

Effectiveness Machine

USULAN PENINGKATAN EFEKTIVITAS MESIN MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)* PADA MESIN *MOULDING* PT. TFM

Angga Novian Virana Putra*, Rony Prabowo, Moch Kalam Mollah

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

*Corresponding Author: angganovianvp@gmail.com

Web Journal : <https://journal.unimal.ac.id/miej>

DOI: <https://doi.org/10.53912/iej.v10i2.764>

Abstrak - Mesin *moulding* ialah mesin yang dipakai untuk membentuk permukaan kayu di PT. TFM yang memiliki frekuensi kendala yang tinggi mengakibatkan adanya *downtime* menjadikan proses produksi menjadi tidak efektif karena adanya penurunan produktivitas. Berdasarkan masalah yang ada, maka perlu adanya pengukuran efektivitas mesin untuk mengetahui penyebab dan kemudian diusulkan perbaikan. Pengukuran yang digunakan ialah dengan metode *overall equipment effectiveness OEE* dan *fault tree analysis FTA* serta mengetahui nilai dari *six big losses*. Hasil dalam penelitian ini diperoleh nilai rata-rata *OEE* 82% yang masih dibawah standar global yaitu 85%. *Losses* yang paling berpengaruh terdapat pada *reduced speed losses* dengan presentase rata-rata 10,8% dan total nilai presentase 64,8%, total time losses 6.315 menit dengan rata-rata 1.053 menit. *Idling and minor stoppage losses* nilai presentase rata-rata 4,8% dengan total presentase 29,0%, total time losses 2.453 menit dengan rata-rata 409 menit. *Process defect losses* nilai presentase rata-rata 2,6% dengan total presentase 15,8%, total time losses 1.532 menit dengan rata-rata 255 menit. Penyebab kurangnya nilai efektivitas dipengaruhi oleh faktor mesin, manusia, dan material.

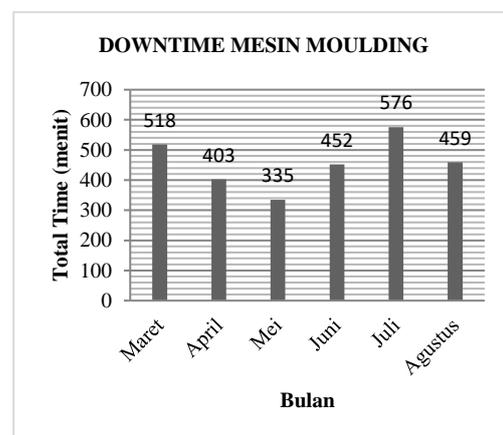
Kata kunci: *Overall Equipment Effectiveness, Fault Tree Analysis, Six Big Losses.*

1. PENDAHULUAN

Ditopang oleh kemajuan teknologi yang begitu pesat, ekonomi global semakin mendorong terjadinya seleksi alam yang mengarah pada kelangsungan hidup suatu perusahaan mana yang paling kuat. Bisnis dan perusahaan yang paling dapat beradaptasi dengan tuntutan lingkungan saat ini akan berhasil menawarkan apa yang masyarakat inginkan. Langkah untuk meningkatkan produktivitas merupakan perihal yang fundamental akan keberhasilan suatu perusahaan pada siklus bisnis.

PT. TFM merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi lantai kayu atau *wood flooring* untuk alas lantai pada rumah, restoran, dan hotel. Produk lantai kayu ini pada prosesnya menggunakan mesin *sawer*, mesin *handsaw*, mesin oven atau *kiln try*, mesin *moulding*, dan mesin gerinda. PT. TFM sering mengalami kendala yang disebabkan berhentinya suatu mesin, yang sering mengalami permasalahan yaitu mesin *moulding* dengan jumlah kendala terbanyak dari

pada mesin lainnya. Berikut merupakan data *downtime* pada mesin *moulding* seperti berikut:



Gambar 1 .Data *Downtime* Mesin *Moulding*

Dalam proses kinerjanya, tugas dari mesin *moulding* ialah membentuk kayu dan memberi profil *tang and grove*. Proses tersebut merupakan tahap ke empat dari proses pembuatan lantai kayu. Adanya

downtime pada mesin *moulding* akan mengakibatkan terhambatnya proses produksi pembuatan produk lantai kayu yang sudah ditetapkan oleh PT. TFM. Oleh sebab itu, pengukuran *performance* begitu penting untuk PT. TFM, untuk itu perlu adanya penelitian guna mengukur keefektifan mesin *moulding* dengan menerapkan metodologi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), melakukan analisis asal mula adanya *six big losses* mesin *moulding* kayu dengan menerapkan *Fault Tree Analysis* (FTA), serta membagikan solusi *repair* guna memajukan keefektifan mesin *moulding*.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah parameter komprehensif sebagai penentuan tingkatan produktivitas mesin/peralatan dari performa teoritis. Pada proses mengukur dibutuhkan guna mengidentifikasi wilayah tertentu yang mungkin perlu dimaksimalkan produktivitasnya atau efisiensi mesin/alat serta dapat memperlihatkan wilayah *bottleneck* di lini produksi [1].

