



AGROINDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

ISSN : 2599-0799 (print) ISSN : 2598-9480 (online)

Accredited SINTA 3: No.225/E/KPT/2022

## ANALISIS RISIKO PERWATAN MESIN PRODUKSI DI PT.XYZ MENGGUNAKAN METODE FUZZY FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS: STUDI KASUS PADA INDUSTRI AMDK

*Risk Analysis of Production Machinery Maintenance at PT. XYZ Uses Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis Method*

Dendi Hermawan<sup>1\*</sup>, Aditia Ginantaka<sup>2</sup>, Ahmad Syarbaini<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Ilmu Pangan Halal Universitas Djuanda Bogor, Jl.Tol Ciawi No.1 Bogor 16720”

<sup>\*)</sup>E-mail Corresponding author: [dendihermawan28@gmail.com](mailto:dendihermawan28@gmail.com)

Article info : Received in May 15<sup>th</sup> 2024, Revised in August 4<sup>st</sup> 2024, Accepted August 24<sup>th</sup> 2024

### ABSTRACT

*This research focuses on improving the performance of the blowing machine used for producing gallon bottle packaging. The blowing machine faces issues with the mold cover component not closing properly, triggering the locking mold alarm. To address this problem, a case study using the Six Big Losses method and a fishbone diagram helps identify the main factors causing downtime. Additionally, the researcher employs the F-FMEA method to identify the most likely failure modes of the blowing machine. The blowing machine experiences unplanned downtime totaling 2323 minutes, with an averaging 74.94 minutes. The locking mold alarm is the main cause of downtime, resulting in a time loss of 1611 minutes. The F-FMEA calculation yields an FRPN value for the factors causing the locking mold alarm, with the dry/sticking pin mold receiving an FRPN value of 900 in rank 1, the small shaft not releasing receiving an FRPN value of 700 in rank 2, and the loose pin mold shaft bolt receiving an FRPN value of 333.33 in rank 3. Insufficient training on the blowing machine receives an FRPN value of 208.33 in rank 4. Improvement recommendations involve operational training, replacing the small shaft material from VCN-150 to SKD-11, enhancing maintenance of the pin shaft bolt, and providing regular lubrication.*

**Keywords:** Diagram Fishbone, Effectiveness, F-FMEA, Overall Equipment

### ABSTRAK

Penelitian ini difokuskan pada peningkatan kinerja mesin *blowing* yang digunakan untuk membuat kemasan botol galon. Mesin *blowing* mengalami kendala pada komponen penutup *moulding* yang tidak tertutup sempurna sehingga memicu *alarm locking mold*. Untuk mengatasi masalah ini, melakukan studi kasus menggunakan metode *Six Big Losses* dan *diagram fishbone*

membantu mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan *downtime*. Selain itu, peneliti juga menggunakan metode F-FMEA membantu mengidentifikasi kemungkinan kegagalan yang paling mungkin terjadi pada mesin *blowing*. Mesin *blowing* mengalami *unplanned downtime* dengan total 2323 menit, dengan rata-rata 74,94 menit. Alarm *locking mold* menjadi penyebab utama *downtime*, menyebabkan *losses time* sebesar 1611 menit. Hasil perhitungan F-FMEA mendapatkan nilai FRPN dari faktor penyebab alarm *locking mold*, dengan hasil *Pin mold* kering/seret memperoleh nilai FRPN 900 di rank 1, *Small shaft* tidak *release* memperoleh nilai FRPN 700 di rank 2, Baut as *pin mold* tidak kencang memperoleh nilai FRPN 333.33 di rank 3. Kurang pelatihan mesin *blowing* di memperoleh nilai FRPN 208.33 di rank 4 Rekomendasi perbaikan melibatkan pelatihan operasional, pergantian material *small shaft* dari VCN-150 ke SKD-11, peningkatan pemeliharaan baut as *pin*, dan pemberian *lubrikasi* secara rutin.

**Kata kunci:** *Overall Equipment Effectiveness, F-FMEA, Diagram Fishbone*

## INTRODUCTION

PT.XYZ merupakan sektor industri manufaktur yang fokus memproduksi minuman berkemasan, salah satu produk yaitu kemasan botol galon air minum dalam kemasan (AMDK). PT.XYZ menggunakan peralatan mesin produksi seperti mesin *blowing*, *filling*, *label*, dan *palletizer*. PT XYZ menggunakan metode TPM (*Total Productive Maintenance*) sebagai sarana untuk memelihara dan mempertahankan kinerja mesin produksi (Prabowo, 2018). Saat ini terdapat mesin yang pemeliharaannya belum maksimal, tepatnya ada di mesin *blowing*. Mesin *blowing* adalah mesin pencetak kemasan dengan prinsip kerja mengubah bentuk material *preform* menjadi kemasan botol galon AMDK. Pemeliharaan pada mesin *blowing* yang belum maksimal dikarenakan adanya *troubleshooting* pada mesin *blowing*, seperti *alarm locking mold*, yang disebabkan oleh

penutup pencetak yang tidak tertutup dengan sempurna.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penyebab *downtime* yang tinggi pada mesin *blowing*. Metode yang digunakan adalah metode *Six Big Losses* yang digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi masalah pada mesin *blowing*. Metode ini berbeda dari metode lain karena fokusnya pada identifikasi dan pemecahan masalah potensial. *Six big losses* tersebut biasanya dikategorikan menjadi 3 kategori utama berdasarkan aspek kerugiannya, yaitu *Downtime*, *Speed Losses* dan *Defects* (Saptadi, 2015).

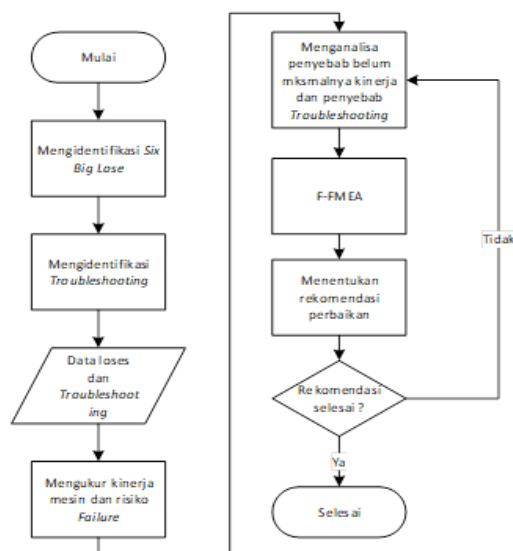
Dengan menggunakan metode F-FMEA dapat mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang berpotensi menyebabkan *downtime* dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat. *Fuzzy FMEA* adalah variasi dari FMEA yang menggunakan metode *fuzzy* untuk menganalisis mode kegagalan potensial dan efeknya pada sistem.

Metode *fuzzy* adalah metode matematika yang digunakan untuk menganalisis sistem yang tidak pasti atau tidak terdefinisi dengan baik (Afifah N, 2021).

