

**USULAN STRATEGI PERAWATAN STASIUN GILINGAN
BERDASARKANANALISIS *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)
DAN FMEA UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PRODUKSI DI PT
MADUBARU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Mochamad Ilham Maulana
No. Mahasiswa : 22522276

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 24 Juni 2026



(Mochamad Ilham Maulana)

22522276

SURAT BUKTI PENELITIAN



PT MADUBARU

PG.PS.MADUKISMO

SURAT KETERANGAN

No. : 453 /DIR/MB/II/2026

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa,

Nama : Mochamad Ilham Maulana
NPM : 22522276

Adalah Mahasiswa Program Studi Teknik Industri dari Universitas Islam Indonesia, yang telah selesai melaksanakan Program Kerja praktik di bagian Instalasi PT.Madubaru, pada periode tanggal 1 Januari 2026 s/d 30 Maret 2026. Selanjutnya Kami Memohonkan Surat keterangan Magang Dari PT. Madubaru.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 23 Februari 2026
a/n Direktur PT Madubaru


Retna Isharsriyani
Ka. Pengembangan Aset

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
USULAN STRATEGI PERAWATAN STASIUN GILINGAN
BERDASARKANANALISIS *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)
DAN FMEA UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PRODUKSI DI PT
MADUBARU



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Mochamad Ilham Maulana

No. Mahasiswa : 22522276

Yogyakarta, 24 Juni 2026

Dosen Pembimbing

(Dr. Joko Sulistio S.T., M.Sc., M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
USULAN STRATEGI PERAWATAN STASIUN GILINGAN
BERDASARKANANALISIS *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)
DAN FMEA UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PRODUKSI DI PT
MADUBARU

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Mochamad Ilham Maulana
No. Mahasiswa : 22522276

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri
Universitas Islam Indonesia

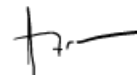
Yogyakarta, 24 Juni 2026

Tim Penguji

Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T.
Ketua



Dr. Sri Indrawati, S.T., M. Eng
Anggota I



Didin Dwi Novianto, S.T., M. LSCM
Anggota II



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dengan penuh rasa hormat dan kasih sayang, karya ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang tercinta, Bapak dan Ibu, atas doa, dukungan, serta pengorbanan tanpa henti yang senantiasa mengiringi setiap langkah perjalanan saya.

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."
(QS. Al-Baqarah [2]: 286)

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."
(QS. Al-Insyirah [94]: 6)

"Barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga."
(HR. Muslim No. 2699)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Usulan Strategi Perawatan Stasiun Gilingan Berdasarkan Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan FMEA untuk Meningkatkan Efektivitas Produksi di PT Madubaru" dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam, keluarga, sahabat, serta seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa selesainya laporan ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, doa, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof.Dr. Sri Indrawati, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri
3. Dr. Joko Sulistio S.T., M.Sc., M.T. Sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Kedua orang atas doa, kasih sayang, serta dukungan moral dan material yang tiada henti.
5. Seluruh teman dan rekan seperjuangan di Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama proses penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membutuhkan, khususnya bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Industri.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 24 Juni 2026



Mochamad Ilham Maulana

ABSTRAK

PT Madubaru merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri gula dan alkohol di Daerah Istimewa Yogyakarta. Salah satu stasiun yang berperan penting dalam proses produksi adalah stasiun gilingan yang berfungsi untuk mengekstraksi nira tebu. Permasalahan yang terjadi pada stasiun ini adalah tingginya frekuensi kerusakan mesin yang menyebabkan downtime sehingga efektivitas produksi belum mencapai standar world class. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas stasiun gilingan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), mengidentifikasi komponen kritis menggunakan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), serta merancang usulan strategi perawatan untuk meningkatkan efektivitas produksi.

Penelitian menggunakan data downtime, waktu operasi, dan data produksi selama musim giling tahun 2025 yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dan studi dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan nilai Availability sebesar 84,50%, Performance sebesar 95,81%, Quality sebesar 100%, sehingga diperoleh nilai OEE sebesar 80,95%, yang masih berada di bawah standar world class sebesar 85%. Analisis Six Big Losses menunjukkan bahwa Equipment Failure Losses dan Setup and Adjustment Losses merupakan faktor kerugian yang paling dominan. Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa Coupling Turbin (RPN = 288), Rol Gilingan (RPN = 245), dan Baut Suri-Suri (RPN = 240) menjadi komponen prioritas perbaikan. Berdasarkan hasil tersebut, diusulkan strategi perawatan berupa SOP/Instruksi Kerja, jadwal preventive maintenance, serta pemodelan proses bisnis menggunakan Bizagi untuk meningkatkan efektivitas proses perawatan dan mendukung peningkatan keandalan mesin.

Kata Kunci: *Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Strategi Perawatan, Stasiun Gilingan, PT Madubaru*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
SURAT BUKTI PENELITIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Penelitian	8
1.6 Sistematika Penulisan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Kajian Literatur.....	12
2.2 Landasan Teori	24
2.2.1 Perawatan (Maintanance)	24
2.2.2 <i>Overall equipment effectiveness</i> (OEE).....	24
2.2.3 <i>Failure mode and effect analysis</i> (FMEA).....	29
2.2.4 Standar Operure	33
2.2.5 Pemodelan Proses Bisnis dengan Bizagi (BPMN).....	34
2.2.6 Diagram Pareto	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Objek Penelitian	36
3.2 Jenis dan Sumber Data	36
3.3 Metode Pengumpulan Data	37
3.4 Alur Penelitian.....	38
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	47
4.1 Gambaran Umum Stasiun Gilingan.....	47
4.2 Pengumpulan Data.....	48
4.2.1 Data Jumlah Produksi	48
4.2.2 Data Produk Cacat	48
4.2.3 Data Available Time.....	49
4.2.4 Data <i>Downtime</i>	49
4.2.5 Data Planed <i>Downtime</i>	50

4.3.1	<i>Availability Rate</i>	50
4.3.2	<i>Performance</i>	52
4.3.4	Perhitungan <i>Overall equipment effectiveness (OEE)</i>	56
4.4	<i>Six big losses</i>	57
4.4.1	<i>Equipment failure lossess</i>	57
4.4.2	<i>Set up and adjusment losses</i>	58
4.4.3	<i>Idling and Minor Stoppage Losses</i>	59
4.4.4	<i>Reduced speed losses</i>	59
4.4.5	<i>Quality Defect and Rework</i>	60
4.5	Diagram Pareto	61
4.6	Analisis <i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	62
4.6.1	Identikasi Komponen Kritis Berdsarkan Hasil Diagram Pareto.....	62
4.6.2	Identifikasi <i>Failure mode</i> , Efek dan Penyebab Kegagalan	63
4.6.3	Rekapitulasi & Perankingan RPN	78
4.6.4	Analisis Komponen Kritis	81
4.7	Fisbhone Diagram	83
4.7.1	<i>Fishbone Diagram CouplingTurbin</i>	83
4.7.2	Fisbhone Diagram Rol Gilingan.....	85
4.7.3	Fisbhone Diagram Baut Suri-Suri	87
BAB V PEMBAHASAN		92
5.1	Analisis OEE, <i>Six big losses</i> , FMEA, Komponen Kritis, dan Identifikasi Akar Masalah.....	92
5.2	Usulan Strategi Perawatan Berbasis Hasil Analisis dan Pemodelan Bizagi	98
5.2.1	Validasi Model As Is Off Season	114
5.2.2	Validasi Model Validasi Model As-Is On Season.....	115
5.3	Perbandingan As is & To-be	116
5.4	Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	122
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		125
6.1	Kesimpulan.....	125
6.2	Saran	126
DAFTAR PUSTAKA		129
LAMPIRAN		133

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jumlah hari kerja	2
Tabel 2. 1 Kajian Induktif Penelitian Terdahulu	16
Tabel 2. 2 Skala Penilaian <i>Severity</i>	31
Tabel 2. 3 Skla Penilaian <i>Occurance</i>	32
Tabel 2. 4 Skla Penilaian <i>Detection</i>	32
Table 3. 1 Narasumber Penelitian.....	37
Tabel 4. 1 Data Produksi Mesin Giling 2025	48
Tabel 4. 2 Data Produk Cacat.....	49
Tabel 4. 3 Data Available Time.....	49
Tabel 4. 4 Data <i>Downtime</i>	49
Tabel 4. 5 Data Planed <i>Downtime</i>	50
Tabel 4. 6 Data <i>Loading time</i> 2025	51
Tabel 4. 7 Data Operation Time 2025	51
Tabel 4. 8 Data <i>Availability</i> Rate mesin giling 2025.....	52
Tabel 4. 9 Data Cycle Time mesin giling 2025.....	52
Tabel 4. 10 Data Perhitungan Presentasi Waktu	53
Tabel 4. 11 Data ideal cycle time	54
Tabel 4. 12 Data performnce	55
Tabel 4. 13 Data Rate of <i>Quality</i>	56
Tabel 4. 14 Data Perhitungan OEE	57
Tabel 4. 15 Data Perhitungan equipment failure losses	58
Tabel 4. 16 Data perhitungan <i>set up and adjusment</i> losses.....	58
Tabel 4. 17 Iddling	59
Tabel 4. 18 Data Perhitungan <i>Reduced speed losses</i>	60
Tabel 4. 19 Data Perhitungan Defect and Rework	61
Tabel 4. 20 Data Rekap total time losses	62
Tabel 4. 21 Identifikasi FMEA <i>Crane unloading</i>	64
Tabel 4. 22 Idenetifikasi FMEA <i>Cane table</i>	66
Tabel 4. 23 Identifikasi FMEA <i>Cane cutter</i>	68
Tabel 4. 24 Identifikasi FMEA Cane Carrier	70
Tabel 4. 25 Identifikasi FMEA Hamer Unigrator	72
Tabel 4. 26 Identifikasi FMEA Pompa Hidrolik	75
Tabel 4. 27 Identifikasi FMEA Meisn Gilinan I-V	77
Tabel 4. 28 Keterangan Nilai RPN.....	79
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Nilai RPN	79
Tabel 4. 1 Data Produksi Mesin Giling 2025	48
Tabel 4. 2 Data Produk Cacat.....	49
Tabel 4. 3 Data Available Time.....	49
Tabel 4. 4 Data <i>Downtime</i>	49
Tabel 4. 5 Data Planed <i>Downtime</i>	50
Tabel 4. 6 Data <i>Loading time</i> 2025	51

Tabel 4. 7 Data Operation Time 2025	51
Tabel 4. 8 Data <i>Availability</i> Rate mesin giling 2025.....	52
Tabel 4. 9 Data Cycle Time mesin giling 2025.....	52
Tabel 4. 10 Data Perhitungan Presentasi Waktu	53
Tabel 4. 11 Data ideal cycle time	54
Tabel 4. 12 Data performnce	55
Tabel 4. 13 Data Rate of <i>Quality</i>	56
Tabel 4. 14 Data Perhitungan OEE	57
Tabel 4. 15 Data Perhitungan equipment failure losses	58
Tabel 4. 16 Data perhitungan <i>set up and adjusment</i> losses.....	58
Tabel 4. 17 Iddling	59
Tabel 4. 18 Data Perhitungan <i>Reduced speed losses</i>	60
Tabel 4. 19 Data Perhitungan Defect and Rework	61
Tabel 4. 20 Data Rekap total time losses	62
Tabel 4. 21 Identifikasi FMEA <i>Crane unloading</i>	64
Tabel 4. 22 Idenetifikasi FMEA <i>Cane table</i>	66
Tabel 4. 23 Identifikasi FMEA <i>Cane cutter</i>	68
Tabel 4. 24 Identifikasi FMEA Cane Carrier	70
Tabel 4. 25 Identifikasi FMEA Hamer Unigrator	72
Tabel 4. 26 Identifikasi FMEA Pompa Hidrolik	75
Tabel 4. 27 Identifikasi FMEA Meisn Gilinan I-V	77
Tabel 4. 28 Keterangan Nilai RPN.....	79
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Nilai RPN	79
Tabel 4. 30 5 whys Coupling Turbin.....	89
Tabel 4. 31 5 whys Rol Gilingan.....	90
Tabel 4. 32 5 whys Baut Suri-Suri	90
Tabel 5. 1 Tabel Validasi Model As-Is Off Season.....	114
Tabel 5. 2 Tabel Validasi Model As-Is On Season	115
Tabel 5. 3 Perbandingan Waktu Proses	116
Tabel 5. 4 Perbandingan Efisiensi Waktu Proses Off Season	117
Tabel 5. 5 Perbandingan Utilitas Resource	119
Tabel 5. 6 Hasil Perbandingan.....	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik <i>Downtime</i>	2
Gambar 4. 1 <i>Crane unloading</i>	64
Gambar 4. 2 <i>Cane table</i>	66
Gambar 4. 3 <i>Cane cutter</i>	68
Gambar 4. 4 <i>Cane Carrier</i>	70
Gambar 4. 5 <i>Hammer unigrator</i>	72
Gambar 4. 6 Pompa Hidrolik	74
Gambar 4. 7 Mesin Gilingan I hingga V	76
Gambar 4. 8 <i>Fisbhnoe Coupling</i> Turbin	84
Gambar 4. 9 <i>Fishbone</i> Rol Gilingan	86
Gambar 4. 10 <i>Fisbhone</i> Baut Suri-Suri	88
Gambar 5. 1 Hasil OEE	92
Gambar 5. 2 Hasil <i>Six big losses</i>	94
Gambar 5. 3 <i>As-Is Off season</i> (Sebelum perbaikan)	99
Gambar 5. 4 Proses Validation <i>As Is Off Season</i>	100
Gambar 5. 5 Time Analysis <i>As Is Off Season</i>	100
Gambar 5. 6 Resource Analysis <i>As Is Off Season</i>	101
Gambar 5. 7 <i>To-Be Off season</i> (Setelah Perbaikan)	103
Gambar 5. 8 Proses Validation <i>To Be Off Season</i>	103
Gambar 5. 9 Time Analysis <i>To Be Off Season</i>	104
Gambar 5. 10 Resource Validation <i>To Be Off Season</i>	104
Gambar 5. 11 <i>As-Is On-Season</i> (Sebelum Perbaikan)	107
Gambar 5. 12 Proses Validation <i>As Is On season</i>	107
Gambar 5. 13 Time Analysis <i>As Is On Season</i>	108
Gambar 5. 14 Resource Analysis <i>As Is On season</i>	108
Gambar 5. 15 <i>To-Be On-Season</i> (Setelah Perbaikan)	110
Gambar 5. 16 Proses Validation <i>To be On season</i>	111
Gambar 5. 17 Time Analysis <i>To Be On season</i>	111
Gambar 5. 18 Resource Analisis <i>To Be On season</i>	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri gula merupakan salah satu sektor manufaktur strategis di Indonesia yang memiliki karakteristik proses produksi bersifat musiman (Fadillah & Fitriani, 2025). Produksi dilaksanakan secara intensif selama kurang lebih enam bulan pada musim giling, sementara enam bulan sisanya merupakan masa tidak giling atau off-season. Pola produksi musiman ini menuntut tingkat keandalan mesin yang sangat tinggi, terutama pada stasiun gilingan yang berperan sebagai titik awal ekstraksi nira tebu. Kegagalan mesin pada stasiun gilingan tidak hanya berdampak pada tahap tersebut, tetapi juga berimbas pada seluruh rangkaian proses produksi berikutnya.

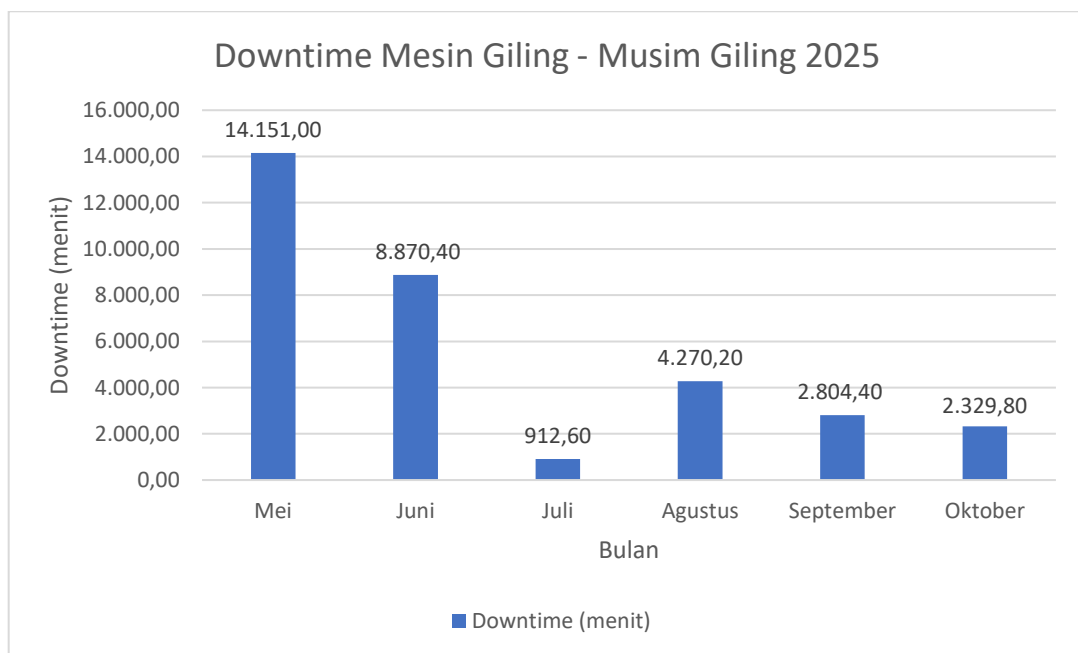
PT Madubaru (PG-PS) Madukismo merupakan satu-satunya perusahaan manufaktur gula dan alkohol di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dalam pelaksanaan proses produksinya, stasiun gilingan memegang peran vital karena menjadi tahap paling awal dalam mengekstraksi nira dari batang tebu sebagai bahan baku utama gula. Kinerja stasiun giling yang optimal menjadi penentu kelancaran seluruh proses produksi, mulai dari pemurnian nira hingga pengkristalan gula. Oleh karena itu, manajemen perawatan yang sistematis dan terencana pada stasiun giling menjadi kebutuhan yang sangat mendesak bagi perusahaan.