Suatu perusahaan harus melakukan pengukuran OEE dikarenakan 3 (tiga) alasan utama yaitu sebagai berikut [2]:

1. Membantu memprioritaskan tujuan dari pekerjaan pengembangan dalam pencerminan produk/hasil.
2. Menyatukan perspektif dari memanfaatkan, proses serta bobot pada fasilitas atau alat-alat.
3. Melakukan pengukuran sesuatu yang berubah dari daya muat, kualitas serta produktivitas.

Manfaat memilih dan menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) diantaranya:

1. Dalam penggunaannya OEE mampu menetapkan *starting point* oleh perusahaan dan juga alat.
2. Mampu diaplikasikan sebagai cara mencari keadaan *bottleneck* di sebuah peralatan atau mesin.
3. Mampu diaplikasikan dalam mengidentifikasi *losses* berupa hilangnya produktivitas (*true productivity losses*).
4. Dapat menetapkan hal utama pada usaha sebagai langkah untuk meningkatkan OEE kemudian meningkatkan produktivitas.

Kelebihan dan Kekurangan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai berikut, yaitu [3]:

Kelebihan OEE yaitu:

1. Membantu menentukan cara terbaik untuk memantau serta meningkatkan efektivitas dari proses manufaktur.

2. Memastikan efektivitas TPM dan inisiatifnya dengan berkontribusi atau ikut serta pada keseluruhan kerangka kerja untuk mengevaluasi efisiensi produksi.
3. Membantu mempertimbangkan berbagai sub parameter dari proses manufaktur, yakni *availability*, *performance* dan *quality rate*. Dari ketiga rasio tersebut akan dikalikan dan hasilnya akan disajikan kedalam bentuk presentase.

Kelemahan OEE yaitu:

1. OEE hanya berjalan pada satu *platform* saja.
2. OEE menghendaki *scanning data rate* yang tinggi jadi tidak cocok jalan hanya di *cloud system* saja.

Ada beberapa tahapan dalam pengukuran dengan menggunakan metode OEE, yaitu [4]:

1. Availability

Tahapan ini memiliki tujuan guna menjelaskan permasalahan pendayagunaan waktu sebagai aktivitas jalannya mesin ataupun perlengkapan, telah ditetapkan dari industri sebagai penciptaan produktivitas *output* pembuatan yang benar. Rumus yang dapat digunakan seperti berikut:

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots (2.1)$$

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\%$$

2. Performance

Tahapan ini memiliki tujuan untuk menganalisa hasil rekapan sebagaimana mesin menciptakan *output* setiap satu jam bersumber pada rekap riset berupa bentuk pengamatan objek dilingkup hasil pembuatan (*packing*) industri.

$$Performance\ Rate = \frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \times 100\% \dots\dots (2.2)$$

3. Quality

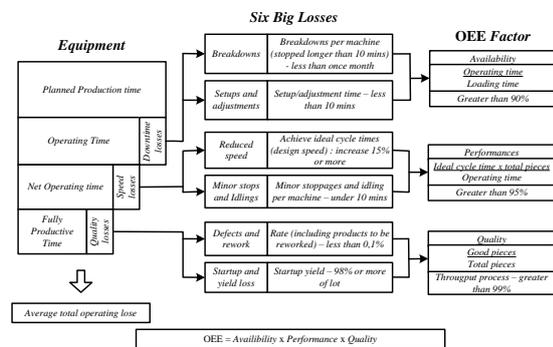
Tahapan ini memiliki tujuan untuk menganalisa mutu produk yang sesuai dengan standar.

$$Quality\ Rate = \frac{Processed\ amount - Defect\ amount}{Processed\ amount} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan jumlah penskalaan atas performa juga berkaitan pada *Availability*, *Performance*, serta *Quality*. untuk memperoleh nilai OEE maka bisa menerapkan persamaan diantaranya [5]:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \dots\dots (2.4)$$

Berikut merupakan gambaran dari tahapan perhitungan metodologi Overall Equipment Effectiveness (OEE):



Gambar 2 .Tahapan perhitungan Metode OEE

Menurut Jannah kondisi ideal OEE yang usai dipastikan dari JIPM (Japan Institute Of Plant Maintenance) dalam suatu perusahaan adalah [6]:

Tabel 1. Standart Ideal OEE

Faktor OEE	Presentase nilai standar OEE
Availability	> 90%
Performance	> 95%
Quality Rate	> 99%
OEE	> 85%

Berlandaskan penjelasan mengenai standar nilai OEE yang sudah ditetapkan oleh kinerja OEE kelas dunia terdapat 4 (empat) cara dalam penilaian skor metode OEE yaitu, sebagai berikut:

1. Apabila nilai OEE = 100 %, hasil produksi dipercaya telah sempurna. Hanya menghasilkan produk tiada yang rusak, berjalan dengan performa yang tangkas serta tiadanya *downtime*.
2. Apabila nilai OEE = 85 %, hasil produksi dipercaya sebagai tingkat dunia. Jumlah yang berlebih dari pabrik, pada angka tersebut adalah angka yang sangat tepat guna membentuk tujuan jangka panjang.
3. Apabila nilai OEE = 60 %, produksi dipercaya dalam tingkat kewajaran. Namun terlihat keberadaan ruang besar guna melaksanakan *improvement*.
4. Apabila nilai OEE = 40 %, produksi dipercaya mempunyai prosentase yang sangat rendah. Namun terdapat sebagian kasus bisa mudah untuk dilaksanakan *improvement*.