Berdasarkan hasil data dari metode F-FMEA, akan dilakukan implementasi 5W1H untuk membantu dalam mengidentifikasi dan melakukan *improvement* sehingga tidak terjadi lagi *downtime* pada mesin *blowing*. Dengan melakukan analisis penyebab *downtime* menggunakan metode *Six Big Losses*, serta mengidentifikasi faktor risiko menggunakan metode F-FMEA, diharapkan dapat ditemukan solusi yang efektif untuk mengurangi *downtime* pada mesin *blowing*.

## MATERIALS AND METHODS

Tahapan dalam penelitian mesin *blowing* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alur Proses Penelitian

Tahap pertama dalam analisis mesin *blowing* mengidentifikasi penyebab belum

maksimalnya kinerja mesin *blowing* menggunakan metode *Six Big Losses*. Menurut (Lesmana T, 2021) metode *Six Big Losses* adalah kerangka kerja yang digunakan untuk mengidentifikasi enam kerugian utama. Enam kerugian utama terdiri dari:

1. *Planned Downtime*

Mesin terhenti karena ada aktivitas yang dijadwalkan sebelumnya.

2. *Unplanned downtime*

Mesin berhenti akibat kerusakan pada mesin yang tidak direncanakan.

3. *Minor Stop*

Terjadi akibat kerusakan berulang yang menyebabkan unit berhenti dalam waktu 1-3 menit.

4. *Speed Loss*

Rugi yang disebabkan oleh perbedaan antara kecepatan rencana (*designed speed*) dan kecepatan aktual (*actual speed*).

5. *Rework Loss*

Kerugian yang terjadi akibat produk yang harus dikerjakan ulang karena tidak memenuhi kriteria *output* produk

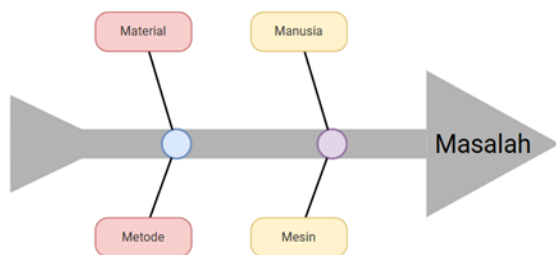
6. *Reject Loss*

Kerugian akibat produk cacat atau kegagalan yang tidak sesuai dengan standar

Penelitian ini di bantu dengan karyawan PT.XYZ mengupulkan data *Planned Downtime*, *Unplanned downtime*, *Minor Stop*, *Speed Loss*, *Rework Loss* dan

*Reject Loss* mesin *blowing* selama periode 1 bulan (April - Mei 2023).

Tahap kedua menggunakan Diagram *fishbone* sebagai alat yang dapat membantu mengidentifikasi kemungkinan penyebab suatu masalah. Perusahaan manufaktur, yang prosesnya diketahui mencakup banyak variabel yang berpotensi menyebabkan masalah dan diagram *fishbone* dapat membantu mengungkap penyebab mendasar dari suatu masalah dalam pendekatan yang ramah pengguna (Purba, 2008). Fitur diperiksa menggunakan diagram *fishbone* yaitu *Material*, *Metode*, *Machine* (mesin atau teknologi), dan *manusia* yang dapat dilihat pada Gambar 2:



**Gambar 2.** Diagram *Fishbone*

Tahap ketiga menggunakan metode F-FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) bertujuan untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam penelitian risiko. Risiko di konversi menjadi kuesioner F-FMEA menggunakan konsep logika *fuzzy* untuk mengatasi ketidakpastian parameter *severity*, *occurrence*, *detection*. Berikut langkah-langkah penilaian risiko metode *fuzzy* FMEA terhadap setiap risiko:

1. Evaluasi nilai skala *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) di dapatkan dari hasil membagikan kuesioner kepada karyawan PT XYZ dan mencari rata-rata dari nilai skala S,O,D. Setelah mendapat nilai rata-rata S,O,D maka mencari nilai RPN dengan persamaan:

$$RPN = S \times O \times D \quad [1]$$

2. Penyesuaian nilai skala S, O, dan D ke bahasa peringkat dan *fuzzy number* dengan persamaan (2) untuk mencari *fuzzy membership function*.

$$(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow x \leq a \text{ atau } x \geq c \frac{(x-a)}{(b-a)} \rightarrow \\ a < x \leq b \frac{(c-x)}{(c-b)} \rightarrow b < x < c \end{array} \right\} [2]$$

3. Pembentukan aturan *fuzzy* menggunakan metode *mamdani*. Metode *mamdani* adalah salah satu pendekatan dalam logika *fuzzy* yang di gunakan untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam suatu sistem. Penelitian ini menggunakan aturan *max* di peroleh dengan cara mengambil nilai *maximum* aturan. Secara umum dituliskan:

$$\mu = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad [3]$$

Keterangan:

$\mu_{sf}(x_i)$  = Nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke *i*

$\mu_{kf}(x_i)$  = Nilai keanggotaan kosekuen *fuzzy* aturan ke *i*

4. *Defuzzification* menggunakan metode *centroid*. Metode *centroid* merupakan salah satu metode *defuzzification* yang

umum digunakan dalam sistem logika fuzzy. Untuk menghitung nilai tegas (*crisp output*) menggunakan metode *centroid*. Rumus metode *centroid* dapat di tulis:

$$z = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz} \quad [4]$$

Tahap ke keempat mengumpulkan informasi dan menganalisis *troubleshooting* yang terjadi sehingga dapat mengambil tindakan yang tepat untuk melakukan *improvement* pada mesin *blowing*. 5W 1H merupakan singkatan dari *what, where, when, who, dan how*

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Six Big Losses*

Metode *Six Big Losses* adalah metode analisis yang dilakukan untuk meningkatkan potensi efisiensi dapat diidentifikasi. Tahapan dalam analisis mesin *blowing* dapat dimulai dengan mengetahui penyebab belum maksimalnya kinerja mesin *blowing*. Data *Six Big Losses* didapatkan dari hasil produksi mesin *blowing* pada periode bulan Mei 2023. Mesin *blowing* salah satu mesin utama yang diperhatikan oleh perusahaan, dikarenakan mesin *blowing* ketika terjadi *troubleshooting* akan membutuhkan waktu yang lama dan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Analisis *Six Big Losses* mesin *blowing* pada

bulan Mei 2023 dapat dilihat pada Tabel 1., dibagi menjadi beberapa faktor seperti pada tabel 2 yang menyebabkan mesin *blowing* terhenti, upaya untuk mengetahui faktor *losses* yang menyebabkan nilai *unplanned downtime* tinggi pada mesin *blowing*. Dapat dilihat pada tabel 8 bahwa *alarm locking mold* memiliki nilai *losses time* tertinggi yaitu 1611 menit. *Alarm oven driver overload* mempunyai *loss time* 217 menit. *Alarm oven driver overload* yang salah satu faktor disebabkan oleh *perform* tersangkut pada *start wheel* yang menyebabkan torsi berlebih pada *mecha lock*. *Model communication abnormal* mempunyai nilai *losses time* 254 menit. *Model communication abnormal* yang disebabkan terhambat atau terputus sinyal *model communication* dari panel *blowing* ke HMI (*Human Machine Interface*). *Lamp of break* mempunyai nilai *losses time* 241 menit, dampak dari *alarm locking mold* dan *alarm oven driver overload* yang menyebabkan lampu *oven* pecah atau tidak bisa digunakan dan juga lampu *oven* pecah diakibatkan *perform* terjatuh di area *oven* dan menimbulkan penumpukan *perform* di area *oven*. *Bottom mold frame abnormal* dan *abnormal colling temperature* pada tabel 2 tidak terjadinya *loss time* pada mesin *blowing* periode Mei 2023.