Berdasarkan hasil pengamatan awal yang telah dilakukan di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo, diperoleh gambaran awal bahwa stasiun giling mengalami akumulasi *downtime* yang cukup tinggi sepanjang musim giling tahun 2025. Kondisi tersebut teridentifikasi dari seringnya terjadi penghentian operasi mesin secara tidak terencana akibat kerusakan komponen, kegiatan penyetelan mesin di awal musim giling, maupun gangguan operasional lainnya yang terjadi selama periode produksi berlangsung. Tingginya frekuensi dan durasi *downtime* yang terjadi mengindikasikan adanya potensi permasalahan serius pada keandalan dan efektivitas stasiun giling yang belum terukur secara kuantitatif, sehingga diperlukan suatu analisis yang lebih mendalam dan sistematis

untuk memperoleh gambaran kondisi aktual efektivitas mesin secara komprehensif. Data *downtime* stasiun giling selama musim giling tahun 2025 disajikan pada data dan grafik berikut:

Tabel 1. 1 Jumlah hari kerja

Bulan	Jumlah Hari Kerja
Mei	31
Juni	30
Juli	31
Agustus	31
September	30
Oktober	8



Gambar 1. 1 Grafik *Downtime*

Berdasarkan grafik, nilai *downtime* tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 14.151 menit yang merupakan akumulasi selama 31 hari kerja, sehingga rata-rata *downtime* per harinya adalah 456,5 menit atau setara $\pm 7,6$ jam/hari. Tingginya nilai akumulasi ini wajar karena disebabkan oleh tiga komponen yang terjadi bersamaan pada awal musim giling, yaitu kerusakan mesin (*corrective maintenance*), berupa penyetelan dan pengecekan awal musim, serta ketidaktersediaan bahan baku tebu akibat pasokan dari petani yang belum merata. *Downtime* kemudian menurun signifikan hingga mencapai nilai terendah pada bulan Juli sebesar 912,6 menit seiring stabilnya operasi mesin, sebelum kembali meningkat pada bulan Agustus hingga Oktober akibat akumulasi keausan komponen menjelang akhir musim giling. Pola perubahan *downtime* sepanjang musim giling ini konsisten dengan karakteristik *Bathtub Curve* dalam manajemen perawatan mesin, yang terdiri dari *fase early failure*, *stable phase*, dan *wear-out*.

Dampak dari tingginya *downtime* tersebut tercermin pada nilai *Availability rate* stasiun giling yang berfluktuasi sepanjang musim giling tahun 2025. Berdasarkan data nilai *Availability rate* per bulan adalah sebagai berikut: Mei sebesar 68,3%, Juni sebesar 79,5%, Juli sebesar 98,0%, Agustus sebesar 90,4%, September sebesar 93,5%, dan Oktober sebesar 79,8%. Kondisi ini menunjukkan bahwa hanya pada bulan Juli dan September stasiun giling mencapai kategori *world class*, sementara bulan Mei, Juni, dan Oktober berada di bawah standar, serta bulan Agustus mendekati standar. Standar *world class* untuk nilai *Availability* dalam kerangka OEE adalah $\geq 90\%$, sebagaimana ditetapkan oleh Nakajima (1988) dalam bukunya *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Nakajima (1988) menetapkan bahwa mesin dengan kinerja *world class* harus memenuhi nilai OEE $\geq 85\%$ secara keseluruhan, dengan komponen *Availability* $\geq 90\%$, *performance* $\geq 95\%$, dan *quality* $\geq 99\%$. Standar ini menjadi acuan yang paling banyak digunakan dalam penelitian dan industri manufaktur secara global untuk mengevaluasi tingkat kinerja mesin produksi.

Tingginya akumulasi *downtime* pada bulan Mei yang mencapai 14.151 menit selama 31 hari kerja disebabkan oleh tiga faktor utama yang terjadi secara bersamaan dalam satu bulan penuh. Pertama, stasiun giling baru kembali beroperasi setelah periode tidak giling (*off-season*) selama kurang lebih enam bulan, sehingga komponen-komponen

mesin memerlukan waktu adaptasi sebelum dapat beroperasi secara optimal kondisi ini dikenal sebagai *early failure phase* dalam konsep *Bathtub Curve*. Kedua, pada awal musim giling terdapat kegiatan penyetelan dan pengecekan intensif (*setup and adjustment*) sebagai bagian dari persiapan operasional mesin. Ketiga, pasokan bahan baku tebu dari petani pada awal musim giling belum merata dan konsisten, sehingga mesin kerap berhenti menunggu ketersediaan tebu meskipun kondisi mesin dalam keadaan siap beroperasi. Penurunan signifikan pada bulan Juli menunjukkan bahwa mesin telah memasuki fase operasi yang stabil (*stable phase*) setelah melalui periode adaptasi di bulan-bulan sebelumnya. Pada fase ini, komponen mesin telah beroperasi dalam kondisi optimal dan pasokan tebu sudah berjalan lebih konsisten. Kenaikan kembali pada bulan Agustus dan September mengindikasikan mulai terjadinya keausan komponen (*wear-out*) akibat penggunaan mesin secara intensif dan terus-menerus selama musim giling. Adapun nilai *downtime* pada bulan Oktober yang kembali meningkat secara rata-rata per hari disebabkan oleh akumulasi keausan komponen menjelang berakhirnya musim giling, di mana mesin akan dihentikan kembali untuk memasuki periode off-season. Pola *downtime* yang membentuk kurva tinggi–rendah–meningkat kembali sepanjang musim giling ini konsisten dengan karakteristik *Bathtub Curve* dalam manajemen perawatan mesin, yang terdiri dari *fase early failure, stable phase, dan wear-out*. Tingginya nilai total *downtime* bulan Mei juga tidak dapat dilepaskan dari fakta bahwa bulan Mei memiliki jumlah hari kerja terbanyak (31 hari) dan merupakan bulan pertama musim giling, sehingga seluruh waktu henti dari ketiga komponen penyebab (kerusakan mesin, perawatan, dan tidak ada tebu) terakumulasi secara penuh sepanjang bulan tersebut. Kondisi ini semakin menegaskan bahwa diperlukan strategi perawatan yang terencana dan berbasis data, khususnya selama periode off-season, agar kesiapan mesin pada awal musim giling berikutnya dapat ditingkatkan secara signifikan.

Kondisi proses perawatan di PT Madubaru pada stasiun giling sesungguhnya telah mencakup kegiatan perawatan terencana berupa *overhaul* dan *maintenance* selama kurang lebih lima bulan pada periode off-season. Kegiatan ini mencakup pembongkaran, pemeriksaan umum, dan penggantian komponen secara menyeluruh sebagai persiapan sebelum musim giling berikutnya dimulai. Namun demikian, berdasarkan hasil observasi

awal, pelaksanaan overhaul tersebut belum sepenuhnya didukung oleh analisis berbasis data historis kerusakan yang terstruktur. Penentuan komponen mana yang harus diprioritaskan untuk diganti atau diperiksa lebih intensif masih cenderung bersifat umum dan belum didasarkan pada penilaian risiko kegagalan secara kuantitatif. Akibatnya, meskipun overhaul telah dilaksanakan secara rutin, komponen-komponen dengan frekuensi kegagalan tinggi selama musim giling belum tentu mendapatkan perhatian yang proporsional pada saat off-season. Selain itu, selama musim giling berlangsung, tindakan perawatan yang diterapkan masih bersifat reaktif (*corrective maintenance*), yaitu hanya dilakukan setelah kerusakan atau gangguan mesin terjadi, tanpa didukung jadwal *preventive maintenance* berbasis interval waktu atau kondisi komponen yang terdokumentasi secara sistematis. Kondisi yang seharusnya terwujud adalah sistem perawatan dua lapis yang terintegrasi: pertama, pelaksanaan overhaul off-season yang dipandu oleh analisis risiko kegagalan berbasis data (seperti nilai RPN dari FMEA) sehingga prioritas penggantian dan pemeriksaan komponen dapat ditentukan secara objektif dan terukur; dan kedua, penerapan jadwal *preventive maintenance* terstruktur selama musim giling untuk meminimalkan kerusakan tak terencana yang berulang. Dengan demikian, terdapat kebutuhan nyata untuk merancang suatu sistem perawatan yang lebih terstruktur, berbasis data, dan mencakup kedua periode operasional tersebut sebagai perbaikan atas kondisi perawatan yang berjalan saat ini.

Ketiadaan prioritas perawatan yang terukur berdampak langsung terhadap efektivitas pengelolaan operasional perusahaan. Tanpa acuan yang berbasis data kuantitatif, pengambilan keputusan perawatan cenderung bersifat korektif dan reaktif, yakni hanya dilakukan setelah kerusakan terjadi, sehingga pendekatan perawatan yang bersifat preventif dan terencana belum dapat diterapkan secara optimal (Nasution et al., 2021). Kondisi ini berimplikasi pada meningkatnya risiko kegagalan mesin selama musim giling, tidak efisiennya pengendalian *downtime*, serta berulangnya potensi kerugian produksi dari satu periode ke periode berikutnya. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji efektivitas mesin menggunakan pendekatan pengukuran kinerja serta analisis penyebab kerugian. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya belum mampu menghasilkan prioritas penanganan komponen yang bersifat

kuantitatif sebagai dasar dalam penyusunan strategi perawatan yang terarah dan berbasis risiko. Oleh karena itu, masih diperlukan suatu pendekatan analisis yang mampu mengidentifikasi komponen kritis secara sistematis, mengukur tingkat risiko kegagalan, serta menentukan prioritas perbaikan yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan yang objektif dan terukur.

Berdasarkan kondisi permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis kondisi aktual stasiun giling di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo pada musim giling tahun 2025. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran tingkat efektivitas mesin, mengidentifikasi sumber kerugian yang dominan, serta menghasilkan prioritas penanganan komponen secara kuantitatif sebagai dasar dalam penyusunan strategi perawatan yang lebih terarah dan efektif. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi perusahaan dalam meningkatkan efektivitas mesin serta mendukung kelancaran proses produksi secara berkelanjutan.

Untuk memvisualisasikan usulan perbaikan proses perawatan secara lebih konkret dan mudah dipahami oleh pihak manajemen, penelitian ini menggunakan pemodelan proses bisnis berbasis BPMN dengan bantuan *software* Bizagi Modeler. Bizagi dipilih karena bersifat gratis, mudah digunakan, sepenuhnya mengikuti standar BPMN 2.0, serta memiliki fitur simulasi yang mampu menghitung estimasi waktu proses dan utilisasi sumber daya secara kuantitatif, sehingga dampak dari SOP dan jadwal perawatan yang diusulkan dapat dievaluasi terlebih dahulu melalui perbandingan kondisi *as-is* dan *to-be* sebelum benar-benar diterapkan di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

PT Madubaru (PG-PS) Madukismo sebagai satu-satunya produsen gula di Provinsi DIY menghadapi permasalahan serius pada keandalan stasiun giling nya. Selama musim giling tahun 2025, stasiun giling mengalami total *downtime* sebesar 33.338 menit dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 14.151 menit. Kondisi ini mengindikasikan bahwa efektivitas stasiun giling masih berada di bawah kondisi ideal, sistem perawatan yang diterapkan belum mampu menjaga keandalan mesin secara konsisten, dan belum terdapat dasar prioritas perawatan yang terukur dan berbasis data sebagai acuan pengambilan keputusan perawatan selama masa off-season. Berdasarkan kondisi

permasalahan tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi efektivitas stasiun giling di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo dan faktor kerugian apa yang paling dominan berkontribusi terhadap rendahnya efektivitas stasiun giling selama musim giling tahun 2025, dikaitkan dengan target standar *world class* (OEE $\geq 85\%$, *Availability* $\geq 90\%$, *Performance* $\geq 95\%$, *Quality* $\geq 99\%$)?
2. Bagaimana usulan strategi perawatan yang tepat untuk meningkatkan efektivitas stasiun giling di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo, yang mencakup penyusunan SOP/Instruksi Kerja dan Jadwal *Preventive* berbasis hasil analisis OEE, FMEA, dan *Fishbone Diagram*, serta pemodelan proses bisnis menggunakan Bizagi sebagai gambaran penerapannya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur nilai OEE dan mengidentifikasi faktor kerugian dominan pada stasiun giling PT Madubaru selama musim giling 2025, dengan target peningkatan menuju standar *world class* (OEE $\geq 85\%$, *Availability* $\geq 90\%$, *Performance* $\geq 95\%$, *Quality* $\geq 99\%$).
2. Merancang usulan strategi perawatan stasiun giling dalam bentuk SOP/Instruksi Kerja dan Jadwal *Preventive* berbasis hasil analisis OEE, FMEA, dan *Fishbone Diagram*, serta memvisualisasikan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan melalui pemodelan Bizagi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan
 - a. Memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat efektivitas stasiun giling (stasiun giling) berdasarkan nilai OEE terkini sehingga perusahaan dapat mengetahui kondisi aktual kinerja mesin.

- b. Memberikan panduan berbasis data dalam menentukan prioritas komponen mesin yang harus didahulukan dalam program perawatan selama masa off-season.
 - c. Menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan strategi *preventive maintenance* yang lebih terencana dan terdokumentasi untuk meningkatkan kesiapan mesin pada musim giling berikutnya.
2. Bagi Pengembangan Ilmu dan Akademik
- a. Menambah referensi penerapan keilmuan Teknik Industri, khususnya dalam integrasi metode OEE, *Six big losses*, dan FMEA pada industri manufaktur yang bersifat musiman.
 - b. Menjadi studi kasus yang melengkapi penelitian sebelumnya dengan pendekatan analisis yang lebih kuantitatif dan komprehensif.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya
- a. Menjadi referensi dan tambahan literatur bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis efektivitas mesin dan strategi perawatan di industri manufaktur.
 - b. Penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik industri, khususnya dalam penerapan metode OEE, *Six big losses*, dan FMEA.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka diberikan batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada stasiun giling (stasiun giling) di PT Madubaru (PG–PS) Madukismo sebagai objek utama penelitian.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data operasional mesin, meliputi data *downtime*, waktu operasi, serta jumlah produksi selama periode tertentu.
3. Pengukuran kinerja mesin dilakukan menggunakan metode *Overall equipment effectiveness* (OEE) yang mencakup aspek *Availability*, *performance*, dan *quality*.
4. Analisis kerugian dalam proses produksi dibatasi pada konsep *Six big losses* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas mesin.

5. Analisis risiko kegagalan mesin dilakukan menggunakan metode *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA) dengan pendekatan nilai Risk Priority Number (RPN).
6. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam mengenai aspek biaya (cost analysis) maupun investasi perawatan mesin.
7. Usulan perbaikan diwujudkan dalam bentuk SOP/Instruksi Kerja dan pemodelan proses bisnis menggunakan software Bizagi secara komparatif (kondisi sebelum dan sesudah perbaikan pada periode off-season dan on-season).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian deduktif yang memuat teori-teori yang menjadi landasan penelitian, meliputi teori perawatan, *Overall equipment effectiveness* (OEE), *Six big losses*, *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA), serta kajian induktif berupa penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan penelitian, objek penelitian, teknik pengumpulan data, serta prosedur dan alur metodologi penelitian yang digunakan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini memuat data-data yang dikumpulkan dari lapangan beserta pengolahan data secara sistematis, meliputi perhitungan OEE, analisis *Six big losses*, dan penilaian FMEA dengan nilai RPN.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis terhadap hasil pengolahan data serta pembahasan mengenai usulan strategi perawatan yang direkomendasikan berdasarkan temuan penelitian.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang menjawab tujuan penelitian, serta saran yang ditujukan bagi perusahaan maupun penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi kumpulan sumber-sumber informasi yang menjadi pendukung dalam penyelesaian laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan artikel ilmiah dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian yang dilakukan, berfungsi untuk memberikan pemahaman lebih mendalam terkait permasalahan penelitian serta membantu dalam penyusunan metode penyelesaian yang tepat. Kajian literatur ini diawali dengan penelusuran berbagai referensi dari artikel nasional terakreditasi maupun artikel internasional melalui basis data *Google Scholar* dengan menggunakan kata kunci seperti "efektivitas mesin produksi", "analisis kerugian produksi", "analisis kegagalan komponen mesin", "*downtime* mesin produksi manufaktur", "strategi perawatan berbasis risiko", dan "*machine effectiveness manufacturing*". Dari hasil penelusuran tersebut, diperoleh puluhan artikel yang kemudian disaring berdasarkan beberapa kriteria pemilihan, yaitu: (1) relevansi topik dengan permasalahan efektivitas mesin dan strategi perawatan; (2) artikel diterbitkan dalam rentang 5 tahun terakhir; (3) artikel berasal dari jurnal terakreditasi nasional maupun jurnal internasional; serta (4) artikel memiliki konteks penelitian pada industri manufaktur. Berdasarkan proses seleksi tersebut, diperoleh 15 artikel yang kemudian dikaji lebih lanjut dan disusun sebagai kajian literatur yang menjadi landasan acuan dalam penelitian ini. Berikut uraian dari masing-masing jurnal yang digunakan.

Adapun metode yang digunakan dalam mengukur efektivitas mesin adalah pengukuran kinerja mesin berbasis tiga dimensi utama yaitu *Availability*, *performance*, dan *quality* sebagai bagian dari kerangka *Total Productive Maintenance* (TPM). Analisis efektivitas mesin pengisi cairan pada industri makanan menghasilkan nilai di bawah standar *world class* dengan *reduced speed losses* dan *idling losses* sebagai penyumbang kerugian terbesar (Mickhael Apriliano Lie, 2025). Penelitian pada mesin CNC Lathe di industri manufaktur menemukan nilai *Availability* mencapai 93,3%, namun *speed losses* dan *breakdown losses* tetap menjadi faktor kerugian dominan yang harus ditangani (Firdaus & Ihsan, 2026). Kajian peningkatan kinerja mesin produksi berbasis pengukuran

OEE dan identifikasi *Six big losses* menunjukkan bahwa *breakdown losses* dan *equipment failure* merupakan faktor kerugian dominan yang harus ditangani secara terencana untuk meningkatkan nilai efektivitas mesin secara berkelanjutan (Siagian et al., 2024). Penelitian internasional tentang faktor operasional yang memengaruhi efisiensi manufaktur dengan data *real-time* mengkonfirmasi bahwa pengukuran efektivitas mesin berbasis tiga dimensi kinerja merupakan pendekatan yang paling komprehensif dalam mengevaluasi kondisi aktual mesin produksi (Bhosale & Jadhav, 2025). Kajian perubahan strategi perawatan terhadap efisiensi sistem produksi menegaskan bahwa pembaruan indikator kinerja mesin berbasis data kuantitatif terbukti meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi secara berkelanjutan (Rakya et al., 2024). Jadi pengukuran efektivitas mesin berbasis tiga dimensi kinerja memiliki keunggulan dalam kemampuannya mengevaluasi kondisi mesin secara komprehensif sekaligus mengungkap sumber inefisiensi secara terstruktur. Pengukuran ini bergantung pada tiga komponen utama yaitu *Availability*, *performance*, dan *quality* dalam menentukan tingkat efektivitas mesin, dan dapat dikombinasikan dengan analisis kerugian produksi maupun analisis risiko kegagalan sesuai tujuan penelitian yang dilakukan, agar memberikan hasil analisis yang lebih komprehensif.