2.2 Six Big Losses

Keberhasilan dalam lini produksi tidak luput dari adanya *losses*, *losses* tersebut oleh Rinawati,

dibedakan jadi 6 (enam) bagian besar sebagai berikut merupakan pengertian dari *six big losses* [7]:

1. *Equipment Failures* adalah kerugian terjadi karena peralatan rusak.

$$Equipment\ failures = \frac{Downtime}{Loading\ time} \times 100\% \dots (2.5)$$

2. *Set up dan adjustment time* adalah kerugian yang disebabkan dari peralihan kondisi operasi.

$$Setup\ dan\ adjustment\ loss = \frac{Setup\ dan\ adjustment\ time}{Loading\ time} \times 100\% \dots(2.6)$$

3. *Idling dan minor stoppages losses*, adalah bentuk resesi yang dihasilkan dari penghentian alat sebab adanya masalah sementara.

$$Idling\ and\ minor\ stoppages = \frac{Non\ productive\ time}{Loading\ time} \times 100\% \dots (2.7)$$

4. *Reduce speed losses* ialah kecepatan pembuatan yang dikurangi dari kecepatan desain perlengkapan tersebut.

$$\frac{Operation\ time - (Ideal\ Cycle\ Time \times Total\ Product\ Proce)}{Loading\ Time} \dots\dots (2.8)$$

5. *Defect atau quality losses* adalah hasil dari proses pembuatan yang jauh dari spesifikasi yang usai diatur.

$$Scrap\ loss/Yield = \frac{Ideal\ cycle\ time \times Scrap}{Loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

6. *Defect in process* atau *rework losses* adalah bentuk resesi yang disakibatkan dari *output* cacat yang dihasilkan.

$$Defect\ inprocess\ losses = \frac{Ideal\ cycle\ time \times Defect}{Loading\ time} \times 100\% \dots\dots (2.10)$$

2.3 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) dipakai untuk memperhatikan reliabilitas sebetuk produk serta membuktikan jalinan kausalitas dari sebuah kasus dengan kasus yang berbeda [8].

Pendapat Djamal & Azizi, simbol yang dipergunakan pada *Fault Tree Analysis* FTA bisa diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis, antara lain [9]:

1. *Gate Symbol*

Simbol gerbang bisa dipergunakan untuk menampilkan hubungan peristiwa pada suatu sistem.

Tabel 2. Simbol Gerbang Pada FTA

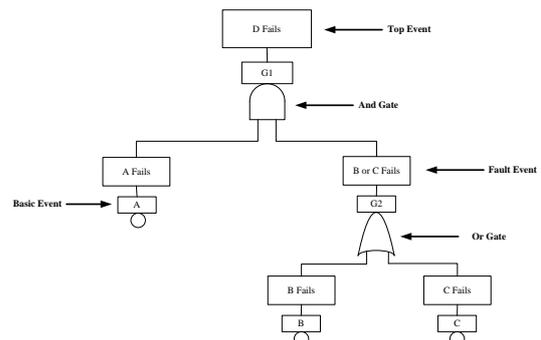
No.	Gate Symbol	Nama dan Keterangan
1.		And gate, Output event berlaku ketika seluruh input event berjalan pada waktu yang sama
2.		Or gate, output event berlaku ketika setidaknya sebuah input event sedang kejadian
3.		k out of n gate, output event berlaku ketika paling minim k output dari n input event sedang kejadian
4.		Exclusive OR gate, Output event berlaku ketika sebuah input event, namun tidak sedang kejadian
5.		Inhibit gate, input menciptakan output ketika conditional event telah ada
6.		Priority and gate, Output event kejadian dari kanan ataupun kiri
7.		Not gate, Output event kejadian ketika input event tidak kejadian

2. Simbol event (kejadian)
 Simbol peristiwa dipakai guna memperlihatkan karakter pada setiap peristiwa dari sistem.

Tabel 3. Simbol Event Pada FTA

No.	Simbol Event	Nama dan Keterangan
1.		Elipse, memperlihatkan peristiwa pada tingkatan teratas (top event) pada pohon kesalahan
2.		Rectangle, memperlihatkan peristiwa pada tingkatan medium (intermediate fault

		event) pada pohon kesalahan
3.		Circle , memperlihatkan peristiwa pada tingkatan terbawah (lowest level failure event) atau dapat diartikan dengan peristiwa paling mendasar (basic event)
4.		Diamond , memperlihatkan peristiwa yang tidak terduga (undeveloped event). Peristiwa yang tidak terduga bisa diamati di pohon kesalahan serta dengan anggapan sebagai peristiwa paling depan yang dapat mengakibatkan kerusakan
5.		House , memperlihatkan peristiwa masukan (input event) serta merupakan peristiwa terkontrol (signal). Pelaksanaan ini bisa mengakibatkan kerusakan.