**Tabel 1. Six big losses mesin blowing periode Mei 2023**

| Tanggal      | Planned Downtime | Unplanned Downtime | Minor Stop | Speed Lose | Rework Lose | Reject Lose  | Target Produksi | Aktual Output  | Ach             |
|--------------|------------------|--------------------|------------|------------|-------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|
|              | Menit            | Menit              | Menit      | Menit      | Menit       | Menit        | Opcs            | Pcs            | %               |
| 1            | 0                | 153                | 11         | 0          | 0           | 648          | 40000           | 32519          | 81,30%          |
| 2            | 0                | 78                 | 5          | 0          | 0           | 668          | 60000           | 55874          | 93,12%          |
| 3            | 43               | 45                 | 0          | 0          | 0           | 877          | 60000           | 55456          | 92,43%          |
| 4            | 0                | 66                 | 0          | 0          | 0           | 753          | 60000           | 56497          | 94,16%          |
| 5            | 45               | 119                | 6          | 0          | 0           | 470          | 60000           | 52447          | 87,41%          |
| 6            | 0                | 254                | 8          | 0          | 0           | 442          | 60000           | 48641          | 81,07%          |
| 7            | 0                | 0                  | 0          | 0          | 0           | 0            | 0               | 0              | 0,00%           |
| 8            | 0                | 140                | 12         | 0          | 0           | 745          | 30000           | 22922          | 76,41%          |
| 9            | 0                | 125                | 0          | 0          | 0           | 514          | 60000           | 54278          | 90,46%          |
| 10           | 55               | 52                 | 6          | 0          | 0           | 486          | 60000           | 54806          | 91,34%          |
| 11           | 0                | 97                 | 5          | 0          | 0           | 420          | 60000           | 55330          | 92,22%          |
| 12           | 48               | 83                 | 12         | 0          | 0           | 542          | 60000           | 53500          | 89,17%          |
| 13           | 0                | 20                 | 11         | 0          | 0           | 466          | 60000           | 58242          | 97,07%          |
| 14           | 0                | 0                  | 0          | 0          | 0           | 0            | 0               | 0              | 0,00%           |
| 15           | 0                | 78                 | 0          | 0          | 0           | 1040         | 40000           | 35710          | 89,28%          |
| 16           | 0                | 45                 | 0          | 0          | 0           | 548          | 60000           | 57577          | 95,96%          |
| 17           | 45               | 41                 | 0          | 0          | 0           | 536          | 60000           | 55881          | 93,13%          |
| 18           | 0                | 56                 | 7          | 0          | 0           | 731          | 60000           | 56644          | 94,41%          |
| 19           | 41               | 22                 | 2          | 0          | 0           | 502          | 60000           | 56790          | 94,65%          |
| 20           | 0                | 90                 | 6          | 0          | 0           | 401          | 60000           | 55599          | 92,67%          |
| 21           | 0                | 0                  | 0          | 0          | 0           | 0            | 0               | 0              | 0,00%           |
| 22           | 0                | 114                | 0          | 0          | 0           | 461          | 40000           | 34789          | 86,97%          |
| 23           | 0                | 84                 | 0          | 0          | 0           | 591          | 60000           | 55909          | 93,18%          |
| 24           | 47               | 77                 | 0          | 0          | 0           | 736          | 60000           | 54097          | 90,16%          |
| 25           | 0                | 199                | 0          | 0          | 0           | 629          | 60000           | 51079          | 85,13%          |
| 26           | 58               | 66                 | 0          | 0          | 0           | 613          | 60000           | 54220          | 90,37%          |
| 27           | 0                | 32                 | 0          | 0          | 0           | 1346         | 60000           | 57321          | 95,53%          |
| 28           | 0                | 0                  | 0          | 0          | 0           | 0            | 0               | 0              | 0,00%           |
| 29           | 0                | 94                 | 0          | 0          | 0           | 785          | 40000           | 35298          | 88,25%          |
| 30           | 0                | 52                 | 0          | 0          | 0           | 651          | 60000           | 57182          | 95,30%          |
| 31           | 65               | 41                 | 0          | 0          | 0           | 569          | 60000           | 55014          | 91,69%          |
| <b>Total</b> | <b>447</b>       | <b>2323</b>        | <b>91</b>  | <b>0</b>   | <b>0</b>    | <b>17170</b> | <b>1510000</b>  | <b>1373622</b> | <b>2442,84%</b> |

**Tabel 2. Unplanned Downtime**

| Problem                             | Waktu (menit) |
|-------------------------------------|---------------|
| <i>Alarm Locking Mold</i>           | 1611          |
| <i>Alarm Oven Driver Overload</i>   | 217           |
| <i>Model Communication Abnormal</i> | 254           |
| <i>Lamp Of Break</i>                | 241           |
| <i>Bottom Mold Frame Abnormal</i>   | 0             |
| <i>Abnormal Colling Temperatur</i>  | 0             |
| <b>Jumlah</b>                       | <b>2323</b>   |

**Diagram Fishbone Alarm Locking Mold**

Diagram *fishbone* adalah alat visual yang digunakan untuk menganalisis akar penyebab suatu masalah. Faktor-faktor menyebabkan *alarm locking mold* terdiri dari setiap faktor manusia, material, mesin, dan metode. Faktor penyebab dan spesifikasi masalah dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Faktor penyebab Alarm Locking Mold**

| Faktor Penyebab | Spesifikasi Masalah  |
|-----------------|--|
| <b>Manusia</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kurang pelatihan mesin <i>blowing</i></li> </ul>  |
| <b>Material</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Preform</i> tidak berotasi dengan sempurna di <i>spindle</i></li> <li><i>Preform reject</i></li> </ul>   |
| <b>Mesin</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gap <i>Preform Transfer Applicator</i> (PTA) terlalu rapat</li> <li><i>Preform Transfer Applicator</i> (PTA) tidak <i>center</i></li> <li><i>Bushing</i> tidak <i>center</i></li> <li><i>Small shaft</i> tidak <i>realese</i></li> <li><i>Mold</i> tidak <i>center</i></li> </ul> |
| <b>Metode</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Baut <i>as pin</i> tidak erat</li> <li><i>Pin mold</i> kering</li> </ul>  |



Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan faktor penyebab terjadinya alarm locking mold yang disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya:

#### 1. Manusia

Faktor yang mempengaruhi manusia yaitu kurang pelatihan operasional mesin *blowing* dapat mengakibatkan *downtime* pada mesin *blowing* dan dapat juga berpotensi terjadi kecelakaan kerja.