Selanjutnya metode yang digunakan dalam mengidentifikasi komponen kritis dan menentukan prioritas perbaikan adalah analisis risiko kegagalan komponen berbasis nilai prioritas risiko. Analisis risiko kegagalan komponen elektrik mesin *Overhead Crane* mengidentifikasi Pendant OHC, Contactor, dan Limit Switch sebagai komponen dengan nilai risiko tertinggi yang menjadi prioritas perbaikan terstruktur (Jatilaksana et al., 2025). Analisis sistem perawatan pada mesin penggilingan semen berhasil mengidentifikasi komponen kritis melalui pendekatan keandalan komponen berbasis nilai risiko sebagai dasar penyusunan strategi perawatan yang terencana (Simanungkalit et al., 2023). Penelitian pada mesin produksi di industri percetakan menemukan empat komponen kritis dengan nilai risiko di atas rata-rata yang membutuhkan penanganan prioritas berdasarkan aspek manusia, metode, mesin, dan material (Sukania & Wijaya, 2023). Analisis komponen kritis pada stasiun press di industri pengolahan kelapa sawit menghasilkan *Bearing* sebagai komponen dengan nilai risiko tertinggi (RPN 240) yang menjadi

prioritas utama dalam program perawatan preventif (Surya Panen Subur et al., 2022). Analisis pola kegagalan komponen mesin Air Jet Loom mengidentifikasi 16 mode kegagalan dengan komponen Kamran sebagai elemen paling kritis (RPN 256) yang harus diprioritaskan dalam jadwal perawatan (Heru Haerudin et al., 2025). Jadi analisis risiko kegagalan komponen memiliki keunggulan dalam penggunaannya yang lebih sederhana dan dapat diterapkan di berbagai jenis industri, bergantung pada identifikasi kegagalan proses dan penentuan prioritas berdasarkan nilai risiko yang dihasilkan. Metode ini dapat dikombinasikan dengan berbagai pendekatan lain sesuai tujuan penelitian yang dibuat agar memberikan hasil yang komprehensif.

Terakhir adalah perspektif dari kajian internasional mengenai pengembangan sistem manajemen perawatan berbasis teknologi dan strategi. Pemetaan sistematis lintas sektor terhadap pendekatan perawatan prediktif di industri manufaktur membuktikan bahwa strategi berbasis data secara konsisten efektif menekan *downtime* tidak terencana (Mallioris et al., 2024). Tinjauan komprehensif model perencanaan dan teknik *machine learning* untuk perawatan prediktif mengungkap lima tahapan kritis yang harus dikelola agar potensi kegagalan mesin dapat terdeteksi lebih awal (Hector & Panjanathan, 2024). Tinjauan sistematis praktik perawatan prediktif di sektor manufaktur menegaskan bahwa integrasi sensor dan sistem pemantauan kondisi merupakan kunci utama keberhasilan strategi perawatan modern (Benhanifia et al., 2025). Kajian tantangan implementasi strategi perawatan berbasis kecerdasan buatan di perusahaan manufaktur membuktikan bahwa model berbasis AI mampu meningkatkan akurasi deteksi kegagalan dan mendukung pengelolaan aset jangka panjang (Hoffmann & Lasch, 2025). Kajian sistem pengukuran kinerja dan manajemen kualitas dalam konteks Industri 4.0 mengkonfirmasi bahwa integrasi sistem pengukuran berbasis IoT meningkatkan akurasi pengambilan keputusan perawatan (Tambare et al., 2022). Kelima kajian internasional tersebut memberikan gambaran bahwa strategi perawatan modern tidak cukup hanya bersandar pada pengukuran reaktif, melainkan harus bergerak menuju pendekatan berbasis data aktual dan risiko terukur. Kajian-kajian ini juga relevan sebagai perspektif pengembangan strategi perawatan yang lebih modern dan dapat dikombinasikan dengan metode

pengukuran efektivitas mesin dan analisis risiko kegagalan komponen yang digunakan dalam penelitian ini.

Keterangan: A = Pengukuran Efektivitas Mesin, B = Analisis Risiko Kegagalan Komponen, C = Analisis Kerugian Produksi, D = Integrasi Efektivitas & Risiko, E = Strategi Perawatan & Manajemen Aset

Tabel 2. 1 Kajian Induktif Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
1	(Mickhael Apriliano Lie, 2025)	Mesin Pengisi Cairan – Industri Makanan	Menganalisis efektivitas mesin pengisi cairan dan mengidentifikasi kerugian produksi dominan	Nilai efektivitas mesin di bawah standar world class; <i>reduced speed losses</i> dan idling losses mendominasi kerugian produksi	✓	-	✓	-	-
2	(Firdaus & Ihsan, 2026)	Mesin CNC Lathe – Industri Manufaktur	Menganalisis tingkat efektivitas mesin CNC Lathe dan mengidentifikasi sumber kerugian produksi berbasis Five Big Losses	Nilai <i>Availability</i> 93,3% melampaui standar; speed losses dan breakdown losses menjadi faktor kerugian dominan	✓	-	✓	-	-

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
3	(Jatilaksana et al., 2025)	Mesin Overhead Crane – Industri Manufaktur	Mengidentifikasi mode kegagalan komponen elektrik dan menentukan prioritas perbaikan berbasis nilai risiko	Komponen Pendant OHC (RPN 432), Contactor (RPN 384), dan Limit Switch (RPN 256) teridentifikasi sebagai prioritas perbaikan utama	-	✓	-	-	✓
4	(Simanungkalit et al., 2023)	Cement Mill – Industri Manufaktur Semen	Menganalisis sistem perawatan dan mengidentifikasi komponen kritis berbasis nilai risiko prioritas pada mesin penggilingan	Komponen kritis teridentifikasi melalui analisis risiko; strategi perawatan berbasis keandalan komponen direkomendasikan untuk mengurangi <i>downtime</i>	-	✓	-	-	✓

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
5	(Sukania & Wijaya, 2023)	Mesin Produksi – Industri Percetakan dan Pengemasan	Menganalisis sistem perawatan mesin produksi dan menentukan komponen kritis berdasarkan nilai risiko kegagalan	Empat komponen kritis teridentifikasi dengan nilai RPN di atas rata-rata; rekomendasi perbaikan mencakup aspek manusia, metode, mesin, dan material	-	✓	-	-	✓
6	(Surya Panen Subur et al., 2022)	Mesin Press – Industri Pengolahan Kelapa Sawit	Mengidentifikasi komponen kritis pada stasiun press dan menentukan prioritas perbaikan berbasis risiko	Bearing (RPN 240), Long arm/short arm (RPN 144), dan Pompa Crude oil (RPN 105) menjadi komponen kritis prioritas perbaikan	-	✓	-	-	✓
7	(Heru Haerudin et al., 2025)	Mesin Air Jet Loom – Industri Tekstil	Menganalisis pola kegagalan komponen mesin dan menyusun	16 mode kegagalan teridentifikasi; komponen Kamran	-	✓	-	-	✓

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
			strategi perawatan berbasis keandalan komponen	dengan RPN tertinggi 256 menjadi prioritas utama dalam program <i>preventive maintenance</i>					
8	(Siagian et al., 2024)	Mesin Produksi – Industri Pakaian/Manufaktur	Meningkatkan kinerja mesin melalui pengukuran OEE dan identifikasi faktor kerugian dominan berbasis <i>Six big losses</i>	Nilai efektivitas mesin bervariasi di bawah standar; <i>breakdown losses</i> dan <i>equipment failure</i> teridentifikasi sebagai faktor kerugian terbesar yang perlu ditangani secara terencana	✓	-	✓	-	-
9	(Bhosale & Jadhav, 2025)	Mesin Produksi – Industri Manufaktur (Internasional)	Mengungkap pengaruh faktor operasional terhadap	Faktor-faktor operasional utama berhasil diidentifikasi;	✓	-	✓	-	-

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
			efisiensi manufaktur menggunakan data real-time	pendekatan berbasis data real-time terbukti meningkatkan akurasi pengukuran efisiensi proses manufaktur					
10	(Mallioris et al., 2024)	Peralatan Industri – Multi-sektor (Internasional)	Memetakan secara sistematis pendekatan perawatan prediktif lintas sektor industri untuk mendukung pengurangan <i>downtime</i>	Strategi perawatan berbasis data terbukti efektif menekan <i>downtime</i> ; pendekatan prediktif mendominasi tren perawatan modern lintas sektor industri	-	-	-	-	✓
11	((Rakyta et al., 2024) et al., 2024)	Sistem Produksi – Industri Manufaktur (Internasional)	Meneliti perubahan strategi perawatan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas	Pembaruan strategi perawatan berbasis indikator kinerja terbukti meningkatkan	✓	-	-	-	✓

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
			sistem produksi manufaktur	efisiensi dan kualitas sistem produksi secara berkelanjutan					
12	(Hector & Panjanathan, 2024)	Sistem Manufaktur – Industri (Internasional)	Mengkaji perkembangan model perencanaan dan teknik machine learning untuk mendukung strategi perawatan berbasis prediksi	Lima tahapan model perawatan prediktif berhasil diidentifikasi; pendekatan berbasis data dan kecerdasan buatan terbukti mengurangi potensi kegagalan mesin lebih awal	-	-	-	-	✓
13	(Benhanifia et al., 2025)	Peralatan Industri Manufaktur (Internasional)	Melakukan tinjauan sistematis praktik perawatan prediktif di sektor manufaktur	Praktik perawatan berbasis data terbukti mengurangi <i>downtime</i> tidak terencana;	-	-	-	-	✓

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
			untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data	integrasi sensor dan sistem pemantauan kondisi menjadi kunci strategi perawatan modern					
14	((Hoffmann & Lasch, 2025)	Aset Industri Manufaktur (Internasional)	Mengkaji tantangan implementasi strategi perawatan prediktif berbasis kecerdasan buatan di perusahaan manufaktur	Hambatan utama implementasi teridentifikasi; model berbasis AI terbukti meningkatkan akurasi deteksi kegagalan dan mendukung efisiensi pengelolaan aset jangka panjang	-	-	-	-	✓
15	(Tambare et al., 2022)	Sistem Manufaktur Berbasis Data –	Mengkaji sistem pengukuran kinerja	Integrasi sistem pengukuran kinerja	✓	-	-	-	✓

No	Penulis	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	A	B	C	D	E
		Industri 4.0 (Internasional)	dan manajemen kualitas dalam konteks industri berbasis data untuk mendukung strategi perawatan terukur	berbasis IoT dan Industry 4.0 terbukti meningkatkan akurasi pengambilan keputusan perawatan dan manajemen kualitas produksi					

Berdasarkan kajian literatur yang telah dipaparkan di atas, pengukuran efektivitas mesin berbasis tiga dimensi kinerja yaitu *Availability*, *performance*, dan *quality* terbukti menjadi pendekatan yang paling banyak digunakan dalam mengevaluasi kondisi aktual mesin produksi secara komprehensif. Selanjutnya, analisis kerugian produksi digunakan sebagai alat untuk menelusuri ketidakefisienan mesin secara lebih terperinci sehingga faktor dominan yang memengaruhi rendahnya efektivitas mesin dapat diidentifikasi dengan akurat. Adapun analisis risiko kegagalan komponen berbasis nilai prioritas risiko dipilih karena mampu menghasilkan peringkat kuantitatif untuk setiap mode kegagalan komponen, sehingga memungkinkan penentuan prioritas perbaikan yang lebih objektif, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan. Kombinasi ketiga pendekatan ini, sebagaimana telah terbukti dalam berbagai penelitian terdahulu, dipandang paling sesuai untuk menjawab permasalahan yang dihadapi oleh PT Madubaru (PG–PS) Madukismo, yaitu mengukur efektivitas stasiun giling (stasiun giling), mengidentifikasi faktor kerugian dominan, serta menentukan prioritas komponen kritis sebagai dasar penyusunan strategi perawatan yang terencana.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori merupakan kajian yang berasal dari teori-teori, konsep, dan prinsip-prinsip ilmiah yang telah dikemukakan oleh para ahli dan termuat dalam buku, jurnal, maupun publikasi ilmiah lainnya. Landasan teori berfungsi sebagai landasan teoritis yang mendasari pelaksanaan penelitian ini.

2.2.1 Perawatan (Maintenance)

Perawatan atau *maintenance* merupakan salah satu fungsi operasional yang sangat krusial dalam menjaga kelangsungan dan keandalan proses produksi di industri manufaktur. Menurut Menurut Nakajima 1988 dalam (Romiyadi, 2025) mendefinisikan perawatan sebagai serangkaian kegiatan teknis yang dilakukan secara terencana maupun tidak terencana untuk mempertahankan atau mengembalikan kondisi mesin dan peralatan agar dapat berfungsi sesuai standar yang dipersyaratkan, sehingga performa dan keandalan mesin dapat terjaga sepanjang masa pakainya. Dalam konteks industri manufaktur, sistem

perawatan yang efektif berkontribusi langsung terhadap peningkatan produktivitas, pengurangan *downtime*, dan penghematan biaya operasional jangka panjang.

Tujuan utama dari kegiatan perawatan dalam industri manufaktur: (1) memastikan ketersediaan dan kesiapan mesin pada tingkat yang diperlukan untuk memenuhi target produksi secara konsisten; (2) memperpanjang umur produktif aset mesin sehingga nilai investasi peralatan dapat dimaksimalkan; (3) menjamin keselamatan operator dan lingkungan kerja di sekitar mesin produksi; serta (4) meminimalkan total biaya perawatan melalui perencanaan yang sistematis dan berbasis prioritas risiko komponen (Wibowo & Padilah, 2023).

Dalam industri yang bersifat musiman seperti industri gula, perawatan memiliki peran strategis yang sangat vital karena waktu yang tersedia untuk melakukan perbaikan dan persiapan mesin hanya terbatas pada periode off-season. Optimalisasi aktivitas perawatan pada masa tidak berproduksi merupakan faktor penentu keberhasilan operasi pada periode produksi berikutnya, terutama untuk komponen-komponen kritis yang memiliki risiko kegagalan tinggi dan berdampak langsung pada kelangsungan alur produksi (Jasiulewicz-Kaczmarek & Gola, 2019).

a. **Jenis-Jenis Perawatan**

Pemilihan jenis perawatan yang tepat sangat bergantung pada tingkat kritis komponen, biaya perbaikan, serta dampak kerusakan terhadap keseluruhan proses produksi. Menurut Manzini (2010, sebagaimana dikutip dalam Nasution et al., 2021), terdapat tiga jenis perawatan utama yang umum diterapkan di industri manufaktur, yaitu:

1. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*) adalah kegiatan perawatan terencana yang dilakukan secara berkala sebelum terjadi kerusakan, dengan tujuan mencegah kegagalan yang tidak terduga. Perawatan ini meliputi kegiatan inspeksi rutin, pelumasan, pembersihan, penyetelan, dan penggantian komponen yang telah mencapai batas umur pakainya. Perawatan preventif sangat efektif diterapkan pada komponen-komponen kritis yang apabila mengalami kegagalan akan berdampak besar pada kelangsungan proses produksi.

2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*) adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah suatu komponen atau mesin mengalami kerusakan atau penurunan fungsi. Tujuan dari perawatan korektif adalah mengembalikan mesin ke kondisi operasional yang normal secepat mungkin untuk meminimalkan waktu henti produksi. Meskipun tidak dapat dihindari sepenuhnya, ketergantungan pada perawatan korektif harus diminimalkan melalui penerapan sistem perawatan preventif yang baik.
3. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*) adalah kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan pemantauan kondisi aktual mesin secara real-time menggunakan instrumen pengukuran tertentu. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi gejala awal kegagalan sebelum kerusakan benar-benar terjadi, sehingga penggantian komponen dapat dilakukan pada waktu yang paling optimal dari segi biaya dan kesiapan produksi.

2.2.2 Overall equipment effectiveness (OEE)

Overall equipment effectiveness (OEE) merupakan indikator kinerja yang paling komprehensif dalam mengukur tingkat efektivitas pemanfaatan mesin produksi secara menyeluruh. Menurut Nakajima 1988 dalam (Anisah et al., 2022) mendefinisikan OEE sebagai metrik yang secara simultan mengevaluasi tiga dimensi kinerja mesin yaitu ketersediaan (*Availability*), efisiensi kecepatan (*performance*), dan tingkat kualitas output (*quality*), sehingga memberikan gambaran holistik tentang seberapa efektif mesin dimanfaatkan dibandingkan potensi maksimalnya. OEE pertama kali diperkenalkan oleh Nakajima (1988) sebagai bagian dari *Total Productive Maintenance* (TPM) dan sejak saat itu telah menjadi standar pengukuran kinerja mesin yang digunakan secara luas di industri manufaktur global.

Standar nilai OEE World Class yang dijadikan acuan internasional oleh Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) adalah sebesar 85%, dengan rincian nilai *Availability* minimal 90%, *performance* minimal 95%, dan *quality* minimal 99,9%. (Ardiansyah & Nuriyanto, 2025) menyatakan bahwa jika nilai OEE suatu mesin berada di bawah 85%, maka mesin tersebut memiliki ruang perbaikan yang signifikan

dan perlu dilakukan analisis lebih mendalam menggunakan *Six big losses* untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab rendahnya efektivitas.

a. Availability

Menurut Menurut Seiichi Nakajima (1988), dalam (Nursanti & Susanto, n.d.) *Availability* adalah didefinisikan sebagai rasio antara waktu operasi aktual dengan waktu produksi yang telah direncanakan, sehingga mesin siap beroperasi tanpa gangguan atau kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi. *Availability* merupakan rasio operation time terhadap waktu *loading time* nya, sehingga dapat menghitung *Availability* mesin dibutuhkan nilai dari *Operation Time*, *Loading time*, *Downtime*.

b. Performance

Menurut Robert C. Hansen (2001), dalam (Akbar & Achmadi, 2020) *performance* adalah komponen kedua dalam OEE yang digunakan untuk mengukur efisiensi kecepatan produksi mesin dibandingkan dengan kecepatan idealnya. *Performance* mencerminkan seberapa optimal mesin bekerja dalam menghasilkan output selama waktu operasi. Perhitungan *performance* diperoleh dari jumlah yang diproses (*proced ammount*) dikalikan dengan waktu siklus per unit (*iddle cycle time*) terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*). Waktu siklus (*cycle time*) dikalikan dengan persentase jam kerja, untuk waktu siklus didapatkan dari perbandingan *loading time* dengan jumlah yang telah diproses, sedangkan persentase jam kerja didapatkan dari persentase jam kerja terhadap delay. Nilai *performance* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

c. Quality

Menurut Seiichi Nakajima (1988), dalam (Akbar & Achmadi, 2020) *Rate of Quality* menunjukkan kemampuan mesin dalam menghasilkan produk sesuai standar tanpa cacat, sehingga berpengaruh langsung terhadap efisiensi dan kepuasan pelanggan. Dalam perhitungan *Quality* menggunakan dua faktor yaitu *Processed amount* (jumlah produk yang diproses), *Defect amount* (Jumlah produk yang cacat).

