendalian Kualitas'. Surabaya: *Scopindo Media Pustaka*.
- Wijaya Andy, dkk. (2020) 'Manajemen Operasi Produksi'. Medan: *Yayasan Kita Menulis*.
- Yusuf Muhammad, & Supriyadi Edy. (2020). *Minimasi Penurunan Defect pada Produk Meble Berbasis Prolypropylene untuk Meningkatkan Kualitas* (JURNAL EKOBISMAN, Sekolah Pascasarjana Universitas Pancasila2).