#### 2. Material

Faktor yang mempengaruhi material yaitu *preform* tidak berotasi dengan sempurna di spindel dikarenakan o-ring pada *spindel* aus dan harus ada perbaikan atau pergantian pada o-ring *spindel*, dampak dari *preform* tidak berotasi dengan sempurna dapat menyebabkan penumpukan *preform* pada oven dan mengakibatkan lampu oven pecah. *Preform reject* yaitu kecacatan pada material *preform* yang disebabkan penumpukan pada area *dumpper preform*.

#### 3. Mesin

Faktor yang mempengaruhi mesin yaitu gap *preform transfer applicator* (PTA) gap *preform transfer applicator* (PTA) terlalu rapat yaitu gap antara pta dan *molding* tidak sesuai. Dampak dari gap terlalu rapat, neck *preform* akan menyentuh *molding* dan mengakibatkan *molding* tidak tertutup dengan sempurna. *Preform transfer applicator* (PTA) tidak *center*, *preform transfer applicator* (PTA) tidak *center* yaitu PTA tidak dikalibrasi dengan benar,

kemungkinan besar posisinya tidak akan tepat di tengah. Kalibrasi yang teratur diperlukan untuk memastikan keakuratan operasional. *Bushing* tidak *center* yaitu posisi *bushing* naik ke atas diakibatkan tidak kencangnya baut penahan *bushing*. Mold tidak *center* disebabkan vibrasi dan hentakan dari alarm *lock in mold* yang mengakibatkan perubahan setingan pada mesin *blowing*. *Small shaft* tidak *release* mengakibatkan keausan pada *small shaft* yang menyebabkan *small shaft* tidak *release* sehingga mold tidak terbuka.

#### 4. Metode

Faktor yang mempengaruhi metode yaitu baut *as pin* tidak kencang disebabkan vibrasi pada mesin *blowing*. Pin mold kering/seret sebabkan tidak adanya lubrikasi pada pin mold.

#### ***Fuzzy Failure and Effect Analysis***

Metode *F-FMEA* (*Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis*) pada mesin *blowing* adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan fungsi mesin dan dampak pada proses produksi. *F-FMEA* terdapat tiga faktor utama yang dinilai untuk setiap mode kegagalan, yaitu *Severity* (S) merupakan penilaian terhadap seberapa serius dampak kegagalan terhadap mesin *blowing*, *Occurrence* (O) merupakan penilaian terhadap seberapa sering kegagalan mesin *blowing* terjadi. dan *Detection* (D) merupakan penilaian seberapa efektif dalam mengidentifikasi *troubleshooting* pada mesin

*blowing*. Ketiga faktor membantu dalam mengevaluasi risiko kegagalan dan mengidentifikasi prioritas tindakan pencegahan yang harus diambil.

### Evaluasi Nilai Skala S O D pada Alarm Locking Mold

Nilai Skala S O D pada Alarm Locking Mold di PT.XYZ di bantu 3 responden ahli di area produksi mesin *blowing*. Responden 1 (R1)

Departemen *Head* Produksi, responden 2 (R2) Departemen *Head Engineering*, dan responden 3 (R3) Operator *blowing*. Responden akan memberikan nilai risiko, setiap individu beropini dan subjektif pada penilaian faktor S,O,D. Resiko penyebab *alarm locking mold* di dapatkan dari hasil data diagram fishbone. Berikut hasil kuesioner pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Penyebab Resiko Alarm Locking Mold (*Failure Mode*)

| No | Failure Mode  | S  |    |    | O  |    |    | D  |    |    | S    | O    | D    | RPN    |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|--------|
|    |   | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |      |      |      |        |
| 1  | <i>Bushing</i> tidak <i>center</i>                                | 6  | 5  | 4  | 6  | 6  | 6  | 5  | 5  | 6  | 5,00 | 6,00 | 5,33 | 160,00 |
| 2  | <i>Pin mold</i> kering/seret                                      | 9  | 9  | 10 | 9  | 9  | 9  | 9  | 8  | 8  | 9,33 | 9,00 | 8,33 | 700,00 |
| 3  | <i>Small shaft</i> tidak <i>release</i>                           | 9  | 8  | 9  | 8  | 8  | 9  | 8  | 9  | 9  | 8,67 | 8,33 | 8,67 | 625,93 |
| 4  | <i>Mold</i> tidak <i>center</i>                                   | 5  | 6  | 5  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 4  | 5,33 | 5,00 | 5,67 | 151,11 |
| 5  | PTA tidak <i>center</i>   | 5  | 5  | 6  | 4  | 7  | 5  | 6  | 5  | 4  | 5,33 | 5,33 | 5,00 | 142,22 |
| 6  | <i>Preform</i> tidak berotasi dengan sempurna di <i>spindel</i>   | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 2  | 1  | 3  | 4  | 3,33 | 3,00 | 2,67 | 26,67  |
| 7  | Gap <i>Preform</i> Transfer <i>applicator</i> (PTA) terlalu rapat | 5  | 6  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 4,67 | 3,33 | 2,67 | 41,48  |
| 8  | Adanya <i>preform</i> <i>reject</i>                               | 3  | 3  | 1  | 4  | 5  | 5  | 3  | 3  | 3  | 2,33 | 4,67 | 3,00 | 32,67  |
| 9  | Kurang pelatihan mesin <i>blowing</i>                             | 8  | 7  | 6  | 6  | 5  | 5  | 7  | 5  | 6  | 7,00 | 5,33 | 6,00 | 224,00 |
| 10 | Baut as <i>pin mold</i> tidak erat                                | 9  | 8  | 9  | 8  | 8  | 7  | 8  | 8  | 9  | 8,67 | 7,67 | 8,33 | 553,70 |

Berdasarkan Tabel 4 nilai RPN penyebab resiko *alarm locking mold* yaitu *Pin mold* kering/seret dengan nilai RPN 700. *Small shaft* tidak *release* dengan nilai RPN 625. Baut as *pin mold* tidak kencang dengan nilai RPN 553,70. Kurang pelatihan mesin

*blowing* dengan nilai RPN 224,00 dan nilai RPN terendah 26,67 yaitu adanya *Preform* tidak berotasi dengan sempurna di *spindle*.