Tujuan utama penerapan *Overall equipment effectiveness* (OEE) adalah untuk meminimalkan *six big losses* yang menjadi penyebab utama terjadinya penurunan

efisiensi dalam proses manufaktur. Keenam kerugian tersebut terbagi ke dalam tiga komponen utama OEE, yaitu *Availability*, *performance*, dan *quality*. Pada komponen *Availability*, kerugian yang terjadi meliputi *breakdown losses* dan *setup and adjustment losses*. Sementara itu, pada komponen *performance rate*, kerugian terdiri dari *reduced speed losses* dan *idling minor stoppages losses*. Adapun pada komponen *quality rate*, kerugian yang muncul adalah *defect/rework losses* serta *yield/scrap losses*. Setelah nilai OEE diperoleh, dapat diidentifikasi komponen efektivitas mana yang memiliki nilai terendah. Selanjutnya, dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui penyebab utama dari rendahnya nilai tersebut sebagai dasar perbaikan kinerja peralatan. Adapun penjelasan dari masing-masing jenis kerugian (*losses*) adalah sebagai berikut:

1. Kerugian akibat kerusakan (*breakdown losses*)

Kerugian ini terjadi akibat kerusakan mesin atau peralatan yang menyebabkan waktu produksi terhenti. Dampaknya adalah hilangnya waktu produksi, penurunan output, serta potensi kerugian material akibat produk cacat yang dihasilkan selama kondisi tidak normal.

2. Kerugian akibat pemasangan dan penyetelan (*setup and adjustment losses*)

Kerugian ini mencakup seluruh waktu yang digunakan untuk proses pemasangan dan penyesuaian mesin ketika terjadi pergantian jenis produk. Waktu tersebut merupakan periode di mana mesin tidak beroperasi sehingga tidak menghasilkan output.

3. Kerugian akibat berhenti sesaat (*idling and minor stoppages losses*)

Kerugian ini muncul ketika mesin berhenti dalam waktu singkat atau beroperasi tanpa menghasilkan produk. Hal ini umumnya disebabkan oleh gangguan kecil atau faktor eksternal yang terjadi secara berulang.

4. Kerugian akibat penurunan kecepatan (*reduced speed losses*)

Kerugian ini terjadi ketika kecepatan operasi aktual lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan standar atau kecepatan ideal mesin. Kondisi ini mengakibatkan berkurangnya jumlah output yang seharusnya dapat dicapai.

5. Kerugian akibat produk cacat (*process defect losses*)

Kerugian ini timbul akibat dihasilkannya produk yang tidak memenuhi standar

kualitas. Dampaknya meliputi pemborosan material, peningkatan jumlah limbah, serta tambahan biaya dan waktu untuk proses pengerjaan ulang (rework).

6. Kerugian pada awal produksi (*reduced yield losses*)

Kerugian ini terjadi pada tahap awal produksi ketika mesin belum mencapai kondisi operasi yang stabil sehingga produk yang dihasilkan belum memenuhi standar kualitas. Faktor penyebabnya antara lain kondisi mesin yang belum optimal, kesalahan pengaturan, atau kurangnya pemahaMan operator terhadap proses produksi.

2.2.3 Failure mode and effect analysis (FMEA)

Failure mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan metode analisis risiko sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada suatu sistem, komponen, atau proses, mengevaluasi dampak yang ditimbulkan, serta menentukan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN). Menurut D. H. Stamatis (2003) dalam (Budi Puspitasari et al., 2017) menyatakan bahwa FMEA merupakan pendekatan proaktif yang terbukti efektif dalam manajemen perawatan karena memungkinkan tim teknis untuk mengantisipasi dan mencegah kegagalan sebelum benar-benar terjadi, sehingga dapat meminimalkan *downtime* yang tidak terencana dan kerugian produksi yang signifikan. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh militer Amerika Serikat pada tahun 1949 dan kemudian diadopsi secara luas di berbagai industri manufaktur di seluruh dunia.

Dalam penelitian ini, FMEA diterapkan pada komponen-komponen stasiun giling di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo berdasarkan hasil identifikasi faktor dominan *Six big losses*. FMEA menghasilkan nilai RPN yang bersifat kuantitatif untuk setiap mode kegagalan komponen, sehingga memungkinkan penentuan prioritas perbaikan yang lebih objektif dan terukur dibandingkan dengan pendekatan analisis kegagalan yang bersifat kualitatif. Komponen dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama dalam program *preventive maintenance*, terutama selama masa off-season.

a. Komponen penilaian FMEA

FMEA menggunakan tiga parameter penilaian yang masing-masing dinilai dengan skala 1 hingga 10 berdasarkan expert judgement dari staf ahli dan mekanik yang memiliki

pengalaman langsung dalam menangani stasiun giling. Menurut D. H. Stamatis (2003) dalam (Andika et al., 2025) penilaian dilakukan melalui kuesioner terstruktur yang memuat daftar komponen mesin, mode kegagalan yang mungkin terjadi, dampak yang ditimbulkan, dan mekanisme deteksi yang tersedia. Ketiga parameter tersebut adalah:

1. *Severity*(S) adalah penilaian terhadap tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan oleh suatu mode kegagalan terhadap proses produksi, kualitas output, atau keselamatan operator. Nilai *Severity* berkisar antara 1 (tidak ada dampak) hingga 10 (dampak sangat kritis dan mengancam keselamatan).
2. *Occurrence* (O) adalah penilaian terhadap frekuensi atau kemungkinan terjadinya suatu mode kegagalan dalam periode operasi tertentu. Nilai *Occurrence* berkisar antara 1 (hampir tidak pernah terjadi) hingga 10 (terjadi hampir setiap hari).
3. *Detection* (D) adalah penilaian terhadap kemampuan sistem pengendalian atau mekanisme inspeksi yang ada untuk mendeteksi mode kegagalan sebelum kegagalan tersebut menyebabkan gangguan produksi. Nilai *Detection* berkisar antara 1 (hampir pasti terdeteksi) hingga 10 (tidak ada mekanisme deteksi).

b. Risk Priority Number (RPN)

Risk Priority Number (RPN) merupakan hasil perkalian dari ketiga parameter penilaian FMEA yang digunakan sebagai dasar penentuan prioritas tindakan perbaikan. Menurut D. H. Stamatis (2003) dalam (Prasetyo et al., 2026) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai RPN suatu komponen, semakin tinggi pula prioritas penanganan yang harus diberikan dalam program perawatan mesin. Menurut Carl S. Carlson (2012) dalam (Siska Apri Andita et al., 2025) nilai RPN berkisar antara 1 hingga 1.000. Komponen dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama untuk dilakukan tindakan *preventive maintenance* dan overhaul selama masa off-season. Hasil perankingan RPN ini menjadi dasar penyusunan jadwal perawatan yang terukur, spesifik per komponen, dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

c. Skala Penilaian Severity

Tabel 2. 2 Skala Penilaian *Severity*

Nilai	Tingkat	Kriteria
1	None	Tidak ada dampak sama sekali terhadap proses atau mesin
2	Very Minor	Dampak sangat kecil, mesin masih berfungsi normal
3	Minor	Dampak kecil, gangguan minor pada proses produksi
4	Very Low	Sedikit berpengaruh pada performa mesin
5	Low	Penurunan performa ringan, tidak mengganggu target produksi
6	Moderate	Penurunan performa sedang, target produksi terganggu sebagian
7	High	Penurunan performa signifikan, <i>downtime</i> singkat
8	Very High	Mesin tidak dapat beroperasi, <i>downtime</i> cukup lama
9	Hazardous	Kegagalan total mesin, berdampak pada keselamatan operator
10	Catastrophic	Kegagalan total tanpa peringatan, merugikan sangat besar

Sumber: (Dewi et al., 2025)

d. Skala Penilaian *Occurance*

Tabel 2. 3 Skla Penilaian *Occurance*

Nilai	Tingkat	Kriteria
1	Remote	Kegagalan hampir tidak pernah terjadi (< 1 per 10 tahun)
2	Low	Kegagalan sangat jarang terjadi (1 per 5 tahun)
3	Low	Kegagalan jarang terjadi (1 per 2 tahun)
4	Moderately Low	Kegagalan kadang terjadi (1 per tahun)
5	Moderate	Kegagalan sesekali terjadi (1 per 6 bulan)
6	Moderately High	Kegagalan cukup sering (1 per 3 bulan)
7	High	Kegagalan sering terjadi (1 per bulan)
8	Very High	Kegagalan sangat sering (1 per minggu)
9	Very High	Kegagalan hampir pasti (beberapa kali per minggu)
10	Almost Certain	Kegagalan terjadi hampir setiap hari

Sumber: (Dewi et al., 2025)

e. Skala Penilaian *Detection*

Tabel 2. 4 Skla Penilaian *Detection*

Nilai	Tingkat	Kriteria
1	Almost Certain	Sistem deteksi hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan

Nilai	Tingkat	Kriteria
2	Very High	Kemungkinan sangat tinggi untuk terdeteksi
3	High	Kemungkinan tinggi untuk terdeteksi sebelum proses berikutnya
4	Moderately High	Kemungkinan cukup tinggi untuk terdeteksi
5	Moderate	Kemungkinan sedang untuk terdeteksi
6	Low	Kemungkinan rendah untuk terdeteksi
7	Very Low	Kemungkinan sangat rendah untuk terdeteksi
8	Remote	Deteksi sangat sulit dilakukan
9	Very Remote	Sistem deteksi hampir tidak dapat mendeteksi kegagalan
10	Absolute Uncertainty	Tidak ada mekanisme deteksi yang tersedia

Sumber: (Dewi et al., 2025)

2.2.4 Standar Operating Procedure

Standard Operating Procedure (SOP) merupakan dokumen tertulis yang memuat serangkaian instruksi kerja yang telah dibakukan untuk menjalankan suatu proses atau kegiatan tertentu secara konsisten, terukur, dan sesuai standar yang telah ditetapkan. SOP adalah pedoman yang berisi prosedur-prosedur operasional standar yang ada di dalam suatu organisasi yang digunakan untuk memastikan bahwa semua keputusan dan tindakan, serta penggunaan fasilitas-fasilitas proses yang dilakukan oleh orang-orang di dalam organisasi berjalan secara efektif, konsisten, standar, dan sistematis (Subandi & Rahmawati, 2024)

Dalam konteks perawatan mesin industri, SOP perawatan berfungsi sebagai acuan baku bagi teknisi dan operator dalam melaksanakan setiap tahapan kegiatan overhaul maupun *preventive maintenance*. Penerapan SOP yang terstruktur terbukti mampu

meminimalkan kesalahan manusia (*huMan error*), menjaga konsistensi kualitas pekerjaan perawatan, serta mempercepat waktu pelaksanaan karena setiap langkah telah terdefinisi secara jelas (Anugrah Kunanti et al., 2024)

Sebuah SOP perawatan yang baik umumnya memuat komponen-komponen berikut: (1) tujuan dan ruang lingkup prosedur; (2) daftar komponen atau peralatan yang menjadi objek perawatan; (3) urutan langkah kerja yang sistematis; (4) parameter inspeksi dan batas nilai yang dapat diterima; (5) alat dan bahan yang dibutuhkan; serta (6) penanggung jawab pelaksanaan di setiap tahapan. Dalam penelitian ini, SOP disusun berdasarkan hasil analisis OEE, FMEA, dan *Fishbone* Diagram sehingga setiap langkah prosedur yang dirancang berakar langsung dari temuan akar penyebab kegagalan yang telah teridentifikasi secara kuantitatif.

2.2.5 Pemodelan Proses Bisnis dengan Bizagi (BPMN)

Business Process Model and Notation (BPMN) merupakan standar internasional untuk pemodelan proses bisnis yang dikembangkan oleh Object Management Group (OMG). BPMN menyediakan notasi grafis yang mudah dipahami oleh semua pemangku kepentingan, baik dari sisi teknis maupun manajerial, sehingga komunikasi antar pihak terkait proses bisnis dapat berlangsung lebih efektif (Faris Yasin Rochmatullah, 2025). Bizagi Modeler merupakan salah satu perangkat lunak pemodelan BPMN yang paling banyak digunakan dalam penelitian dan industri karena bersifat gratis, intuitif, dan sepenuhnya mengikuti standar BPMN 2.0.

Pemodelan proses bisnis menggunakan Bizagi bertujuan untuk memvisualisasikan alur kerja suatu proses secara sistematis sehingga kondisi as-is (kondisi sebelum perbaikan) dan kondisi to-be (kondisi setelah perbaikan diterapkan) dapat dibandingkan secara eksplisit. Pendekatan komparatif as-is vs to-be ini sangat efektif digunakan dalam penelitian perbaikan proses karena mampu menunjukkan secara visual perubahan alur kerja, penambahan langkah kontrol, maupun eliminasi aktivitas yang tidak bernilai tambah akibat penerapan SOP baru (Fathinatussakinah et al., 2024)

Dalam penelitian ini, pemodelan Bizagi dilakukan secara komparatif dengan membuat empat model, yaitu: (1) model as-is periode off-season yang menggambarkan proses overhaul saat ini sebelum SOP diterapkan; (2) model to-be periode off-season yang

menggambarkan proses overhaul setelah SOP berbasis FMEA diterapkan; (3) model as-is periode on-season yang menggambarkan proses *preventive maintenance* saat ini; serta (4) model to-be periode on-season yang menggambarkan penerapan jadwal *preventive maintenance* terstruktur. Keempat model ini berfungsi sebagai representasi visual dari rekomendasi perbaikan yang dihasilkan penelitian.

2.2.6 Diagram Pareto

Menurut Joseph M. Juran (1999) dalam (Ayu Nurjanah et al., 2023) diagram Pareto adalah alat analisis visual yang didasarkan pada prinsip 80-20, yang menyatakan bahwa sekitar 80% dari total permasalahan atau kerugian yang terjadi disebabkan oleh hanya 20% dari faktor-faktor penyebab yang ada. Diagram Pareto sangat efektif digunakan dalam analisis *Six big losses* karena mampu memvisualisasikan distribusi kerugian dari yang paling dominan hingga paling kecil secara berurutan dalam bentuk histogram batang yang disertai kurva kumulatif persentase.

Dalam penelitian ini, diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi faktor *Six big losses* mana yang paling dominan berkontribusi terhadap rendahnya nilai OEE stasiun giling. Diagram Pareto membantu manajemen untuk memfokuskan sumber daya perbaikan pada faktor yang memberikan dampak terbesar, sehingga upaya peningkatan OEE dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien. Faktor yang berada dalam rentang kumulatif 0–80% merupakan faktor-faktor prioritas utama yang harus segera ditangani.

Langkah-langkah pembuatan diagram Pareto dalam penelitian ini mengikuti prosedur sebagai berikut: (1) menghitung nilai masing-masing *Six big losses* secara kuantitatif berdasarkan data historis stasiun giling; (2) mengurutkan keenam faktor kerugian dari nilai tertinggi hingga terendah; (3) menghitung persentase masing-masing faktor dan persentase kumulatifnya; (4) membuat histogram batang berdasarkan urutan nilai kerugian; dan (5) menggambarkan kurva kumulatif di atas histogram untuk memudahkan identifikasi faktor dominan yang akan menjadi input analisis FMEA (Ayu Nurjanah et al., 2023).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah stasiun giling yang beroperasi di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG-PS) Madukismo, Yogyakarta. PT Madubaru merupakan satu-satunya perusahaan manufaktur gula dan alkohol di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang beroperasi secara musiman selama kurang lebih enam bulan pada setiap musim giling. Stasiun gilingan dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan tahapan paling kritis dalam proses produksi gula, yakni sebagai titik awal ekstraksi nira dari batang tebu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat efektivitas stasiun giling, mengidentifikasi faktor kerugian dominan, serta menyusun usulan strategi perawatan yang terencana dan berbasis data sebagai upaya meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi produksi.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Penjelasan masing-masing jenis data diuraikan sebagai berikut.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari sumber yang bersangkutan, yaitu melalui observasi langsung, wawancara mendalam, dan diskusi dengan teknisi serta operator stasiun giling di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo. Data primer yang dikumpulkan meliputi informasi mengenai proses produksi dan karakteristik operasional stasiun giling, data komponen mesin yang rentan terhadap kerusakan berdasarkan pengamatan lapangan, serta informasi mengenai mode kegagalan (*failure mode*), penyebab kegagalan, dan dampak kegagalan pada setiap komponen di stasiun giling yang digunakan dalam analisis FMEA.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari dokumen internal perusahaan dan laporan operasional yang telah tersedia. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *downtime* stasiun giling selama musim giling tahun 2025 (Mei–Oktober 2025) yang mencakup jenis kerusakan, durasi perbaikan, dan frekuensi

kerusakan; data waktu operasi mesin (available time) dan waktu produksi aktual (operation time); data jumlah produksi aktual (actual output) dan jumlah produksi ideal (ideal output) berdasarkan kapasitas mesin; serta laporan historis perawatan dan perbaikan stasiun giling dari departemen pemeliharaan PT Madubaru.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga metode sebagai berikut.

1. Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di lapangan pada Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG-PS) Madukismo. Kegiatan observasi bertujuan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi operasional stasiun giling, pola kerusakan yang sering terjadi, serta proses perawatan yang selama ini diterapkan oleh perusahaan. Proses ini bertujuan agar lebih mudah dalam mengidentifikasi sumber-sumber kerugian efektivitas mesin yang terjadi selama periode musim giling berlangsung.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan narasumber yang memiliki kompetensi langsung terkait operasional dan perawatan stasiun giling di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo. Data disajikan hanya berdasarkan kode dan jabatan sebagaimana tercantum pada tabel berikut.

Table 3. 1 Narasumber Penelitian

Kode	Jabatan
N-01	Kepala Mandor Stasiun Gilingan
N-02	Staf Mandor Stasiun Gilingan
N-03	Teknisi Stasiun Gilingan
N-04	Teknisi Stasiun Gilingan
N-05	Teknisi Stasiun Gilingan

Wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai mode kegagalan (*failure mode*), penyebab kegagalan, efek kegagalan, serta tingkat keparahan, frekuensi, dan kemudahan deteksi dari setiap kegagalan komponen stasiun giling yang digunakan sebagai dasar penilaian dalam analisis FMEA.