Gambar 3 .Contoh Penggambaran FTA

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam penerapan FTA:

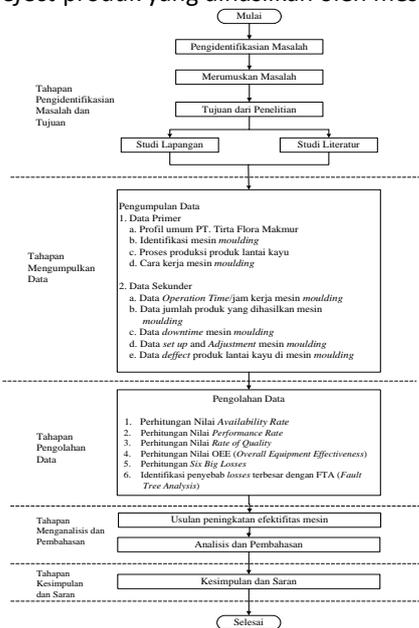
1. Identifikasi masalah
 Analisa dengan langkah-langkah FTA agar ditemukan pemicu turunnya produktivitas kemudian evaluasi perbaikan.
2. Konstruksi Fault Tree Analysis (FTA)

Konstruksi FTA berisi penjabaran tentang penyebab rendahnya produktivitas secara detail dan memiliki bentuk seperti simbol-simbol FTA.

3. Minimum cut set
Minimum cut set ialah gabungan campuran terkecil oleh *basic event*, dimana *top event* dapat berlangsung apabila *basic event* sedang terjadi.
4. Analisis kualitatif
Analisis kualitatif dibutuhkan karena memiliki tujuan mendapatkan kombinasi peristiwa yang mengarah pada teradinya *top event*.
5. Analisis kuantitatif
Tujuan melakukan analisis kuantitatif adalah untuk memahami kemungkinan dari peristiwa yang diamati.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini digarap dari dua ragam data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer berisikan keterangan mengenai informasi seputar perusahaan dan mesin. Kemudian data sekunder berisikan informasi data yang nantinya dipakai pada proses perhitungan efektivitas suatu mesin. Data yang dipakai pada penelitian kali ini merupakan data *operation time*, data jumlah produk yang dihasilkan, data *downtime* yang dialami oleh mesin, data *set up and adjustment*, data *defect* produk yang dihasilkan oleh mesin.



Gambar 4 .Bentuk Konsep

Penelitian didahului dengan mengukur tingkatan efektivitas mesin secara menerapkan metodologi OEE. Metode OEE terdapat tiga pilar primer meliputi *availability rate*, *performance rate*, serta *quality rate*. Kemudian semua pilar OEE yang ada dilakukan pengkalian agar memperoleh nilai

OEE dan selanjutnya melakukan hitungan *six big losses* supaya memperoleh nilai kerugian yang begitu memiliki pengaruh akan efektivitas mesin.

Sesuai mendapatkan nilai *six big losses* yang begitu mendominasi dalam pengaruhnya akan efektivitas mesin, langkah selanjutnya melakukan identifikasi akar permasalahannya dengan menggunakan FTA. Langkah terakhir melakukan usulan perbaikan terhadap masalah yang telah ditemukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan OEE

Hasil OEE diperoleh dari pengkalian tiga pilar utamanya meliputi *availability rate*, *performance rate*, serta *quality rate*.

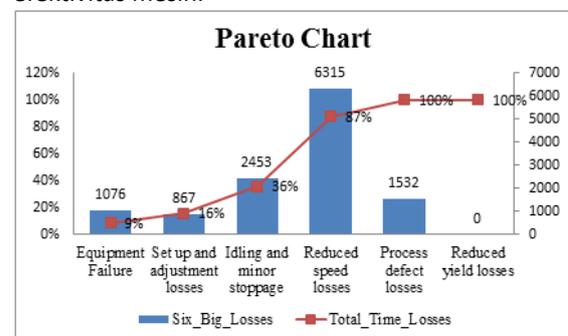
Tabel 4. Hasil Perhitungan OEE

Bulan	A	P	Q	OEE
Maret	95%	87%	96%	79%
April	96%	88%	97%	82%
Mei	96%	90%	96%	83%
Juni	95%	89%	98%	83%
Juli	94%	90%	97%	82%
Agustus	95%	89%	97%	82%
Rata-rata	95%	89%	97%	82%

Berlandaskan hasil dari pengolahan data diperoleh medio nilai OEE menurut mesin *moulding* sebesar 82%, kemudian perlu ditingkatkan dari standarisasi ideal sesuai *world class* sebesar 85%, nilai tersebut dipengaruhi dari *performance rate* dan *quality rate*, sehingga diperlukan identifikasi lebih lanjut dengan perhitungan *six big losses*.