**Tabel 5.** Penyesuaian Nilai Skala S, O, D

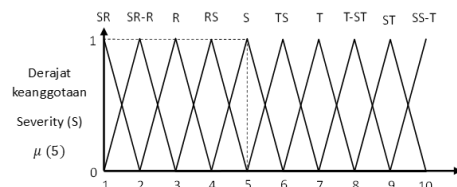
| Failure Mode | Nilai | Fuzzy Number |    | Derajat Keanggotaan |
|--------------|-------|--------------|----|---------------------|
|              |       | A            | B  |                     |
| F1           | S     | 5            | 6  | 1                   |
|              | O     | 6            | 7  | 1                   |
|              | D     | 5,33         | 6  | 0,67                |
| F2           | S     | 9,33         | 10 | 0,67                |
|              | O     | 9            | 10 | 1                   |
|              | D     | 8,33         | 9  | 0,67                |
| F3           | S     | 8,67         | 9  | 0,33                |
|              | O     | 8,33         | 9  | 0,67                |
|              | D     | 8,67         | 9  | 0,33                |
| F4           | S     | 5,33         | 6  | 0,67                |
|              | O     | 5            | 7  | 1                   |
|              | D     | 5,67         | 6  | 0,33                |
| F5           | S     | 5,33         | 6  | 0,67                |
|              | O     | 5,33         | 7  | 0,67                |
|              | D     | 5            | 6  | 1                   |
| F6           | S     | 3,33         | 4  | 0,67                |
|              | O     | 3            | 4  | 1                   |
|              | D     | 2,67         | 3  | 0,33                |
| F7           | S     | 4,67         | 5  | 0,33                |
|              | O     | 3,33         | 4  | 0,67                |
|              | D     | 2,67         | 3  | 0,33                |
| F8           | S     | 2,33         | 3  | 0,67                |
|              | O     | 4,67         | 7  | 0,33                |
|              | D     | 3            | 4  | 1                   |
| F9           | S     | 7            | 8  | 1                   |
|              | O     | 5,33         | 7  | 0,67                |
|              | D     | 6            | 7  | 1                   |
| F10          | S     | 8,67         | 9  | 0,33                |
|              | O     | 7,67         | 9  | 0,33                |
|              | D     | 8,33         | 9  | 0,67                |

Penyesuaian nilai skala S, O, dan D ke bahasa peringkat dan fuzzy number dengan persamaan untuk mencari fuzzy membership function.

Berdasarkan input fuzzy yang di dapatkan dari nilai FMEA maka akan terbentuk bahasa peringkat. Masing-masing peringkat mempunyai parameter fuzzy number yang menunjukan kriteria serta tipe kurva, berikut hasil penyesuaian nilai skala S, O, dan D pada Tabel 5.

Berikut contoh perhitungan *failure mode* (*Bushing* tidak *center*) menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3 untuk masing-masing nilai S,O,D dan mencari nilai fuzzy membership function.

1) Severity (S) (Tingkat Keparahan)

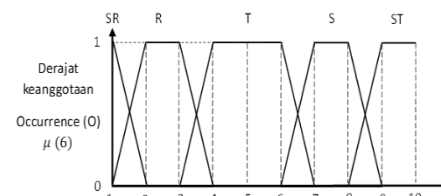


**Gambar 3.** Kurva Severity (S) (Tingkat Keparahan)

$$\text{Sedang } (x) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow x \leq 4 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{(x-4)}{(4-3)} \rightarrow 4 < x \leq 5 \\ \frac{(6-5)}{(6-5)} \rightarrow 5 < x < 6 \end{array} \right\} \quad [5]$$

$$x = \frac{6-5}{6-5} = \frac{1}{1} = 1$$

2) Occurrence (O) (Kejadian)

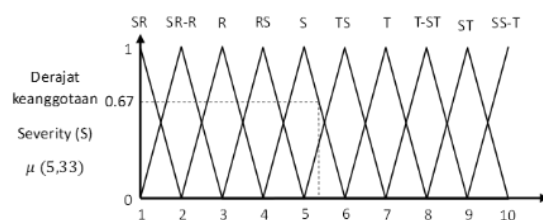


**Gambar 4.** Kurva Occurrence (O) (Kejadian)

$$\text{Sedang } (x) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow x \leq 3 \text{ atau } x \geq 7 \\ \frac{(x-3)}{(4-3)} \rightarrow 3 < x \leq 4 \\ \frac{(7-6)}{(7-6)} \rightarrow 4 \leq x \leq 6 \\ \frac{(7-6)}{(7-6)} \rightarrow 6 < x < 7 \end{array} \right\} \quad [6]$$

$$x = \frac{7-6}{7-6} = \frac{1}{1} = 1$$

3) Detection (D) (Deteksi)



**Gambar 5.** Kurva Detection (D) (Deteksi)

$$\text{Sedang } (x) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow x \leq 4 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{(x-4)}{(4-3)} \rightarrow 4 < x \leq 5 \\ \frac{(6-5,33)}{(6-5)} \rightarrow 5 < x < 6 \end{array} \right\} \quad [7]$$

$$x = \frac{6 - 5,33}{6 - 5} = \frac{0,67}{1} = 0,67$$

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang di gunakan yaitu *Min*. Hasil perhitungan keanggotaan *bushing* tidak center  $S=51$   $O=61$   $D=5.33(0.67)$ , maka fungsi implikasi *bushing* tidak center yaitu 0.67.

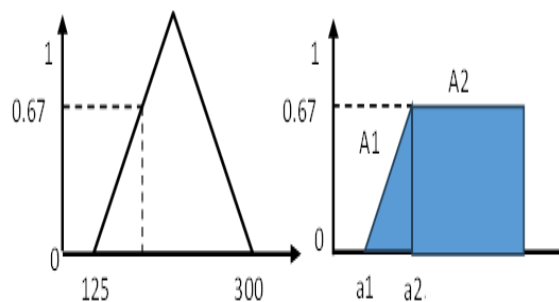
### Inversi fuzzy

Untuk *failure mode* (penyebab resiko *alarm locking mold*) untuk 10 variabel mempunyai 10 rule:

1. R1: If *Severity* (S), *Occurrence* (S) dan *Detection* (S) then FRPN (RS)
2. R2: If *Severity* (ST), *Occurrence* (ST) dan *Detection* (T-ST) then FRPN (ST)
3. R3: If *Severity* (T-ST), *Occurrence* (T) dan *Detection* (T-ST) then FRPN (T-ST)
4. R4: If *Severity* (S), *Occurrence* (S) dan *Detection* (S) then FRPN (RS)
5. R5: If *Severity* (S), *Occurrence* (S) dan *Detection* (S) then FRPN (RS)
6. R6: If *Severity* (R), *Occurrence* (R) dan *Detection* (SR-R) then FRPN (SR)
7. R7: If *Severity* (RS), *Occurrence* (R) dan *Detection* (SR-R) then FRPN (SR-R)
8. R8: If *Severity* (SR-R), *Occurrence* (S) dan *Detection* (R) then FRPN (SR-R)
9. R9: If *Severity* (T), *Occurrence* (S) dan *Detection* (TS) then FRPN (RS)
10. R10: If *Severity* (TS-T), *Occurrence* (T) dan *Detection* (TS-T) then FRPN (S)