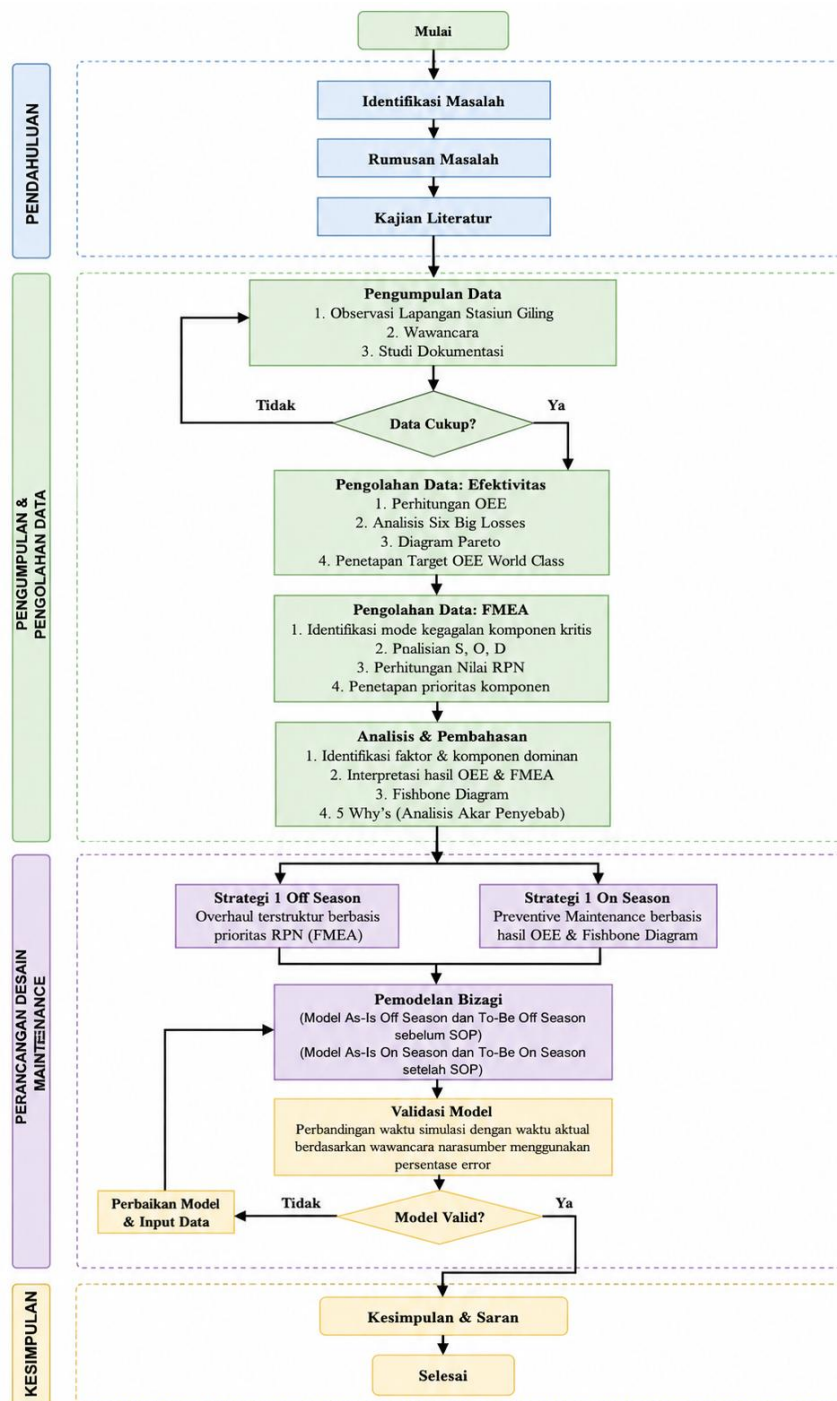
3. Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan dan menelaah dokumen-dokumen internal perusahaan yang relevan, seperti laporan *downtime*, catatan perbaikan mesin, data produksi harian, serta dokumen historis perawatan stasiun giling. Data-data tersebut menjadi dasar dalam perhitungan nilai OEE dan penentuan prioritas komponen pada analisis FMEA.

3.4 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara sistematis mengikuti alur tahapan yang telah dirancang agar tujuan penelitian dapat tercapai secara terstruktur. Alur penelitian yang diterapkan dalam tugas akhir ini dijabarkan sebagai berikut.

Gambar 3. 1 Alur Penelitian



1. Mulai Penelitian dimulai dengan menentukan topik dan lingkup kajian yang akan diteliti.
2. Identifikasi Masalah Melakukan pengamatan awal terhadap kondisi aktual proses perawatan di stasiun giling PT Madubaru, ditemukan tingginya frekuensi *downtime* tak terencana dan belum adanya sistem *preventive maintenance* yang terstruktur.
3. Rumusan Masalah Menetapkan pertanyaan penelitian secara spesifik, yaitu: (1) berapa nilai OEE aktual stasiun giling selama musim giling 2025 dan faktor kerugian apa yang paling dominan, serta (2) bagaimana desain sistem *maintenance* terencana yang tepat untuk meningkatkan nilai OEE tersebut.
4. Kajian Literatur Menelaah teori dan referensi ilmiah yang relevan sebagai landasan penelitian, meliputi konsep *Overall equipment effectiveness* (OEE), *Six big losses*, *Total Productive Maintenance* (TPM), *Failure mode and effect analysis* (FMEA), serta sistem *preventive maintenance*.
5. Pengumpulan Data Mengumpulkan data primer dan sekunder dari stasiun giling selama musim giling Mei–Oktober 2025, melalui tiga metode: (1) observasi lapangan kondisi mesin, (2) wawancara dengan narasumber berdasarkan kode dan jabatan, dan (3) studi dokumentasi data *downtime*, waktu operasi, dan jumlah produksi harian.
6. Kecukupan Data Menilai kelengkapan data berdasarkan dua kriteria: (1) data kuantitatif tersedia lengkap selama seluruh periode musim giling tanpa bulan yang kosong, dan (2) penilaian FMEA diperoleh dari minimal tiga narasumber untuk setiap komponen kritis. Jika belum terpenuhi, pengumpulan data dilanjutkan hingga dinyatakan cukup.
7. Pengolahan Data
Melakukan perhitungan nilai OEE untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin, mengidentifikasi kerugian dominan melalui analisis *Six big losses* dengan bantuan Diagram Pareto, serta menghitung nilai RPN dalam analisis FMEA berdasarkan parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan untuk mengetahui kondisi aktual stasiun giling dengan menggunakan rumus:

a. *Availability*

$$\textbf{Availability} = \frac{\textbf{Loading time} - \textbf{Down Time}}{\textbf{Loading Time}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\textbf{Loading time} = \textbf{Total Availability} - \textbf{Downtime} \quad (2)$$

Keterangan:

- *Loading time* adalah waktu yang tersedia per bulan dikurang dengan waktu *downtime* mesinya.
- *Planned Downtime* adalah waktu berhentinya suatu mesin, sistem, atau proses produksi yang sudah dijadwalkan sebelumnya secara sengaja untuk tujuan tertentu.
- *Operation Time* adalah hasil pengurangan *loading time* waktu aktual mesin benar-benar beroperasi untuk menghasilkan produk setelah dikurangi waktu berhenti (*downtime*).
- *Downtime* mesin adalah waktu pemrosesan yang harus digunakan mesin, tetapi tidak menghasilkan output karena kerusakan mesin atau sistem. *Downtime* mesin meliputi waktu henti mesin karena kerusakan mesin atau peralatan, penggantian suku cadang, dan peralatan prosedur penyetelan.

b. *Performance*

$$\textbf{Performance}\% = \frac{\textbf{Jumlah produksi} \times \textbf{waktu siklus per unit}}{\textbf{Operation time}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- *Performance%* adalah persentase kinerja mesin atau lini produksi dibandingkan dengan standar yang ditetapkan.
- Jumlah produksi adalah total unit (produk) yang berhasil dihasilkan selama waktu operasi (baik produk baik maupun produk cacat).
- Waktu siklus per unit (*Cycle Time*) adalah waktu standar yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk berdasarkan kapasitas ideal mesin.
- *Operation time* adalah total waktu yang tersedia di mana mesin benar-benar berjalan untuk memproduksi (biasanya dihitung dari *Loading time* dikurangi waktu henti mesin/ *Down Time*).

c. *Quality*

$$\text{Quality} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

- *Processed amount* (jumlah produk yang diproses)
- *Defect amount* (Jumlah produk yang cacat)

Sehingga didapatkan rumus OEE sebagai berikut:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availability (\%)} \times \text{Performance (\%)} \times \text{Quality (\%)} \quad (5)$$

Keterangan:

- *Availability* = Ketersediaan mesin/peralatan
- *Performance* = Efisiensi Produksi
- *Quality* = Kualitas Output mesin/peralatan

Untuk mengetahui faktor terbesar penyebab rendahnya efektivitas, dilakukan pengelompokan data ke dalam enam faktor kerugian dengan rumus:

- a. Kerugian akibat kerusakan (*breakdown losses*)

$$\text{Equipment failure losses} = \frac{\text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

- *Equipment failure losses* adalah persentase kerugian waktu akibat kerusakan mesin secara tiba-tiba
- *Downtime* adalah total waktu mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan yang tidak terencana (jam)
- *Loading time* adalah total waktu yang tersedia untuk mesin beroperasi dalam satu periode (jam), dihitung dari waktu kerja dikurangi waktu istirahat terencana

- b. Kerugian akibat pemasangan dan penyetelan (*setup and adjustment losses*)

$$\text{Set up and adjustment losses} = \frac{\text{set up time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

- Set Up and Adjustment Losses adalah persentase kerugian waktu yang terjadi saat pergantian jenis produk atau penyetelan ulang mesin

- Set Up Time adalah total waktu yang digunakan untuk mempersiapkan, memasang, dan menyetel mesin hingga siap berproduksi kembali (jam)
 - *Loading time* adalah total waktu yang tersedia untuk mesin beroperasi dalam satu periode (jam)
- c. Kerugian akibat berhenti sesaat (*idling and minor stoppages losses*)

$$Idling = \frac{\text{non productive time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

- Idling adalah persentase kerugian waktu akibat mesin berhenti sesaat atau menganggur dalam waktu singkat (umumnya < 5 menit)
 - NonProductive Time adalah total waktu mesin tidak menghasilkan produk akibat gangguan kecil seperti kemacetan material, sensor error, atau menunggu operator (jam)
 - *Loading time* adalah total waktu yang tersedia untuk mesin beroperasi dalam satu periode (jam)
- d. Kerugian akibat penurunan kecepatan (*reduced speed losses*)

$$reduced\ speed\ losses = \frac{\text{operation time} - (\text{idle cycle time} \times \text{total produksi})}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan:

- *Reduced speed losses* adalah persentase kerugian akibat mesin berjalan lebih lambat dari kecepatan standar/ideal
 - Operation Time adalah waktu aktual mesin beroperasi dalam satu periode (jam)
 - Idle Cycle Time adalah waktu siklus ideal mesin per unit produk berdasarkan standar desain mesin (jam/unit)
 - Total Produksi adalah jumlah total produk yang dihasilkan dalam periode tersebut (unit)
 - *Loading time* adalah total waktu yang tersedia untuk mesin beroperasi dalam satu periode (jam)
- e. Kerugian akibat produk cacat (*process defect losses*)

$$\text{Defect losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{total product defect}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan:

- Defect Losses adalah persentase kerugian waktu akibat produksi produk yang tidak memenuhi standar kualitas
- Ideal Cycle Time adalah waktu siklus ideal mesin per unit produk berdasarkan standar desain mesin (jam/unit)
- Total Product Defect adalah jumlah total produk cacat dan produk yang perlu dikerjakan ulang (rework) dalam satu periode (unit)
- *Loading time* adalah total waktu yang tersedia untuk mesin beroperasi dalam satu periode (jam)

f. Kerugian pada awal produksi (*reduced yield losses*)

$$\text{Scrap losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{scrap}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (11)$$

Keterangan:

- Scrap Losses adalah persentase kerugian waktu akibat produk terbuang yang terjadi pada masa pemanasan mesin atau awal produksi sebelum kondisi stabil tercapai
- Ideal Cycle Time adalah waktu siklus ideal mesin per unit produk berdasarkan standar desain mesin (jam/unit)
- Scrap adalah jumlah produk yang terbuang (reject) dan tidak dapat digunakan kembali pada saat awal produksi (warm-up period) (unit)
- *Loading time* adalah total waktu yang tersedia untuk mesin beroperasi dalam satu periode (jam)

Setelah efektivitas diketahui, dilakukan penilaian risiko pada komponen kritis untuk menentukan prioritas perbaikan menggunakan nilai RPN:

$$\text{RPN} = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)} \quad (12)$$

Keterangan:

- RPN = Angka prioritas risiko untuk menentukan tingkat kekritisannya suatu kegagalan. Nilai berkisar antara 1 – 1000

- *Severity*(S) = Tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan akibat kegagalan. Nilai berkisar antara 1 – 10
 - *Occurrence* (O) = Tingkat keseringan atau kemungkinan suatu kegagalan terjadi. Nilai berkisar antara 1 – 10
 - *Detection* (D) = Kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum sampai ke pelanggan. Nilai berkisar antara 1 – 10
8. Analisis & Pembahasan Menginterpretasikan hasil pengolahan data secara terpadu, meliputi identifikasi faktor kerugian dominan penyebab rendahnya OEE, penentuan komponen kritis berdasarkan nilai RPN tertinggi, serta analisis gap antara OEE aktual dengan target world class.
 9. Perancangan Strategi Perawatan Off-Season Merancang program overhaul terstruktur berbasis prioritas komponen kritis hasil analisis FMEA (nilai RPN tertinggi), mencakup urutan pelaksanaan, durasi, alokasi sumber daya, serta penyusunan SOP/Instruksi Kerja overhaul sebagai panduan baku pelaksanaan selama periode off-season.
 10. Perancangan Strategi Perawatan On-Season Merancang jadwal *preventive maintenance* terencana selama musim giling berbasis temuan OEE dan *Fishbone Diagram*, mencakup interval perawatan per komponen serta penyusunan SOP/Instruksi Kerja PM harian dan periodik sebagai acuan operasional teknisi.
 11. Pemodelan Proses Bisnis dengan Bizagi Memvisualisasikan perbandingan proses perawatan sebelum dan sesudah perbaikan melalui pemodelan BPMN menggunakan software Bizagi secara komparatif, meliputi empat model: (1) as-is off-season, (2) to-be off-season, (3) as-is on-season, dan (4) to-be on-season.
 12. Validasi Model
Melakukan validasi model simulasi Bizagi dengan membandingkan waktu proses hasil simulasi As-Is terhadap waktu proses aktual berdasarkan hasil observasi dan wawancara narasumber menggunakan persentase *error*. Model dinyatakan valid apabila nilai *error* kurang dari 10%. Jika nilai *error* melebihi 10%, dilakukan perbaikan model dan validasi ulang hingga model memenuhi kriteria validitas.

13. Kesimpulan & Saran Menarik kesimpulan yang menjawab seluruh rumusan masalah penelitian secara sistematis, serta menyampaikan saran rekomendasi implementasi sistem *maintenance* yang dirancang kepada PT Madubaru sebagai bahan pertimbangan perbaikan operasional pada musim giling berikutnya.
14. Selesai Penelitian dinyatakan selesai setelah seluruh tahapan terlaksana dan laporan tugas akhir tersusun lengkap.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Gambaran Umum Stasiun Gilingan

PT Madubaru (PG-PS) Madukismo merupakan perusahaan industri gula dan spiritus yang berlokasi di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Proses produksi gula di PT Madubaru bersifat musiman dengan periode operasional (musim giling) yang berlangsung selama kurang lebih enam bulan, yaitu pada bulan Mei hingga Oktober setiap tahunnya. Di luar periode tersebut, pabrik menjalani masa off-season selama 6 bulan yang dimanfaatkan untuk kegiatan overhaul dan perawatan menyeluruh seluruh mesin produksi sebagai persiapan menghadapi musim giling berikutnya.

Stasiun giling merupakan unit kerja awal yang berfungsi untuk mengekstraksi nira dari batang tebu melalui proses mekanis. Kinerja stasiun giling sangat menentukan kuantitas dan kualitas nira yang dihasilkan sehingga menjadi faktor kunci dalam menentukan efisiensi seluruh proses produksi lanjutan. Stasiun giling PT Madubaru terdiri dari tujuh mesin utama yang bekerja secara berurutan, yaitu:

1. *Crane unloading*, bertugas memindahkan tebu dari lori pengangkut ke area stasiun giling menggunakan sistem motor listrik dan *coupling* sebagai penghubung transmisi daya.
2. *Cane table*, berfungsi memindahkan dan menata tebu secara merata sebelum masuk ke proses pemotongan melalui sistem *conveyor* berrantai sebagai komponen penggerak utamanya.
3. *Cane cutter*, memotong batang tebu menjadi potongan-potongan lebih kecil menggunakan pisau pemotong berputar agar tebu lebih mudah diekstraksi niranya pada tahap penggilingan berikutnya.
4. *Cane Carrier*, mengangkut tebu dari satu proses ke proses berikutnya dalam rangkaian stasiun giling menggunakan sistem *conveyor* yang dilengkapi komponen pengunci untuk menjaga kestabilan material selama pemindahan.

5. *Hammer unigrator*, menghancurkan dan melumatkan tebu sebelum masuk ke proses penggilingan utama dengan bekerja pada kecepatan tinggi menggunakan impact force yang besar untuk memecah serat tebu agar nira lebih mudah diekstraksi.
6. Pompa Hidrolik, menjaga tekanan konstan pada rol gilingan melalui sistem fluida bertekanan tinggi sehingga proses pemerasan tebu dapat berlangsung secara optimal dan hasil ekstraksi nira maksimal.
7. Mesin Gilingan I hingga V, merupakan mesin utama yang memeras nira dari batang tebu secara bertahap. Pada gilingan I dan II dilakukan pemerasan awal, sedangkan pada gilingan III hingga V diterapkan sistem imbibisi secara bertahap untuk memaksimalkan rendemen ekstraksi. Ampas akhir dari gilingan V dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap untuk menyuplai energi bagi seluruh proses produksi.