4.2 Perhitungan Six Big Losses

Analisa hitungan *six big losses* memiliki tujuan agar menangkap informasi tentang *losses* yang paling mempengaruhi akan berkurangnya tingkatan efektivitas mesin.



Gambar 5 .Diagram Pareto

Berlandaskan hasil perhitungan oleh *six big losses* diperoleh kerugian yang begitu memiliki pengaruh diantaranya *reduced speed losses* yang

bernilai 52%, *idling and minor stoppage* yang bernilai 20%, dan *process defect losses* yang bernilai 13%, dimana *losses* tersebut termasuk dalam kategori *speed losses* dan *defect losses*.

4.3 Fault Tree Analysis

Setelah memahami hitungan *six big losses*, untuk menentukan *losses* atau kerugian yang pengaruhnya pada efektifitas mesin *moulding*, selanjutnya ditentukan akar permasalahan melalui *Fault Tree Analysis* (FTA).

4.3.1 Reduced Speed Losses

Nilai probabilitas pada *reduced speed losses*:

Tabel 5. Probabilitas *Reduced Speed Losses*

Kejadian Dasar	Deskripsi	Probabilitas
L1	Umur pakai motor begitu usang	0,0066
L2	Kurangnya perawatan motor	0,0066
L3	Umur <i>bearing</i> begitu usang	0,0066
L4	<i>Bearing</i> minim diolesi pelumas	0,0066

Tabel 5. Probabilitas *Reduced Speed Losses* (Lanjutan)

Kejadian Dasar	Deskripsi	Probabilitas
L5	Cakra gigi minim diolesi pelumas	0,0066
L6	Rantai minim diolesi pelumas	0,0066
L7	Operator tidak paham <i>setting</i> selisih antara <i>roll</i>	0,0066
L8	Operator tidak memahami menseting <i>roll</i>	0,0066
L9	<i>Roll</i> sedikit pembersihan	0,0066
L10	Serbuk kayu tertinggal pada <i>roll</i>	0,0066

Pada perhitungan probabilitas *reduced speed losses* didapatkan hasil nilai probabilitas yang sama dengan nilai 0,0066, sehingga usulan pada *reduced speed losses* memiliki prioritas yang sama. Permasalahan yang perlu ditangani pada *reduced speed losses* untuk meningkatkan efektifitas mesin salah satunya adalah usia pemakaian dinamo sudah lama. Usulan perbaikan yang diberikan oleh peneliti adalah melakukan perbaikan secara rutin dan

mengganti komponen dinamo yang sudah tidak layak.

4.3.2 Idling and Minor Stoppage Losses

Nilai probabilitas pada *idling and minor stoppage losses*:

Tabel 6. Probabilitas *Idling and Minor Stoppage Losse*

Kejadian Dasar	Deskripsi	Probabilitas
11	Operator minim pemahaman <i>setting roll</i>	0,0066
12	Operator minim pemahaman <i>setting</i> pisau	0,0066
13	Tingginya getaran mesin	0,0529
14	Hasil kunci baut as tidak pas/selip	0,0066
15	Penguncian baut penyangga as tidak pas/selip	0,0066
16	<i>Bearing</i> pecah	0,0066

Tabel 6. Probabilitas *Idling and Minor Stoppage Losse* (Lanjutan)

Kejadian Dasar	Deskripsi	Probabilitas
17	Penguncian baut pisau tidak pas/selip	0,0066
18	Penguncian baut penyangga pisau tidak pas/selip	0,0066
19	Penguncian baut <i>gear</i> as tidak pas/selip	0,0066

Pada perhitungan probabilitas *idling and minor stoppage losses* didapatkan hasil nilai probabilitas tertinggi dengan nilai 0,0529, sehingga usulan pada *idling and minor stoppage losses* yang perlu ditangani terlebih dahulu adalah tingginya getaran mesin. Usulan perbaikan yang diberikan oleh peneliti adalah dengan membatasi tingkat getaran dengan memasang peredam getaran pada setiap komponen.

4.3.3 Process Defect Losses

Nilai probabilitas pada *idling and minor stoppage losses*:

Tabel 7. Probabilitas *Process Defect Losses*

Kejadian Dasar	Deskripsi	Probabilitas
O1	Material kayu tidak bagus	0,0132
O2	Operator kurang mengerti cara <i>setting roll</i>	0,0132
O3	Operator kurang mengerti cara <i>setting pisau</i>	0,0066
O4	Usia pisau sudah lama	0,0066
O5	Pelumasan <i>Bearing</i> tidak rutin	0,0132
O6	Tingginya getaran mesin	0,0662
O7	Pisau jarang diberi pelumas saat proses memotong	0,0066
O8	Tekstur kayu yang tidak bagus	0,0066
O9	Penguncian baut as tidak benar	0,0066
O10	Penguncian baut penyangga as salah	0,0066
O11	Penguncian baut pisau salah	0,0066