### 1. Komposisi antar aturan

Dari hasil implikasi dari tiap aturan, digunakan metode *Max* untuk melakukan komposisi antar aturan. Berikut implikasi antar aturan *Max* untuk R1:



**Gambar 6.** Implikasi Antar Aturan *Max* Untuk R1

Pada gambar 6 daerah hasil dibagi menjadi 2 bagian , yaitu A1 dan A2. Untuk mencari nilai a1 dan a2 maka menggunakan persamaan 4 berikut hasil perhitungan implikasi antar aturan *Max* untuk R1:

$$\begin{aligned} (a1 - 125) / 160 &= 0 & : a1=0 \\ (a2 - 125) / 160 &= 0.67 & : a2= 229 \end{aligned}$$

Fungsi keanggotaan:

$$(x) = \left\{ \begin{aligned} 0 &\rightarrow x \leq 125 \\ \frac{(x-125)}{160} &\rightarrow 125 < x \leq 300 \\ 0.67 &\rightarrow x \geq 229 \end{aligned} \right\} \quad [8]$$

### 2. Defuzzyfikasi

*Defuzzifikasi* memiliki tujuan untuk mempertegas peringkat fuzzy RPN. Hasil *defuzzifikasi* di gunakan untuk usulan perbaikan. Berikut contoh perhitungan FRPN *bushing* tidak center menggunakan persamaan 12:

$$\begin{aligned} FRPN &= \frac{(125 + 200 + 300) * 0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67} & [9] \\ FRPN &= \frac{418.75}{2.01} \\ FRPN &= 208.33 \end{aligned}$$

**Tabel 6.** Hasil perhitungan nilai FRPN

| Failure Mode  | Nilai | Fuzzy Number |      | Peringkat | Derajat Keanggotaan | Predkat | FRPN   | RANK  |
|---|-------|--------------|------|-----------|---------------------|---------|--------|-------|
|   |       | A            | B    |           |                     |         |        |       |
| Bushing tidak center                                | S     | 5,00         | 4    | 6         | S                   | 1       | 208,33 | 5,00  |
|   | O     | 6,00         | 5    | 7         | S                   | 1       |        |       |
|   | D     | 5,33         | 5    | 6         | S                   | 0,67    |        |       |
| Pin mold kering/seret                               | S     | 9,33         | 8,00 | 10,00     | ST                  | 0,67    | 900,00 | 1,00  |
|   | O     | 9,00         | 8    | 10        | ST                  | 1       |        |       |
|   | D     | 8,33         | 7    | 9         | T-ST                | 0,67    |        |       |
| Small shaft tidak release                           | S     | 8,67         | 7    | 9         | T-ST                | 0,33    | 700,00 | 2,00  |
|   | O     | 8,33         | 6    | 9         | T                   | 0,67    |        |       |
|   | D     | 8,67         | 7    | 9         | T-ST                | 0,33    |        |       |
| Mold tidak center                                   | S     | 5,33         | 4    | 6         | S                   | 0,67    | 208,33 | 6,00  |
|   | O     | 5,00         | 3    | 7         | S                   | 1       |        |       |
|   | D     | 5,67         | 4    | 6         | S                   | 0,33    |        |       |
| PTA tidak center                                    | S     | 5,33         | 4    | 6         | S                   | 0,67    | 208,33 | 7,00  |
|   | O     | 5,33         | 3    | 7         | S                   | 0,67    |        |       |
|   | D     | 5,00         | 4    | 6         | S                   | 1       |        |       |
| Preform tidak berotasi dengan sempurna di spindel   | S     | 3,33         | 2    | 4         | R                   | 0,67    | 33,33  | 9,00  |
|   | O     | 3,00         | 1    | 4         | R                   | 1       |        |       |
|   | D     | 2,67         | 1    | 3         | SR-R                | 0,33    |        |       |
| Gap Preform Transfer applicator (PTA) terlalu rapat | S     | 4,67         | 3    | 5         | RS                  | 0,33    | 75,00  | 8,00  |
|   | O     | 3,33         | 1    | 4         | R                   | 0,67    |        |       |
|   | D     | 2,67         | 1    | 3         | SR-R                | 0,33    |        |       |
| Adanya preform reject                               | S     | 2,33         | 1    | 3         | SR-R                | 0,67    | 75,00  | 10,00 |
|   | O     | 4,67         | 3    | 7         | S                   | 0,33    |        |       |
|   | D     | 3,00         | 2    | 4         | R                   | 1       |        |       |
| Kurang pelatihan mesin blowing                      | S     | 7,00         | 6    | 8         | T                   | 1       | 208,33 | 4,00  |
|   | O     | 5,33         | 3    | 7         | S                   | 0,67    |        |       |
|   | D     | 6,00         | 5    | 7         | TS                  | 1       |        |       |
| Baut as pin mold tidak kencang                      | S     | 8,67         | 7    | 9         | T-ST                | 0,33    | 333,33 | 3,00  |
|   | O     | 7,67         | 6    | 9         | T                   | 0,33    |        |       |
|   | D     | 8,33         | 7    | 9         | T-ST                | 0,67    |        |       |

Berdasarkan tabel 6 *failure mode bushing tidak center* di peroleh nilai FRPN 208.33 di Rank 5, *Pin mold kering/seret* memperoleh nilai FRPN 900 di rank 1, Small shaft tidak release memperoleh nilai FRPN 700 di rank 2, Baut as pin mold tidak

kencang memperoleh nilai FRPN 333.33 di rank 3. Kurang pelatihan mesin *blowing* di memperoleh nilai FRPN 208.33 di rank 4. Hasil nilai FRPN 4 terbesar akan di lanjutan penelitian dengan menggunakan metode 5W 1H untuk memberikan rekomendasi tindakan

perbaikan untuk memaksimalkan kinerja mesin *blowing*

### Implementasi 5W 1H

Implementasi 5W 1H adalah kerangka kerja pertanyaan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang komprehensif tentang suatu kejadian atau topik Analisis 5W 1H memastikan bahwa

pendekatan masalah dan solusinya akan lebih terarah dan mendapatkan hasil yang maksimal. Menganalisis implementasi analisis 5W 1H dalam menyelesaikan masalah secara efektif dan memberikan improvement terkait permasalahan yang menyebabkan alarm *locking mold*.