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Data Jumlah Produksi

Data jumlah produksi merupakan data keseluruhan hasil produksi mesin giling, berikut merupakan data jumlah hasil produksi dari awal giling hingga selesai:

Tabel 4. 1 Data Produksi Mesin Giling 2025

Bulan	<i>Proced ammount (Ton)</i>
Mei	68.521,90
Juni	73.093,60
Juli	102.500,70
Agustus	85.173,40
September	84.313,30
Oktober	22.755,70

4.2.2 Data Produk Cacat

Data produk cacat atau *defect* didapatkan dari hasil standar penilaian untuk produk dapat lanjut ke stasiun selanjutnya, berikut data *defect* pada mesin giling 2025:

Tabel 4. 2 Data Produk Cacat

Bulan	Deffect amount (Ton)
Mei	184,72
Juni	161,38
Juli	139,64
Agustus	127,95
September	133,21
Oktober	148,57

4.2.3 Data Available Time

Data ini merupakan data jam kerja dalam proses produksi di Pabrik gula PT Madubaru (PG-PS Madukismo) dengan waktu 24 jam. *Available time* didapatkan dari hasil perkalian antara jam kerja dengan hari kerja itu sendiri, tetapi pada hari kerja ada perbedaan jumlah hari. Berikut data *available time* mesin giling 2025:

Tabel 4. 3 Data Available Time

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Waktu Kerja	Available Time
Mei	31	1440	44.640
Juni	30	1440	43.200
Juli	31	1440	44.640
Agustus	31	1440	44.640
September	30	1440	43.200
Oktober	8	1440	11.520

4.2.4 Data Downtime

Data *Downtime* adalah jumlah waktu berhentinya mesin, untuk di data 2025 berhentinya mesin ini disebabkan oleh tiga akumulasi yaitu *corrective maintanance*, *set up & adjusment*, pasokan tebu. Berikut merupakan data *downtime* mesin giling 2025:

Tabel 4. 4 Data Downtime

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Available Time	Downtime (menit)
Mei	31	44.640	14.151

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Available Time	Downtime (menit)
Juni	30	43.200	8.870,40
Juli	31	44.640	912,6
Agustus	31	44.640	4.270,20
September	30	43.200	2.804,40
Oktober	8	11.520	2.329,80

4.2.5 Data Planed Downtime

Data *Planed Downtime* adalah waktu berhenti yang telah dijadwalkan, berikut merupakan data dari *planend downtime* mesin giling 2025:

Tabel 4. 5 Data Planed Downtime

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Available Time	Planed Time (menit)
Mei	31	44.640	893
Juni	30	43.200	864
Juli	31	44.640	670
Agustus	31	44.640	804
September	30	43.200	778
Oktober	8	11.520	346

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Availability Rate

Dalam perhitungan terhadap *avaibility* maka dibutuhkan data *loading time*. *Loading time* adalah data waktu bersih dalam melakukan proses produksi, berikut cara mencari *loading time* mesin giling:

$$\text{Loading Time} = \text{Available Time} - \text{Planed Downtime}$$

$$\begin{aligned}\text{Loading time (Mei)} &= 44.640 - 893 \\ &= 43.747\end{aligned}$$

Tabel 4. 6 Data *Loading time* 2025

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Waktu Kerja	Available Time	Planed Downtime	Loading time
Mei	31	1440	44.640	893	43.747
Juni	30	1440	43.200	864	42.336
Juli	31	1440	44.640	670	43.970
Agustus	31	1440	44.640	804	43.836
September	30	1440	43.200	778	42.422
Oktober	8	1440	11.520	346	11.174

Selanjutnya akan menghitung nilai dari *operation time* yang dibutuhkan dalam mencari nilai *availability*. Berikut ini merupakan rumus dari *operation time*:

$$\text{Operation Time} = \text{Loading Time} - \text{Downtime}$$

$$\begin{aligned}\text{Operation Time (Mei)} &= 43.747 - 14.151 \\ &= 29.596\end{aligned}$$

Tabel 4. 7 Data Operation Time 2025

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Loading time	Downtime	Operation Time
Mei	31	43.747	14.151	29.596
Juni	30	42.336	8.870,40	33.466
Juli	31	43.970	912,6	43.057
Agustus	31	43.836	4.270,20	39.566
September	30	42.422	2.804,40	39.618
Oktober	8	11.174	2.329,80	8.844

Pada Tahap Selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *Availability* dari mesin giling, berikut perhitungannya:

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Availability (Mei)} &= \frac{29.596}{43.747} \times 100 \\ &= 68\%\end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Data Availability Rate mesin giling 2025

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Loading time	Downtime	Operation Time	Availability
Mei	31	43.747	14.151	29.596	68%
Juni	30	42.336	8.870,40	33.466	79%
Juli	31	43.970	912,6	43.057	98%
Agustus	31	43.836	4.270,20	39.566	90%
September	30	42.422	2.804,40	39.618	93%
Oktober	8	11.174	2.329,80	8.844	79%

4.3.2 Performance

Dalam menghitung nilai *performance* dibutuhkan data ideal cycle time. Nilai Ideal cycle time (waktu siklus ideal) membutuhkan perhitungan dari data waktu siklus produksi dan presentasi waktu kerja, berikut ini merupakan cara untuk menghitung nilai waktu siklus:

$$\text{Cycle time} = \frac{\text{Loading Time}}{\text{Jumlah Produksi}}$$

$$\text{Cycle time (Mei)} = \frac{43.747}{68.521} = 0,6384$$

Tabel 4. 9 Data Cycle Time mesin giling 2025

Bulan	Loading time	Jumlah Produksi (Ton)	Cycle Time (Menit/Ton)
Mei	43.747	68.521,90	0,6384
Juni	42.336	73.093,60	0,5792

Bulan	Loading time	Jumlah Produksi (Ton)	Cycle Time (Menit/Ton)
Juli	43.970	102.500,70	0,4290
Agustus	43.836	85.173,40	0,5147
September	42.422	84.313,30	0,5031
Oktober	11.174	22.755,70	0,4910

Selanjutnya akan menghitung nilai presentasi waktu kerja yang memerlukan data delay, berikut cara mendapatkan data delay beserta nilai presentasi waktu kerja:

$$\text{Delay} = \text{Availability time} - \text{operation}$$

$$\begin{aligned}\text{Delay (mei)} &= 44.640 - 26.025 \\ &= 18.615\end{aligned}$$

$$\text{Presentasi waktu kerja} = 1 - \frac{\text{jumlah delay}}{\text{available time}}$$

$$\begin{aligned}\text{resentasi waktu kerja (mei)} &= 1 - \frac{15.044}{44.640} \\ &= 0,663\end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Data Perhitungan Presentasi Waktu

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Waktu Kerja	Available Time	Operation Time	Presentasi Waktu (menit)	Idle Cycle time
Mei	31	1440	44.640	29.596	0,663	0,423
Juni	30	1440	43.200	33.466	0,775	0,449
Juli	31	1440	44.640	43.057	0,965	0,414
Agustus	31	1440	44.640	39.566	0,886	0,456
September	30	1440	43.200	39.618	0,917	0,461
Oktober	8	1440	11.520	8.844	0,768	0,377

Setelah mendapatkan data presentasi waktu kerja dan cycle time, maka langkah selanjutnya adalah mencari waktu siklus ideal. Berikut cara untuk menghitung waktu siklus ideal:

$$\text{Idle cycle time} = \text{Cycle time} \times \text{Presentasi Waktu kerja}$$

$$\begin{aligned}\text{Idle cycle time} &= 0,6384 \times 0,663 \\ &= 0,423\end{aligned}$$

Tabel 4. 11 Data ideal cycle time

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Waktu Kerja	Available Time	Operation Time	Presentasi Waktu (menit)	Idle Cycle time
Mei	31	1440	44.640	29.596	0,663	0,423
Juni	30	1440	43.200	33.466	0,775	0,449
Juli	31	1440	44.640	43.057	0,965	0,414
Agustus	31	1440	44.640	39.566	0,886	0,456
September	30	1440	43.200	39.618	0,917	0,461
Oktober	8	1440	11.520	8.844	0,768	0,377

Jika telah mendapatkan nilai dari *idle cycle time*, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *performance*. Rumus untuk mencari nilai *performance* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Performance} &= \frac{\text{Jumlah Produksi} \times \text{idle cycle time}}{29.596} \times 100\% \\ \text{Performance (mei)} &= \frac{68.521,90 \times 0,372}{29.596} \times 100\% \\ &= 98\%\end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Data performnce

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Waktu Kerja	Available Time	Operation Time	Presentasi Waktu (menit)	Iddle Cycle Time	<i>performance</i>	<i>performance (%)</i>
Mei	31	1440	44.640	29.596	0,663	0,423	0,98	98%
Juni	30	1440	43.200	33.466	0,775	0,449	0,98	98%
Juli	31	1440	44.640	43.057	0,965	0,414	0,98	98%
Agustus	31	1440	44.640	39.566	0,886	0,456	0,98	98%
September	30	1440	43.200	39.618	0,917	0,461	0,98	98%
Oktober	8	1440	11.520	8.844	0,768	0,377	0,97	97%

4.3.3 Rate of Quality

Dalam menghitung *of quality* diperlukan data *processed amount* dan data jumlah *deffect amount*. Berikut merupakan cara untuk menghitung nilai *rate of quality*:

$$Quality = \frac{\text{Jumlah Produksi} - \text{Deffect Amount}}{\text{Jumlah Produksi}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 Quality (mei) &= \frac{68.521,90 - 184,72}{68.521,90} \times 100\% \\
 &= 99\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 13 Data Rate of *Quality*

Bulan	Proced ammount (Ton)	Deffect amount (Ton)	Quality	Quality (%)
Mei	68.521,90	184,72	0,997	99%
Juni	73.093,60	161,38	0,998	99%
Juli	102.500,70	139,64	0,999	99%
Agustus	85.173,40	127,95	0,998	99%
September	84.313,30	133,21	0,998	99%
Oktober	22.755,70	148,57	0,993	99%

4.3.4 Perhitungan *Overall equipment effectiveness (OEE)*

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* untuk menentukan apakah nilai OEE telah mencapai standar *World Class* atau belum tercapai. Berikut merupakan cara untuk mencari nilai OEE:

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

$$\text{OEE (Mei)} = 0,68 \times 0,98 \times 0,997$$

$$= 0,66 \times 100\%$$

$$= 66 \%$$

Tabel 4. 14 Data Perhitungan OEE

Bulan	Availability	Performance	Quality	OEE	OEE (%)
Mei	0,68	0,98	0,997	0,6644008	66%
Juni	0,79	0,98	0,998	0,7726516	77%
Juli	0,98	0,98	0,999	0,9594396	96%
Agustus	0,9	0,98	0,998	0,880236	88%
September	0,93	0,98	0,998	0,9095772	91%
Oktober	0,79	0,97	0,993	0,7609359	76%
Rata-Rata				0,824540183	82%

4.4 Six big losses

Hasil dari nilai OEE yang telah dihitung yaitu sebesar 82% artinya masih dibawah *standar world class* sebesar 85% yang berarti masih diperlukan analisa lebih lanjut terkait penyebab nilai OEE masih dibawah *standar world class* ini dengan memberikan strtaegi perawatan terhadap faktor yang menjadi penyebab nilai OEE tersebut dibawah standar

4.4.1 Equipment failure lossess

Dalam menghitung kerusakan mesin terjadi dibutuhkan data *breakdown* dan *loading time*. Berikut adalah cara mencari nilai *Equipment failure lossess*:

$$\begin{aligned}
 \text{Equipment failure losses (mei)} &= \frac{4.245}{43.747} \times 100\% \\
 &= 9,70 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 15 Data Perhitungan equipment failure losses

NO	Bulan	Breakdown (menit)	Loading time (menit)	Equipment Failure Losses (%)
1	Mei	4.245	43.747	9,70
2	Juni	2.661	42.336	6,29
3	Juli	364	43.970	0,83
4	Agustus	2.135	43.836	4,87
5	September	1.683	42.422	3,97
6	Oktober	1.398	11.174	12,51
Total		12.486	227.485	38,16

4.4.2 Set up and adjusment losses

Bagian ini adalah kegiatan yang disebabkan karena waktu yang terbuang untuk pemasangan komponen mesin. Pada tahap ini dibutuhkan data yaitu data *set up time* dan *loading time*, berikut merupakan cara untuk mencari *set up and adjusment losses*:

$$\begin{aligned}
 \text{set up and adjusment losses (mei)} &= \frac{5.670}{43.747} \times 100\% \\
 &= 12,96\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Data perhitungan set up and adjusment losses

NO	Bulan	Set Up Time (menit)	Loading time (menit)	Set Up and Adjustment Losses (%)
1	Mei	5.670	43.747	12,96
2	Juni	2.661	42.336	6,29
3	Juli	183	43.970	0,42
4	Agustus	854	43.836	1,95
5	September	561	42.422	1,32

NO	Bulan	Set Up Time (menit)	Loading time (menit)	Set Up and Adjustment Losses (%)
6	Oktober	466	11.174	4,17
Total		10.395	227.485	27,10

4.4.3 Idling and Minor Stoppage Losses

Kerugian yang disebabkan karena mesin sedang *idle time* sehingga waktu produktif tidak terpakai secara baik seperti mati listrik saklar pusat. Data yang diperlukan berupa data waktu tidak produktif mesin dan *loading time*, Berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 Iddling &= \frac{611,24}{43.747,00} \times 100\% \\
 &= 1,397 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 17 Iddling

No	Non-Productive Time	Loading time (Jam)	Idling %
1	611,24	43.747,00	1,397
2	646,97	42.336,00	1,528
3	621,71	43.970,00	1,414
4	726,93	43.836,00	1,658
5	749,57	42.422,00	1,767
6	265,10	11.174,00	2,372
Total	3.621,52	227.485,00	10,137

4.4.4 Reduced speed losses

Pada tahap ini adalah *losses* yang disebabkan oleh penurunan kinerja mesin yang tidak sesuai dengan kecepatan standar pada umumnya. Untuk menghitung *reduced speed losses* dibutuhkan data *operation time*, *idle cycle time*, data total produksi perbulan dan *loading time*. Berikut cara untuk menentukan *reduced speed losses*:

$$\text{reduced speed losses (mei)} = \frac{29.596,00 - (0,423 \times 68521,9)}{43747} \times 100\%$$

$$= 1,40\%$$

Tabel 4. 18 Data Perhitungan *Reduced speed losses*

No	Bulan	Operation Time (Jam)	Total Produksi (Ton)	Loading time (Jam)	Idle Cycle Time (Jam/Ton)	Reduced Speed Losses (%)
1	Mei	29.596,00	68.521,90	43.747,00	0,423	1,40%
2	Juni	33.466,00	73.093,60	42.336,00	0,449	1,53%
3	Juli	43.057,00	102.500,70	43.970,00	0,414	1,41%
4	Agustus	39.566,00	85.173,40	43.836,00	0,456	1,66%
5	September	39.618,00	84.313,30	42.422,00	0,461	1,77%
6	Oktober	8.844,00	22.755,70	11.174,00	0,377	2,37%
Total		194.147,00	436.358,60	227.485,00	0,430	10,14%

4.4.5 Quality Defect and Rework

Kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat sehingga mengakibatkan kerugian material serta mengurangi jumlah produksi, data yang diperlukan adalah *ideal cycle time*, data *defect*, *loading time*. Berikut adalah cara untuk menghitung nilai *quality defect and rework*:

$$\text{quality defect and rework (mei)} = \frac{0,423 \times 184,72}{43.747,00} \times 100\%$$

$$= 0,18\%$$

Tabel 4. 19 Data Perhitungan Defect and Rework

No	Bulan	Ideal Cycle Time (Jam/Ton)	Total Product Defect (Ton)	Loading time (Jam)	Defect and Rework Losses (%)
1	Mei	0,423	184,72	43.747,00	0,18%
2	Juni	0,449	161,38	42.336,00	0,17%
3	Juli	0,414	139,64	43.970,00	0,13%
4	Agustus	0,456	127,95	43.836,00	0,13%
5	September	0,461	133,21	42.422,00	0,14%
6	Oktober	0,377	148,57	11.174,00	0,50%
Total		2,580	895,47	227.485,00	1,26%

4.4.6 Reduced Yield Losses

Kerugian pada awal produksi (*reduced yield losses*) terjadi ketika mesin belum mencapai kondisi operasi yang stabil pada tahap awal produksi sehingga menghasilkan produk yang belum memenuhi standar kualitas (scrap). Perhitungan *reduced yield losses* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Scrap losses} = (\text{Ideal cycle time} \times \text{Scrap}) / \text{Loading time} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengecekan terhadap data historis produksi stasiun gilingan PT Madubaru selama musim giling 2025, tidak ditemukan pencatatan produk scrap yang terjadi secara khusus pada masa pemanasan awal mesin (*warm-up period*). Hal ini disebabkan oleh karakteristik proses produksi gula pada stasiun gilingan, di mana produk awal berupa nira langsung dialirkan ke proses selanjutnya tanpa dapat dipisahkan sebagai scrap tersendiri. Dengan demikian, nilai *Reduced Yield Losses* pada stasiun gilingan PT Madubaru selama musim giling 2025 adalah sebesar 0,00%, sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap total *time losses* dan tidak dimasukkan dalam perhitungan Diagram Pareto.

4.5 Diagram Pareto

Diagram pareto berfungsi sebagai mencari faktor utama yang menjadi permasalahan pada efektivitas di stasiun giling dengan menghitung *time losses* dari setiap faktor *six big losses*

yang telah dihitung. Berikut merupakan rekapitulasi *time losses* yang diurutkan dari tertinggi hingga terendah:

Tabel 4. 20 Data Rekap total time losses

No.	<i>Six big losses</i>	Total Time Losses (%)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	<i>Equipment failure lossess</i>	38,160%	43,96%	43,965%
2	Setup & Adjustment Losses	27,100%	31,22%	75,187%
3	<i>Reduced speed losses</i>	10,140%	11,68%	86,869%
4	Idling & Minor Stoppage Losses	10,137%	11,68%	98,548%
5	Quality Defect & Rework Losses	1,260%	1,45%	100%
TOTAL		86,797%	100%	100%

4.6 Analisis *Failure mode and effect analysis* (FMEA)

4.6.1 Identikasi Komponen Kritis Berdsarkan Hasil Diagram Pareto

Berdasarkan hasil perhitungan *Six big losses* dan Diagram Pareto yang telah diuraikan pada sub-bab sebelumnya, diperoleh dua jenis kerugian dominan pada stasiun gilingan PT Madubaru (PG-PS) Madukismo selama musim giling 2025, yaitu *Equipment failure lossess* sebesar 38,16% dan Setup & Adjustment Losses sebesar 27,10%. Kedua jenis kerugian tersebut secara kumulatif menyumbang 65,26% dari total keseluruhan time losses (86,797%), sehingga menjadi prioritas utama yang masuk dalam kategori Prioritas Utama berdasarkan prinsip Pareto 80/20. Sesuai dengan prinsip Diagram Pareto bahwa 80% permasalahan disebabkan oleh 20% faktor penyebab, analisis FMEA difokuskan pada komponen-komponen mesin di stasiun gilingan yang menjadi penyebab utama

terjadinya kedua losses dominan tersebut. *Equipment failure lossess* yang dominan mengindikasikan tingginya frekuensi kerusakan tak terencana pada komponen-komponen mesin, sedangkan *Setup & Adjustment Losses* menunjukkan besarnya waktu yang terbuang selama proses penyetelan dan persiapan mesin kembali beroperasi pasca-gangguan.