faktor yang mendominasi ialah *reduced speed losses* dengan memiliki presentase sebesar 52%, kemudian *idling and minor stoppage* dengan memiliki presentase sebesar 20%, serta *process defect losses* dengan memiliki presentase sebesar 13%. Ketiga faktor tersebut kemudian dianalisa dengan menggunakan FTA dan ditemukan akar permasalahannya. Selanjutnya akar permasalahan dari setiap faktor dicari nilai probabilitas dan dicari nilai tertinggi, pada *reduced speed losses* terdapat nilai probabilitas yang sama, sehingga memiliki prioritas yang sama dari semua akar permasalahan, pada *idling and minor stoppage losses* terdapat nilai probabilitas tertinggi pada akar permasalahan tingginya getaran mesin, pada *process defect losses* terdapat nilai probabilitas tertinggi dengan akar permasalahan tingginya getaran mesin.

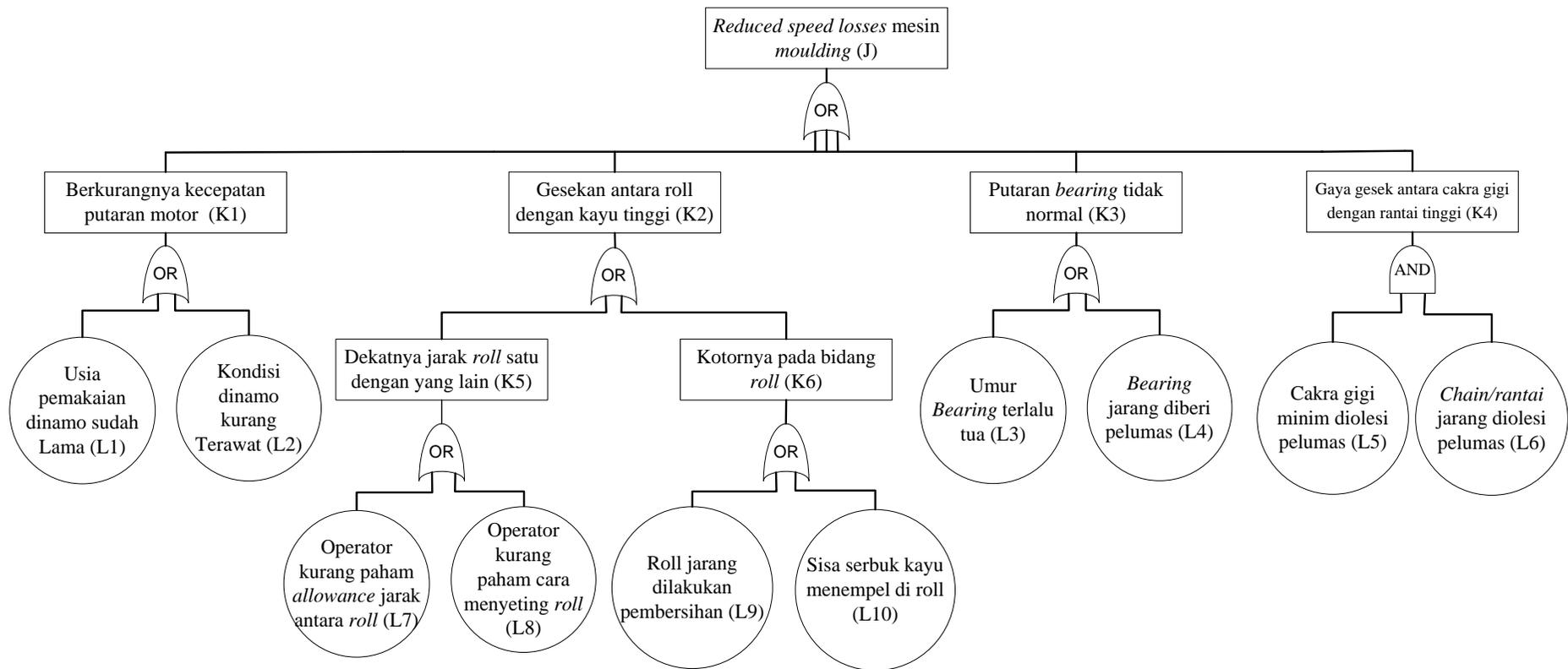
Tabel 7. Probabilitas *Process Defect Losses* (Lanjutan)

Kejadian Dasar	Deskripsi	Probabilitas
O12	Penguncian baut penyangga pisau salah	0,0066
O13	Penguncian baut <i>gear</i> as tidak benar	0,0066