**Tabel 7.** Uraian Analisis 5W 1H Terkait Faktor Manusia

| Permasalahan                          | Pernyataan   | Deskripsi                      | Tindakan   |
|---------------------------------------|--------------|--------------------------------|--|
| Manusia                               | <i>What</i>  | Apa yang harus dilakukan?      | Memastikan operator memahami operasional mesin                       |
| Kurang pelatihan mesin <i>blowing</i> | <i>Why</i>   | Mengapa harus dilakukan?       | Meminimalisir <i>downtime</i> yang terjadi pada mesin <i>blowing</i> |
|                                       | <i>Where</i> | Dimana harus dilakukan?        | Area filling dan <i>blowing</i> AMDK                                 |
|                                       | <i>When</i>  | Kapan harus dilakukan?         | Training di lakukan seminggu sekali.                                 |
|                                       | <i>Who</i>   | Siapa yang harus melakukannya? | Departemen produksi  |
|                                       | <i>How</i>   | Bagaimana bisa terjadi ?       | Ketidaktahuan operator tentang operasional mesin                     |

Berdasarkan Tabel 7 perlu dilakukannya pelatihan operasional mesin *blowing* untuk meminimalisir *downtime* yang terjadi pada mesin. *Downtime* dapat terjadi akibat kerusakan mesin, kesalahan operator, atau kegagalan sistem. Dengan memberikan pelatihan yang tepat, operator mesin *blowing* akan memahami risiko yang terkait dengan pekerjaan dan menghindari kecelakaan kerja. Pelatihan operasional mesin *blowing* juga dapat meningkatkan

efisiensi produksi. Pengetahuan tentang perawatan mesin yang baik, sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik dan tidak mengalami kerusakan yang serius.. Perusahaan perlu membuat jadwal training yang dilakukan setiap minggu atau sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Perusahaan melibatkan departemen produksi dalam pelatihan, karena memiliki pengetahuan dan pengalaman yang relevan dalam operasional mesin.

Tabel 8. Uraian analisis 5W1H terkait faktor material

| Permasalahan                          | Pernyataan   | Deskripsi                      | Tindakan   |
|---------------------------------------|--------------|--------------------------------|--|
| Material                              | <i>What</i>  | Apa yang harus dilakukan?      | Mengganti material <i>small shaft</i>  |
| Material <i>small shaft</i> mudah aus | <i>Why</i>   | Mengapa harus dilakukan?       | Keausan pada <i>small shaft</i> menyebabkan <i>small shaft</i> tidak <i>release</i> sehingga <i>pin mold</i> tidak naik dan menyebabkan <i>mold</i> tidak bisa terbuka dan tertutup. |
|                                       | <i>Where</i> | Dimana harus dilakukan?        | Area mesin <i>blowing</i>  |
|                                       | <i>When</i>  | Kapan harus dilakukan?         | Pengecekan kondisi main <i>shaft</i> pada saat <i>weekly maintenance</i>   |
|                                       | <i>Who</i>   | Siapa yang harus melakukannya? | Operator dan tim teknik  |
|                                       | <i>How</i>   | Bagaimana bisa terjadi ?       | Material <i>small shaft</i> mudah aus  |

Berdasarkan Tabel 8 menunjukan *small shaft* tidak *release* mengakibatkan keausan pada *small shaft* yang menyebabkan *small shaft* tidak *release* sehingga *mold* tidak terbuka. Material *small shaft* yang sebelumnya menggunakan material VCN-150 dan usulan pergantian material material

SKD-11. SKD-11 adalah jenis baja perkakas, Material SKD-11 memiliki kekerasan yang tinggi dan tahan terhadap aus, sehingga cocok untuk mengaplikasikan *small shaft* yang membutuhkan kekerasan dan ketahanan yang tinggi. Menurut (Son NH et al., 2020)

Tabel 9. Uraian analisis 5W1H terkait faktor mesin

| Permasalahan                          | Pernyataan   | Deskripsi                      | Tindakan   |
|---------------------------------------|--------------|--------------------------------|--|
| Mesin                                 | <i>What</i>  | Apa yang harus dilakukan?      | Pengencangan baut <i>as</i> dan penambahan ring pada baut <i>as pin</i>              |
| Baut <i>as pin mold</i> tidak kencang | <i>Why</i>   | Mengapa harus dilakukan?       | Baut <i>as pin</i> mudah tidak kencang   |
|                                       | <i>Where</i> | Dimana harus dilakukan?        | Area mesin <i>blowing</i>  |
|                                       | <i>When</i>  | Kapan harus dilakukan?         | Pada saat <i>Maintenance</i>   |
|                                       | <i>Who</i>   | Siapa yang harus melakukannya? | Operator dan tim teknik  |
|                                       | <i>How</i>   | Bagaimana bisa terjadi ?       | Vibrasi mesin <i>blowing</i> yang menyebabkan baut <i>as pin</i> mudah tidak kencang |

Berdasarkan pada Tabel 9 yaitu baut *as pin* pada mesin *blowing* sering mengendur diakibatkan vibrasi dan hentakan yang terjadi selama operasi. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada mesin dan mengganggu kinerja produksi. Baut *as pin* adalah komponen penting dalam mesin *blowing* yang menghubungkan *small shaft* dan *pin mold*. Ketika baut *as pin* tidak kencang, dapat menyebabkan ketidakstabilan pada mesin. Mengakibatkan

kerusakan pada komponen mesin lainnya dan mengurangi efisiensi produksi. Pengencangan baut *as pin* dan penambahan *ring per* pada baut *as pin* akan memastikan bahwa baut tetap kencang dan tidak mengendur selama operasi mesin. Operator dan tim teknik bekerja sama untuk memastikan *ring per* terpasang pada baut *as pin*. Penambahan *ring per* dilakukan sesuai dengan ukuran yang tepat untuk memastikan kekencangan yang optimal.

Tabel 10 Uraian analisis 5W1H terkait faktor metode

| Permasalahan                 | Pernyataan   | Deskripsi                      | Tindakan   |
|------------------------------|--------------|--------------------------------|--|
| Metode                       | <i>What</i>  | Apa yang harus dilakukan?      | Memberikan lubrikasi manual  |
| <i>Pin mold</i> kering/seret | <i>Why</i>   | Mengapa harus dilakukan?       | Mengurangi gesekan pada bushing mold dan <i>pin mold</i>   |
|                              | <i>Where</i> | Dimana harus dilakukan?        | Area mesin <i>blowing</i>  |
|                              | <i>When</i>  | Kapan harus dilakukan?         | Lubrikasi pada saat <i>maintenance</i>   |
|                              | <i>Who</i>   | Siapa yang harus melakukannya? | Operator dan tim teknik  |
|                              | <i>How</i>   | Bagaimana bisa terjadi?        | Gesekan antara <i>bushing mold</i> dan <i>pin mold</i> yg terus menerus menyebabkan timbulnya gram sehingga menyebabkan <i>pin mold</i> seret karena <i>bushing mold</i> kotor |

Berdasarkan pada Tabel 10 yaitu memberikan lubrikasi manual. Lubrikasi manual diperlukan untuk mengurangi gesekan antara bushing mold dan pin mold pada mesin *blowing*. Gesekan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada mesin dan mengganggu proses

produksi. Dengan memberikan lubrikasi pada material *small shaft*, dapat mengurangi gesekan dan mencegah terjadinya kerusakan.



## CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dari data *blowing* kinerja mesin *blowing* yang didapat pada periode bulan Mei 2023, faktor terbesar yang menyebabkan *losses* pada mesin *blowing* yaitu *unplanned downtime* dengan 2323 menit dengan rata-rata 74,94 menit. *Unplanned downtime* merujuk pada waktu di mana mesin *blowing* tidak beroperasi atau tidak berfungsi seperti yang dijadwalkan, *unplanned downtime* di bagi menjadi beberapa faktor, faktor terbesar *alarm locking mold* memiliki nilai *losses time* tertinggi yaitu 1611 menit.