Komponen yang dianalisis dalam FMEA meliputi seluruh sistem pada stasiun gilingan beserta komponen pendukungnya, antara lain rol gilingan, pompa hidrolik, *hammer unigrator*, *cane cutter*, *cane carrier*, *cane table*, dan *crane unloading*. Pemilihan komponen tersebut didasarkan pada kontribusinya terhadap terjadinya *Equipment failure lossess* dan *Setup & Adjustment Losses* selama musim giling 2025, yang diperoleh dari data *downtime*, catatan perbaikan, serta hasil wawancara dengan teknisi dan mandor stasiun gilingan. Identifikasi komponen kritis berdasarkan kedua losses dominan ini menjadi landasan utama dalam perancangan strategi perawatan yang terencana, di mana komponen dengan kontribusi tertinggi terhadap *Equipment failure lossess* akan diprioritaskan dalam program overhaul off-season, sementara komponen yang berkaitan dengan *Setup & Adjustment Losses* menjadi fokus penyusunan jadwal *preventive maintenance* on-season guna meminimalkan waktu henti yang tidak produktif pada musim giling berikutnya

4.6.2 Identifikasi *Failure mode*, Efek dan Penyebab Kegagalan

Setelah komponen kritis teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan mode kegagalan (*failure mode*), efek kegagalan (*failure effect*), dan penyebab kegagalan (*failure cause*) untuk masing-masing komponen. Identifikasi ini dilakukan melalui observasi langsung di lapangan serta wawancara dengan mekanik senior dan kepala bagian teknik PG Madukismo. Terdapat tujuh mesin yang dianalisis sebagai berikut.

1. Analisis Mode Kegagalan *Crane unloading*

Crane unloading merupakan peralatan yang berfungsi untuk membongkar tebu dari alat angkut (truk atau lori) ke area proses selanjutnya, yaitu *cane table*. Mesin ini beroperasi dengan intensitas tinggi pada awal proses produksi karena bertanggung jawab untuk memindahkan tebu dalam jumlah besar secara kontinu. Kegagalan pada *crane unloading* dapat menyebabkan terhambatnya pasokan bahan baku ke stasiun

berikutnya, sehingga berpotensi menurunkan tingkat utilisasi mesin giling secara keseluruhan. Berdasarkan data kerusakan yang tercatat, mode kegagalan pada *crane unloading* dapat dirangkum dalam tabel berikut:



Gambar 4. 1 *Crane unloading*

Tabel 4. 21 Identifikasi FMEA *Crane unloading*

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	Laker Roda	Keausan pada laker roda	– Komponen sudah lama dipakai – Gesekan antar bagian mesin terjadi terus-menerus	– Kecepatan Crane menurun – Crane goyang dan tidak stabil saat mengangkat beban – Risiko kecelakaan kerja meningkat

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
			– Beban kerja terlalu berat selama musim giling	
2	Motor Listrik	Motor rusak/mati akibat overload	– Beban yang diangkat terlalu berat, melebihi kemampuan motor Penumpukan tebu terlalu banyak dalam satu kali angkat	– Motor mengalami panas berlebih (overheating) – Kerusakan lilitan kawat dalam motor – Peningkatan biaya perawatan dan penggantian – <i>Downtime</i> tidak terencana
3	<i>Coupling</i>	Kerusakan <i>coupling</i>	– Overload pada sistem transmisi – Getaran berlebih – Umur pakai komponen sudah tua	– Tenaga dari motor tidak tersalurkan dengan baik ke sistem mekanis – Crane tidak dapat beroperasi dengan baik – Patahnya komponen penghubung

2. Analisis Mode Kegagalan *Cane table*

Cane table berfungsi sebagai media pemindah dan penataan tebu sebelum masuk ke proses pemotongan di *cane cutter*. Mesin ini beroperasi dengan sistem *conveyor* yang menggunakan rantai sebagai komponen penggerak utama. Kinerja *cane table* sangat

penting untuk memastikan bahwa tebu dapat dipindahkan secara merata dan teratur menuju tahap pemotongan, sehingga proses selanjutnya dapat berjalan dengan efisien.



Gambar 4. 2 *Cane table*

Tabel 4. 22 Idenetifikasi FMEA *Cane table*

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	Rantai <i>Conveyor</i>	Rantai Putus	– Beban kerja melebihi kapasitas desain rantai – Keausan pada mata rantai akibat gesekan berulang – Kurangnya pelumas yang memadai	– Proses pemindahan tebu ke <i>cane cutter</i> terhenti mendadak – <i>Downtime</i> signifikan

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
				– Terganggunya pada proses produksi
2	Rantai <i>Conveyor</i>	Rantai lepas dari jalur	– Ketidaksejajaran antara roda gigi penggerak dengan rantai – Adanya benda asing tersangkut pada jalur rantai – Keausan pada roda gigi penggerak	– Mesin tidak dapat berfungsi – Terhambatnya aliran ke proses berikutnya – Penumpukan tebu di are <i>cane table</i> – Penurunan efisiensi proses keseluruhan

3. Analisis Mode Kegagalan *Cane cutter*

Cane cutter merupakan mesin pemotong tebu yang bekerja pada tahap awal proses pengolahan. Fungsi utama mesin ini adalah memotong batang tebu menjadi potongan-potongan yang lebih kecil agar lebih mudah diproses pada tahap penggilingan berikutnya. Kinerja *cane cutter* sangat menentukan tingkat efisiensi proses penggilingan karena tebu yang terpotong dengan baik akan lebih mudah diekstraksi niranya.

Gambar 4. 3 *Cane cutter*Tabel 4. 23 Identifikasi FMEA *Cane cutter*

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	Pisau Pemotongan	Pisau putus	– Usia pemakain sudah lama – Mesin sering dipakai tanpa jeda yang cukup – Benda keras (batu /logam) terbawa bersama tebu – Getaran tinggi selama operasi	– Proses pemotongan tebu terhenti – Penurunan kualitas potongan tebu – <i>Downtime</i> tidak terencana – Biaya penggantian komponen meningkat
2	Baut pengikat	Baut patah	– Getaran tinggi selama proses pemotongan	– Pisau dapat bergeer atau terlepas

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
			Material baut melemah karena sudah terlalu lama dipakai	- Bahaya keselamatan operasional - Ketidakstabilan posisi pisau pada housing

4. Analisis Mode Kegagalan Cane Carrier

Cane carrier berfungsi untuk mengangkut tebu dari satu proses ke proses berikutnya dalam rangkaian stasiun gilingan. Mesin ini beroperasi dengan sistem *conveyor* yang dilengkapi dengan komponen pengunci untuk menjaga kestabilan material selama proses pemindahan.



Gambar 4. 4 Cane Carrier

Tabel 4. 24 Identifikasi FMEA Cane Carrier

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	Split Pin	Split pin terlepas	– Getaran tinggi selama operasi – Kurangnya pengencangan saat pemasangan – Keausan pada lubang tempat	– Komponen yang seharusnya terkunci dapat bergeser atau lepas – Gangguan kestabilan proses

			split pin terpasang	pemindahan material
			– Split pin tidak dapat mengunci dengan baik	– Proses pemindahan tebu terhenti
			– Kelelahan material	– Peningkatan risiko kecelakaan kerja
				– Kerusakan komponen lain yang terhubung

5. Analisis Mode Kegagalan *Hammer unigrator*

Hammer unigrator merupakan mesin yang digunakan untuk menghancurkan dan melumatkan tebu sebelum masuk ke proses penggilingan utama. Fungsi mesin ini adalah untuk memecah serat tebu agar lebih mudah diekstraksi niranya pada tahap penggilingan berikutnya. Mesin ini bekerja dengan kecepatan tinggi dan menghasilkan impact force yang besar untuk menghancurkan batang tebu.

Gambar 4. 5 *Hammer unigrator*

Tabel 4. 25 Identifikasi FMEA Hamer Unigrator

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	Stang Hammer	Stang putus	– Beban kerja yang berat – Getaran tinggi akibat ketidakseimbangan rotor – Kelelahan material akibat penggunaan jangka panjang	– Hammer tidak dapat berfungsi dengan baik – Penurunan kapasitas penghancuran tebu – Potensi kerusakan komponen lain – Hammer terlepas dan berbahaya

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
2	Hammer	Hammer pecah	– Material hammer sudah aus – Benda keras ikut terbawa dalam tebu – Getaran berlebih menyebabkan retakan material – Beban impact tinggi melebihi kapasitas	– Proses penghancuran tebu tidak efektif – Serpihan hammer dapat merusak komponen lain – <i>Downtime</i> untuk penggantian – Peningkatan biaya perawatan
3	Baut Pengikat	Baut patah	– Getaran tinggi selama operasi – Beban dinamis melebihi kapasitas – Kelelahan material	– Hammer dapat terlepas dari rotor – Kerusakan lebih parah pada mesin – Bahaya keselamatan operasional
4	Ujung Cutter	Ujung cutter patah	– Beban kerja yang terlalu berat – Ada benda keras yang ikut masuk bersama tebu – Material aus karena gesekan yang terus-	– Penurunan kualitas hasil penghancuran tebu – Efisiensi ekstraksi nira menurun pada tahap berikutnya

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
			menerus	– Peningkatan kandungan nira di ampas – Perlu penggantian komponen

6. Analisis Mode Kegagalan Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik berfungsi sebagai penunjang sistem hidrolik pada beberapa mesin di stasiun gilingan, khususnya untuk menjaga tekanan konstan pada rol gilingan agar proses ekstraksi nira dapat berlangsung secara optimal. Sistem hidrolik bekerja dengan mengalirkan fluida bertekanan tinggi untuk menggerakkan komponen mekanis tertentu, sehingga keandalan pompa hidrolik sangat penting untuk menjaga kestabilan proses produksi



Gambar 4. 6 Pompa Hidrolik

Tabel 4. 26 Identifikasi FMEA Pompa Hidrolik

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	Seal/Karet Seal	Kebocoran fluida hidrolik	– Usia pemakaian yang sudah lama – Material seal menjadi keras dan retak – Tekanan kerja melebihi kapasitas desain seal – Keausan permukaan seal	– Penurunan tekanan sistem hidrolik – Tekanan pada rol gilingan tidak stabil – Proses pemerasan tebu tidak sempurna – Kandungan nira tinggi di ampas tebu – Pencemaran area kerja – Risiko kecelakaan kerja (lantai licin)

7. Analisis Mode Kegagalan Mesin Gilingan I hingga V

Mesin gilingan I hingga V merupakan mesin utama dalam proses ekstraksi nira tebu di stasiun gilingan. Setiap unit gilingan terdiri dari beberapa rol yang berputar dengan tekanan tinggi untuk memeras nira dari batang tebu yang telah dipotong dan dihancurkan sebelumnya. Kinerja mesin gilingan sangat menentukan tingkat efisiensi ekstraksi nira dan kualitas ampas tebu yang dihasilkan.



Gambar 4. 7 Mesin Gilingan I hingga V

Tabel 4. 27 Identifikasi FMEA Meisn Gilinan I-V

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
1	<i>Coupling</i> Turbin	Kerusakan coupling	– Beban kerja yang terlalu berat – Turbin dan sistem transmisi tidak sejajar sehingga menimbulkan getaran berlebih - Kelelahan material akibat penggunaan jangka panjang	– Transfer daya dari turbin ke gilingan tidak efisien – Transfer daya terputus – Mesin tidak dapat beroperasi dengan baik – <i>Downtime</i> tidak terencana – Penurunan <i>Availability</i> mesin
2	Baut Suri-Suri	Baut putus	– Beban yang diterima baut melebihi batas kemampuannya – Getaran tinggi selama operasi – Ada benda keras yang mengenai baut secara tiba-tiba – Kelelahan material – Kurangnya inspeksi berkala	– Mesin harus dihentikan mendadak untuk keamanan – <i>Downtime</i> signifikan – Penurunan tingkat <i>Availability</i> mesin – Ketidakstabilan komponen mesin – Risiko kerusakan komponen lain

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak
3	Rol Gilingan	Diameter rol menipis	– Gesekan antara rol dengan tebu – Tekanan tinggi selama proses penggilingan – Pemakaian terus-menerus selama musim giling – Keausan material akibat abrasi	– Berkurangnya kapasitas jepit – Penurunan daya tekan mesin terhadap tebu – Volume tebu yang diproses per putaran berkurang – Efisiensi ekstraksi nira menurun – Penurunan <i>performance</i> ratio mesin – Peningkatan kadar nira di ampas tebu – Losses produksi meningkat

4.6.3 Rekapitulasi & Perankingan RPN

Berdasarkan analisis mode kegagalan yang telah dilakukan terhadap seluruh mesin di stasiun gilingan PT Madubaru (PG--PS) Madukismo, dapat diidentifikasi beberapa pola umum yang menjadi akar permasalahan penurunan efektivitas mesin giling. Untuk memudahkan pemahaman pola kegagalan secara menyeluruh, berikut disajikan tabel rekapitulasi mode kegagalan dengan menentukan nilai RPN:

Tabel 4. 28 Keterangan Nilai RPN

RPN $\geq$ 200	KRITIS	Prioritas Tertinggi – tindakan perbaikan segera diperlukan
120–199	TINGGI	Prioritas Tinggi – perlu tindakan <i>preventive maintenance</i> terencana
60–119	SEDANG	Prioritas Sedang – perlu monitoring berkala
< 60	RENDAH	Dapat ditolerir – tetap perlu inspeksi rutin

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Nilai RPN

No	Komponen	Mode Kegagalan	Severity(S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN
Crane unloading						
1	Laker Roda	Keausan pada laker roda	4	4	3	48
2	Motor Listrik	Motor rusak/mati akibat overload	6	3	4	72
3	Coupling	Kerusakan coupling	5	3	4	60
Cane table						
1	Rantai Conveyor	Rantai putus	6	4	3	72

No	Komponen	Mode Kegagalan	Severity(S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN
Pompa Hidrolik						
1	Seal / Karet Seal	Kebocoran fluida hidrolik	7	5	4	140
Mesin Gilingan I – V						
1	CouplingTurbin	Kerusakan coupling	8	6	6	288
2	Baut Suri-Suri	Baut putus	8	6	5	240
3	Rol Gilingan	Diameter rol menipis (keausan)	7	5	7	245

4.6.4 Analisis Komponen Kritis

Berdasarkan hasil perankingan nilai RPN pada Tabel 4.29, komponen-komponen pada Mesin Gilingan I–V menempati tiga peringkat teratas dengan seluruhnya masuk dalam kategori Kritis ($RPN \geq 200$). Ketiga komponen tersebut adalah *CouplingTurbin* ($RPN = 288$), *Rol Gilingan* ($RPN = 245$), dan *Baut Suri-Suri* ($RPN = 240$). *CouplingTurbin* mencatat nilai RPN tertinggi sebesar 288 yang diperoleh dari perkalian *Severity* 8, *Occurrence* 6, dan *Detection* 6. Nilai *Severity* 8 mencerminkan bahwa kerusakan *coupling* turbin berdampak sangat serius karena transfer daya dari turbin ke sistem gilingan terputus sepenuhnya, sehingga mesin tidak dapat beroperasi sama sekali. Nilai *Occurrence* 6 menunjukkan bahwa kegagalan ini terjadi dengan frekuensi yang cukup tinggi sepanjang musim giling, dipicu oleh beban kerja berlebih, ketidaksejajaran antara

turbin dan sistem transmisi, serta kelelahan material akibat penggunaan jangka panjang. Nilai *Detection* 6 mengindikasikan bahwa kerusakan ini relatif sulit dideteksi secara dini sebelum kegagalan total terjadi, sehingga sering berujung pada *downtime* tak terencana yang berkontribusi langsung terhadap *Equipment failure losses* sebesar 38,16%.

Rol Gilingan menempati peringkat kedua dengan RPN = 245, diperoleh dari *Severity* 7, *Occurrence* 5, dan *Detection* 7. Nilai *Detection* 7 merupakan yang tertinggi di antara ketiga komponen kritis, yang berarti keausan diameter rol sangat sulit dideteksi secara visual tanpa pengukuran teknis khusus. Kondisi ini berbahaya karena penipisan diameter rol berlangsung secara gradual dan tidak menimbulkan tanda-tanda kerusakan yang jelas, namun secara perlahan menurunkan daya tekan terhadap tebu sehingga efisiensi ekstraksi nira terus menurun sepanjang musim giling. Dampaknya langsung terrefleksikan pada penurunan nilai *Performance Rate* mesin dan peningkatan kadar nira di ampas tebu. Baut Suri-Suri berada di peringkat ketiga dengan RPN = 240, diperoleh dari *Severity* 8, *Occurrence* 6, dan *Detection* 5. Meskipun nilai *Detection*-nya sedikit lebih baik dibanding *Coupling* Turbin, nilai *Severity* 8 menunjukkan bahwa putusnya baut suri-suri memaksa mesin dihentikan secara mendadak demi alasan keselamatan, yang mengakibatkan *downtime* signifikan dan berpotensi menyebabkan kerusakan berantai pada komponen lain yang terhubung.