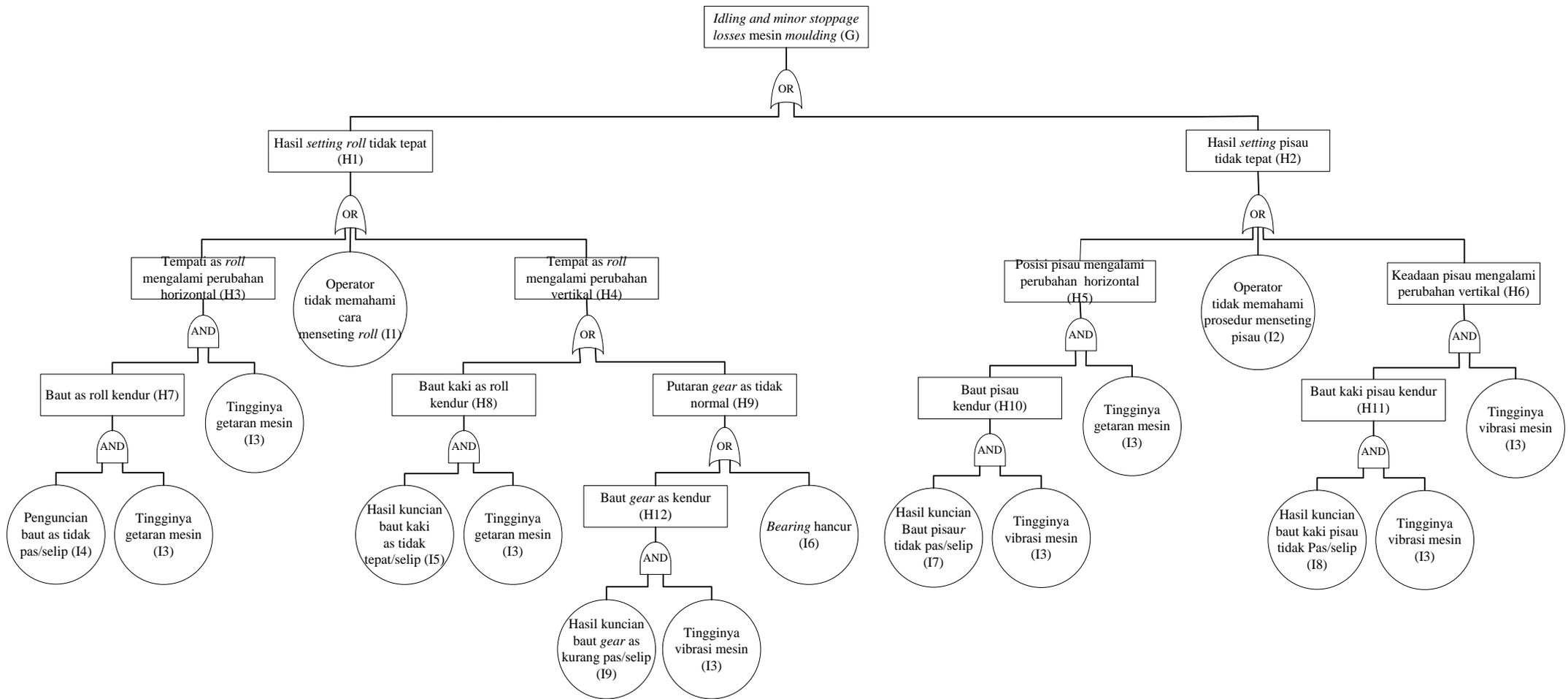
Pada perhitungan probabilitas *process defect losses* didapatkan hasil nilai probabilitas tertinggi dengan nilai 0,0662, sehingga usulan pada *process defect losses* yang perlu ditangani terlebih dahulu adalah tingginya getaran mesin. Usulan perbaikan yang diberikan oleh peneliti adalah membatasi tingkat getaran dengan memasang peredam getaran pada setiap komponen.