Nilai FRPN penyebab resiko *alarm locking mold* yaitu *Pin mold* kering/seret memperoleh nilai FRPN 900 di rank 1, *Small shaft* tidak *release* memperoleh nilai FRPN 700 di rank 2, *Baut as pin mold* tidak kencang memperoleh nilai FRPN 333.33 di rank 3. Kurang pelatihan mesin *blowing* di peroleh nilai FRPN 208.33 di rank 4.

Perlu dilakukannya pelatihan operasional mesin *blowing* untuk meminimalisir *downtime* yang terjadi pada mesin. Pelatihan operasional mesin *blowing* dapat membantu perusahaan meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya produksi. *Small shaft* tidak *release*

mengakibatkan keausan pada *small shaft* menyebabkan *small shaft* tidak *release* sehingga *mold* tidak terbuka. Pergantian material *small shaft* yang sebelumnya menggunakan material VCN-150 di ganti menggunakan material SKD-11. *Baut as pin* pada mesin *blowing* sering mengendur karena vibrasi dan hentakan yang terjadi selama operasi, operator dan tim teknik bekerja sama untuk memastikan ring per terpasang pada *baut as pin*. Lubrikasi manual diperlukan untuk mengurangi gesekan antara *bushing mold* dan *pin mold* pada mesin *blowing*.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat diberikan sebagai referensi penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai *OEE* setelah di lakukan mengaplikasikan *improvement* pada mesin *blowing*.
2. Melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kinerja mesin *blowing* setelah melakukan *improvements*.
3. Menggunakan metode *ORE (Overall Resource Effectiveness)* adalah pendekatan yang mirip dengan *OEE*. sementara *OEE* berfokus pada efektivitas peralatan, *ORE* memperluas cakupannya untuk mempertimbangkan semua sumber daya yang terlibat dalam proses produksi, termasuk manusia, bahan, dan peralatan.

## ACKNOWLEDGMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT.XYZ telah mengizinkan melakukan penelitian. Terima kasih juga kepada pembimbing di Universitas Djuanda.

## REFERENCES

- Adesta EY Prabowo HA. dan Agusman D. (2018). Evaluating 8 pillars of total productive maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. In *IOP conference series: materials science and engineering* Volume 290 (No. 1) p. 012024. IOP Publishing.
- Afifah N dan Megantara S. (2023). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) serta Peningkatan Produktivitas Mesin Pengemasan Primer dengan Pendekatan Total Productive Maintenance (TPM). *Farmaka* 211.
- Aisyah S. (2011). Implementasi Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dan Fuzzy Logic sebagai Program Pengendalian Kualitas. *Journal of Industrial Engineering dan Management Systems* 42 1–14.
- Alamsyah F. (2015). Analisis Akar Penyebab Masalah dalam Meningkatkan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Stripping Hipack III dan Unimach di PT PFI Firman. *Jurnal OE VII*3 289–302.
- Andrianto D. (2023). Analisis Produktivitas Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin UH-61. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)* 33 315. <https://doi.org/10.30587/justicb.v3i3.5424>
- Fatah K. Yunus M. dan Prasetya I. (2023). Analisis Kerusakan Mesin Molen Genteng Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). *JUSTIMES (Jurnal Rekayasa Teknik Mesin Saburai)* 1(01) 1–11. <https://doi.org/10.24967/justimes.v1i01.2090>
- Haq IS. Darma AY. dan Batubara RA. (2021). Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)* 31. <https://doi.org/10.36870/jvti.v3i1.209>
- Islam S. (2020). Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 81 13–20.
- Karatop B. Taşkan B. Adar E. dan Kubat C. (2021). Decision analysis related to the renewable energy investments in Turkey based on a Fuzzy AHP-EDAS-Fuzzy FMEA approach. *Computers and Industrial Engineering*

- 151(November).  
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106958>
- Lesmana T. (2021). *Model Optimasi Overall Equipment Effectiveness Mesin Rollwrap (Studi Kasus Produksi Permen Di PT. XYZ)*. Teknologi Industri Pertanian. Universitas Djuanda.
- Murtadlo M. Andesta D. dan Ismiyah E. (2021). Analisis Efektifitas Mesin *blowing* Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Sebagai Dasar Usulan Perbaikan (Studi Kasus: Ud. Karunia Plastik). *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)* 13 356.
- Saptadi S. (2015). Analisis Nilai Efektivitas Mesin Winding Acx6 Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness. *The bulletin of the Center for Special Needs Education Research and Practice Graduate School of Education Hiroshima University* (Issue13).
- Prabowo HA. Suprpto YB. dan Farida F. (2018). The Evaluation Of Eight Pillars Total Productive Maintenance (TPM) Implementation And Their Impact On Overall Equipment Effectiveness (OEE) And Waste. *SINERGI* 221 13.
- Saputra A. dan Sarijal S. (2022). Condenser Damage Analysis using FTA And FMEA Methods at PLTU Nagan Raya. *Jurnal Inotera* 72 103–108.  
<https://doi.org/10.31572/inotera.vol7.iss2.2022.id180>
- Son NH. Trung DD. dan Nguyen NT. (2020). A Study on Productivity Improvement for the SKD11 Steel Grinding by Using CBN Grinding Wheel - A New Approach. *Universal Journal of Mechanical Engineering* 81 29–33.  
<https://doi.org/10.13189/ujme.2020.080104>
- Sri K. dan Hari P. (2004). Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung keputusan. Graha Ilmu Yogyakarta.
- Sri K dan Hari P. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Edisi 2. Graha Ilmu Yogyakarta.
- Sucipto S. Effendi U. (2018). Analisis Risiko Produksi Daging Sapi di Rumah Potong Hewan Menggunakan Metode Fuzzy FMEA (Studi Kasus di RPH X) Risk Analysis of Beef Production in Slaughterhouse Using Fuzzy FMEA Method (Case Study at Slaughterhouse X). In *Jurnal Agroindustri Halal* (Vol. 4 Issue 2).
- Sukwadi R. Wenehenubun F. dan Wenehenubun TW. (2017). Pendekatan Fuzzy FMEA dalam Analisis Faktor Risiko Kecelakaan Kerja. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* 61 29.

<https://doi.org/10.26593/jrsi.v6i1.242>

[5.29-38](#)

Wang YM. Chin KS. Poon G. dan Yang JB.  
(2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications* 36(2 PART 1) 1195–1207.

<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.1>

[1.028](#)

Willyanda L. Walady D. dan Meuthia HY.  
(2023). *IESM (Industrial Engineering System and Management) Journal Analisis Pelaksanaan TPM Dengan Menggunakan Metode OEE di PT. XYZ Analysis Implementation TPM Using the OEE Method at*