5. KESIMPULAN

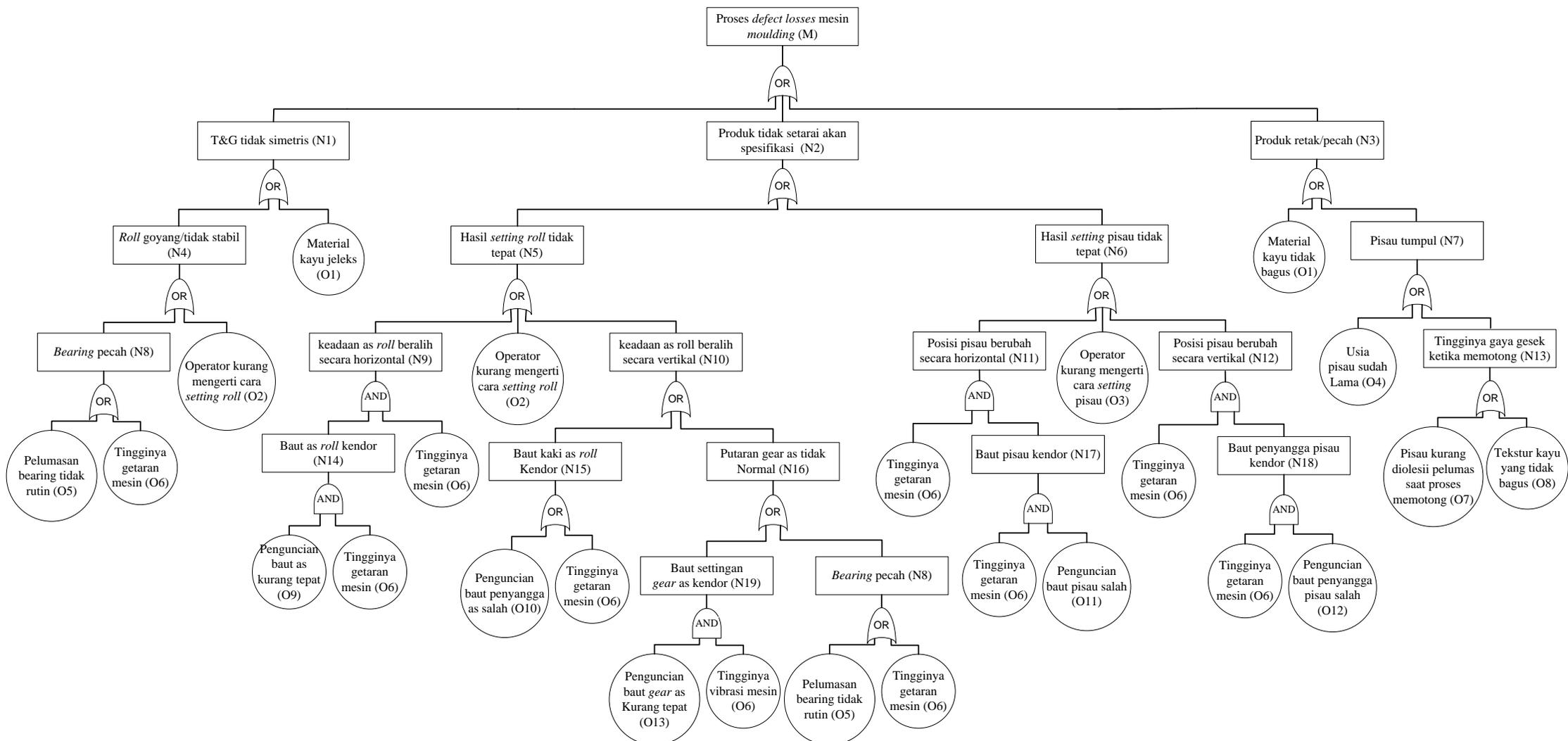
Berlandaskan hasil serta pokok bahasan yang sebelumnya dilangsungkan, mampu ditarik kesimpulan untuk tingkatan efektivitas (OEE) mesin *moulding* diperiode Maret 2021 hingga Agustus 2021 ada diantara nilai 79% sampai dengan 83%, dengan rata-rata 82% (dibawah standar OEE ideal 85%) sehingga dilanjutkan dengan hitungan *six big losses*. Pada hitungan *six big losses* diperoleh tiga



Gambar 5 .Fault Tree Reduced Speed Losses Mesin Moulding



Gambar 6 .Fault Tree Idling and Minor Stoppage Losses Mesin Moulding



Gambar 7 .Fault Tree Process Defect Losses Mesin Moulding

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nallusamy, S., & Majumdar, G. (2017). *Enhancement of Overall Equipment Effectiveness Using Total Productive Maintenance in a Manufacturing Industry. International Journal of Performability Engineering, 13(2), 173–188.*
- [2] Krisnaningsih, E. (2015). Usulan Penerapan TPM dalam Rangka Peningkatan Efektifitas Mesin dengan OEE sebagai Alat Ukur di PT XYZ. *Prosisko, 2(2),*
- [3] Arif Rahman, & Perdana, S. (2019). Analisa Produktivitas Mesin *Perfect Binding* Menerapkan Metode OEE dan FMEA. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 7(1), 34–42.*
- [4] Rinawati, I. (2014). *Total Productive Maintenance. SAE Technical Papers, 21–26.*
- [5] Jannah, R. M., & Nalhadi, S. A. (2017). Analisis Efektivitas Pada Mesin *Centrifugal* Dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).
- [6] Mayangsari, D. F., Adiarto, H., & Yuniati, Y. (2015). Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). *Teknik Industri Nasional Bandung, 3(2), 81–91.*
- [7] Djamal, N., & Azizi, R. (2015). Mengidentifikasi serta Rancangan Perbaikan Pemicu *Delay* Pada *Melting* Proses Menerapkan *Fault Tree Analysis* (FTA) Pada PT. XYZ. *Jurnal Intech Teknik Industri, 1(1), 34–45.*
- [8] Prabowo, R., & Aditia, R. (2020). Analisis Produktivitas Menggunakan Metode POSPAC dan Performance Prism Sebagai Upaya Peningkatan Kinerja (Studi Kasus: Industri Baja Tulangan di PT. X Surabaya). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri, 9(1), 11-22.*
- [9] Prabowo, R. (2017). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Oli Untuk Mesin Diesel Tipe G4J-801, G5J-801 dan G7J-801 di PT. Hansan Asembling–Malang. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering), 1(1), 33-43.*