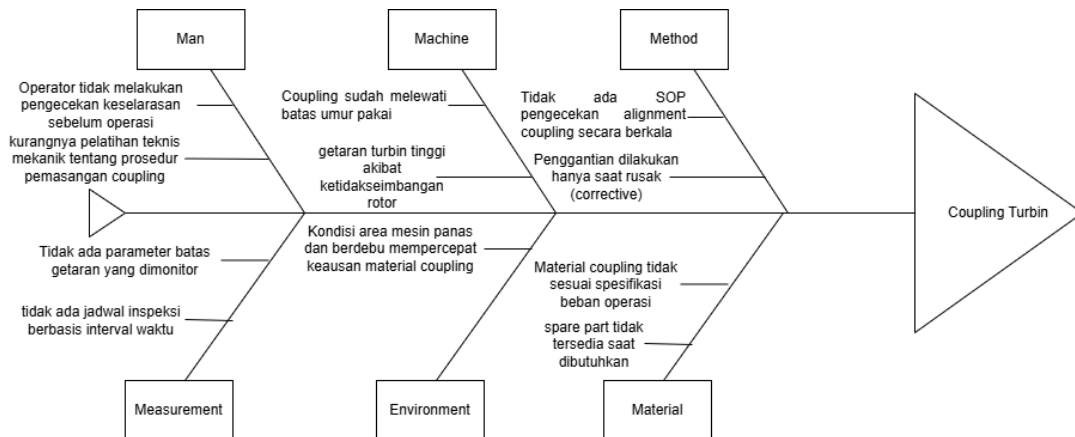
Ketiga komponen ini secara bersama-sama menjadi penyebab utama tingginya *Equipment failure losses* yang mendominasi total time losses stasiun gilingan sebesar 38,16% dari total *loading time*, atau berkontribusi 43,96% terhadap keseluruhan time losses. Oleh karena itu, ketiga komponen tersebut ditetapkan sebagai prioritas utama dalam program overhaul off-season, dengan penekanan pada penggantian *coupling* turbin dan baut suri-suri secara terjadwal, serta pengukuran diameter rol gilingan secara berkala untuk mendeteksi keausan sebelum batas toleransi terlampaui. Penetapan prioritas ini selaras dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, yaitu merancang usulan strategi perawatan terencana stasiun gilingan yang mencakup overhaul berbasis prioritas komponen kritis untuk periode off-season serta jadwal *preventive maintenance* terstruktur untuk periode musim giling, guna mendorong peningkatan nilai OEE stasiun gilingan menuju standar world class sebesar $\geq 85\%$.

4.7 Fishbone Diagram

Berdasarkan hasil analisis FMEA, diperoleh tiga komponen dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, yaitu Coupling Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri, sehingga ketiga komponen tersebut ditetapkan sebagai prioritas dalam analisis lanjutan. Selanjutnya, dilakukan analisis menggunakan Fishbone Diagram untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) dari setiap mode kegagalan yang telah diprioritaskan. Dalam penelitian ini, FMEA berfungsi untuk menentukan prioritas komponen kritis berdasarkan nilai RPN, sedangkan Fishbone Diagram digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama yang mendasari terjadinya kegagalan pada komponen tersebut. Dengan demikian, kedua metode memiliki fungsi yang berbeda namun saling melengkapi dalam penyusunan usulan strategi perawatan yang lebih tepat sasaran. Berdasarkan hasil perankingan nilai RPN pada sub-bab sebelumnya, tiga komponen pada Mesin Gilingan I–V ditetapkan sebagai komponen kritis utama, yaitu *Coupling* Turbin (RPN = 288), Rol Gilingan (RPN = 245), dan Baut Suri-Suri (RPN = 240). Untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan dari ketiga komponen tersebut secara lebih mendalam, dilakukan analisis menggunakan *Fishbone* Diagram atau Cause and Effect Diagram. Analisis ini mengkaji penyebab kegagalan dari enam dimensi, yaitu *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, *Measurement*, dan *Environment*.

4.7.1 Fishbone Diagram Coupling Turbin

Berikut merupakan gambar *Fishbone* dari *Coupling* turbin yang ditunjukkan pada Gambar 4. 8.



Gambar 4. 9 FisbhnocouplingTurbin

Berdasarkan *Fishbone* akar penyebab kegagalan *Coupling* Turbin dapat diidentifikasi dari enam elemen sebagai berikut.

Pada elemen *Man*, ditemukan dua penyebab utama. Pertama, operator tidak melakukan pengecekan posisi dan keselarasan *coupling* sebelum mesin dioperasikan, sehingga apabila terjadi pergeseran atau ketidaktepatan posisi *coupling*, kondisi tersebut tidak diketahui sejak awal dan baru disadari setelah kerusakan terjadi. Kedua, mekanik belum mendapatkan pelatihan teknis yang cukup mengenai cara pemasangan *coupling* yang benar, sehingga proses pemasangan sering kali tidak sesuai prosedur dan berpotensi memperpendek umur pakai komponen.

Pada elemen *Machine*, terdapat dua faktor penyebab. Pertama, *coupling* yang digunakan sudah melampaui batas umur pakainya sehingga kemampuannya dalam menahan beban transmisi daya semakin menurun. Kedua, getaran yang ditimbulkan oleh turbin cukup tinggi akibat putaran rotor yang tidak seimbang, kondisi ini memberikan tekanan berlebih pada *coupling* secara terus-menerus dan mempercepat kerusakannya.

Pada elemen *Method*, ditemukan dua kelemahan prosedural. Pertama, tidak ada prosedur tertulis yang mengatur pengecekan posisi dan keselarasan *coupling* secara berkala, sehingga kondisi komponen tidak pernah diperiksa secara terjadwal dan sistematis. Kedua, selama ini penggantian *coupling* hanya dilakukan ketika komponen

sudah benar-benar rusak, tanpa ada jadwal penggantian yang direncanakan sebelumnya berdasarkan waktu pemakaian atau kondisi komponen.

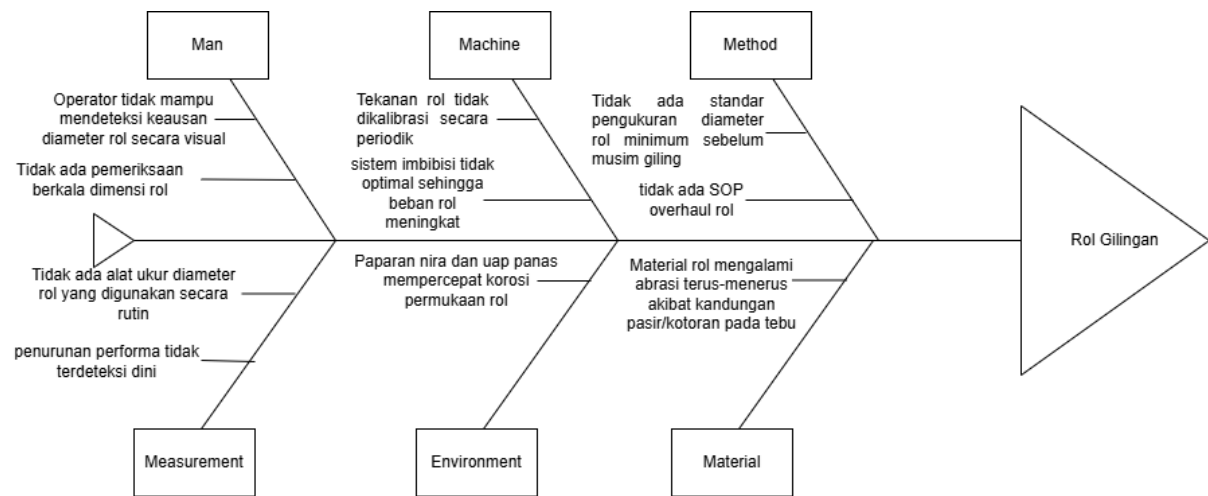
Pada elemen *Material*, terdapat dua permasalahan. Pertama, material *coupling* yang digunakan tidak sesuai dengan kebutuhan beban operasi mesin gilingan yang sesungguhnya, sehingga komponen lebih cepat aus dan rusak sebelum waktunya. Kedua, suku cadang *coupling* tidak selalu tersedia di gudang ketika dibutuhkan, akibatnya waktu perbaikan menjadi lebih lama dari seharusnya dan mesin terpaksa berhenti lebih lama.

Pada elemen *Measurement*, ditemukan dua kekurangan. Pertama, tidak ada batasan nilai getaran yang ditetapkan dan dipantau secara rutin, padahal peningkatan getaran merupakan tanda awal bahwa *coupling* mulai bermasalah. Kedua, tidak ada jadwal pemeriksaan berkala yang terdokumentasi, sehingga kondisi *coupling* hanya diketahui setelah terjadi kerusakan dan mesin sudah berhenti.

Pada elemen *Environment*, kondisi area kerja di sekitar mesin yang panas dan penuh debu terbukti mempercepat keausan material *coupling*. Paparan suhu tinggi dan partikel debu secara terus-menerus selama musim giling membuat kondisi material *coupling* memburuk lebih cepat dibandingkan kondisi lingkungan yang normal.

4.7.2 Fishbone Diagram Rol Gilingan

Berikut merupakan gambar *Fishbone* dari Rol Gilingan yang ditunjukkan pada Gambar 4. 10.



Gambar 4. 11 *Fishbone* Rol Gilingan

Berdasarkan *Fishbone* diagram pada akar penyebab kegagalan Rol Gilingan dapat diidentifikasi dari enam elemen sebagai berikut.

Pada elemen *Man*, terdapat dua penyebab utama. Pertama, operator tidak mampu mendeteksi pengurangan diameter rol hanya dengan melihat secara kasat mata, karena proses pengausan terjadi sangat perlahan dan tidak menunjukkan perubahan yang langsung terlihat. Kedua, tidak ada kegiatan pemeriksaan dimensi rol yang dilakukan secara terjadwal, sehingga penurunan kapasitas pemerasan nira baru diketahui ketika hasil produksi sudah mulai turun secara nyata.

Pada elemen *Machine*, dua faktor berkontribusi terhadap kegagalan ini. Pertama, tekanan yang diberikan oleh rol tidak pernah dikalibrasi ulang secara berkala, sehingga distribusi tekanan antar rol tidak merata dan mempercepat keausan pada bagian tertentu. Kedua, sistem imbibisi yang bekerja kurang optimal membuat tebu yang masuk ke gilingan dalam kondisi kurang basah, sehingga rol harus bekerja lebih keras dari seharusnya dan lebih cepat aus.

Pada elemen *Method*, ditemukan dua kelemahan. Pertama, tidak ada ketentuan batas minimum diameter rol yang harus dipenuhi sebelum musim giling dimulai, sehingga rol yang kondisinya sudah menurun tetap dipakai karena tidak ada acuan yang jelas untuk menilai apakah masih layak digunakan. Kedua, tidak tersedianya prosedur

overhaul rol yang tertulis dan terstandar menyebabkan kegiatan perawatan dilakukan secara berbeda-beda tanpa panduan yang konsisten.

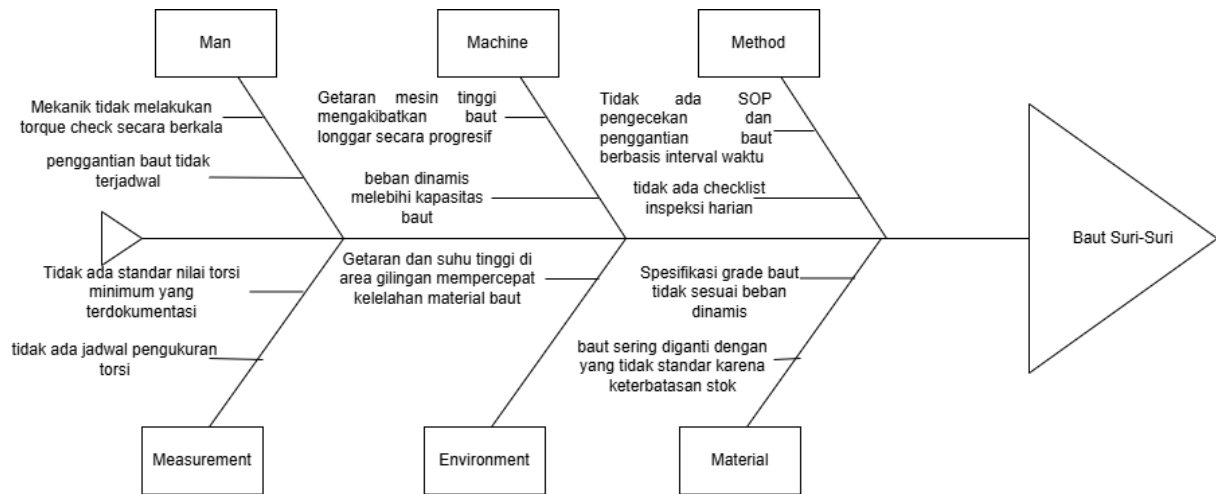
Pada elemen *Material*, material rol mengalami pengikisan secara terus-menerus akibat pasir dan kotoran yang ikut terbawa bersama tebu yang digiling. Semakin banyak kandungan kotoran pada tebu, semakin cepat permukaan rol terkikis dan semakin pendek umur pakainya.

Pada elemen *Measurement*, terdapat dua kekurangan yang cukup mendasar. Pertama, tidak tersedianya alat ukur diameter rol yang digunakan secara rutin menjadi hambatan terbesar dalam mendeteksi keausan sejak dini. Kedua, penurunan kemampuan kerja rol tidak dapat diketahui lebih awal karena tidak ada sistem pemantauan yang menghubungkan kondisi fisik rol dengan hasil produksi secara langsung.

Pada elemen *Environment*, permukaan rol terus-menerus terpapar nira dan uap panas selama proses penggilingan berlangsung. Kondisi lingkungan yang lembab dan panas ini mempercepat terjadinya korosi pada permukaan rol, sehingga keausan terjadi tidak hanya akibat gesekan mekanis tetapi juga akibat reaksi kimiawi dari paparan nira tersebut.

4.7.3 Fishbone Diagram Baut Suri-Suri

Berikut merupakan gambar *Fishbone* dari Baut Suri-Suri yang ditunjukkan pada Gambar 4. 10.



Gambar 4. 12 Fisbone Baut Suri-Suri

Pada elemen *Man*, dua penyebab utama teridentifikasi. Pertama, mekanik tidak melakukan pemeriksaan kekencangan baut secara berkala menggunakan alat ukur torsi, sehingga baut yang mulai longgar akibat getaran mesin tidak diketahui sampai akhirnya putus. Kedua, penggantian baut tidak dilakukan berdasarkan jadwal yang telah direncanakan, melainkan hanya dilakukan setelah baut sudah benar-benar putus dan mesin terpaksa berhenti.

Pada elemen *Machine*, terdapat dua faktor penyebab. Pertama, getaran mesin yang cukup tinggi selama proses penggilingan berlangsung secara perlahan membuat baut menjadi longgar dengan sendirinya. Kedua, beban yang diterima baut selama operasi ternyata melebihi kapasitas yang dirancang, sehingga baut lebih cepat mengalami kelelahan material dan rentan putus.

Pada elemen *Method*, dua kelemahan prosedural ditemukan. Pertama, tidak ada prosedur tertulis yang mengatur kapan baut harus diperiksa dan diganti berdasarkan jangka waktu atau jumlah jam operasi tertentu. Kedua, tidak tersedianya daftar periksa harian untuk komponen baut menjadikan kondisi baut sama sekali tidak terpantau selama mesin beroperasi.

Pada elemen *Material*, terdapat dua permasalahan. Pertama, kelas dan spesifikasi baut yang digunakan tidak sesuai dengan besarnya beban dinamis yang harus ditanggung selama proses penggilingan. Kedua, karena keterbatasan stok di gudang, baut pengganti

yang dipasang sering kali bukan baut dengan spesifikasi yang tepat, sehingga keandalan komponen semakin berkurang.

Pada elemen *Measurement*, dua kekurangan teridentifikasi. Pertama, tidak ada nilai torsi minimum yang ditetapkan dan didokumentasikan sebagai acuan dalam memeriksa kekencangan baut. Kedua, tidak ada jadwal pengukuran torsi yang dilakukan secara rutin, sehingga tidak ada cara untuk mengetahui apakah kekencangan baut masih berada dalam batas yang aman sebelum terjadi kerusakan.

Pada elemen *Environment*, kombinasi antara getaran tinggi dan suhu panas di area gilingan secara bersamaan mempercepat proses kelelahan material pada baut. Kondisi operasional yang ekstrem ini membuat baut jauh lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan jika digunakan pada kondisi lingkungan yang normal.

4.7.4 Penentuan Akar Masalah Dengan 5 Whys

a. *Coupling* Turbin

Tabel 4. 30 5 whys *Coupling* Turbin

Why ke-	Pertanyaan	Jawaban
1	Mengapa <i>coupling</i> turbin rusak?	Karena terjadi getaran berlebih dan overload pada sistem transmisi
2	Mengapa getaran berlebih tidak ditangani lebih awal?	Karena tidak ada pemantauan kondisi getaran yang dilakukan secara rutin
3	Mengapa pemantauan tidak dilakukan rutin?	Karena tidak ada parameter batas getaran yang ditetapkan sebagai acuan
4	Mengapa parameter tidak ditetapkan?	Karena tidak ada prosedur perawatan tertulis yang mengatur hal tersebut
5	Mengapa tidak ada prosedur tertulis?	Akar masalah: tidak tersedia SOP/prosedur perawatan tertulis yang mengatur pengecekan posisi, keselarasan, dan jadwal penggantian <i>coupling</i> secara berkala (Method), serta tidak ada jadwal pemeriksaan berkala yang terdokumentasi sebagai sistem deteksi dini kerusakan (Measurement)

b. Rol Gilingan

Tabel 4. 31 5 whys Rol Gilingan

Why ke-	Pertanyaan	Jawaban
1	Mengapa diameter rol menipis tidak terdeteksi?	Karena keausan terjadi perlahan dan tidak terlihat secara kasat mata
2	Mengapa tidak ada alat deteksi keausan?	Karena tidak dilakukan pengukuran diameter rol secara berkala
3	Mengapa pengukuran tidak dilakukan berkala?	Karena tidak ada jadwal inspeksi dimensi rol yang terdokumentasi
4	Mengapa tidak ada jadwal inspeksi?	Karena tidak ada batas minimum diameter yang ditetapkan sebagai standar
5	Mengapa standar tidak ditetapkan?	Akar masalah: tidak tersedia prosedur <i>overhaul</i> rol yang tertulis dan terstandar sehingga kegiatan perawatan dilakukan berbeda-beda tanpa panduan yang konsisten (Method), serta tidak ada sistem pemantauan yang menghubungkan kondisi fisik rol dengan parameter produksi secara terdokumentasi (Measurement)

c. Baut Suri-Suri

Tabel 4. 32 5 whys Baut Suri-Suri

Why ke-	Pertanyaan	Jawaban
1	Mengapa baut suri-suri putus?	Karena baut mengalami kelelahan material akibat getaran tinggi
2	Mengapa kelelahan material tidak terdeteksi lebih awal?	Karena kekencangan baut tidak pernah diperiksa secara terjadwal
3	Mengapa tidak diperiksa terjadwal?	Karena tidak ada checklist harian atau jadwal inspeksi baut
4	Mengapa tidak ada checklist?	Karena tidak ada nilai torsi minimum yang ditetapkan sebagai acuan inspeksi
5	Mengapa nilai torsi tidak ditetapkan?	Akar masalah: tidak tersedia prosedur tertulis yang mengatur kapan baut harus diperiksa dan diganti berdasarkan jam operasi atau jangka waktu tertentu (Method), serta tidak ada jadwal pengukuran torsi rutin yang terdokumentasi sehingga kondisi baut tidak pernah diketahui sebelum terjadi kerusakan (Measurement)

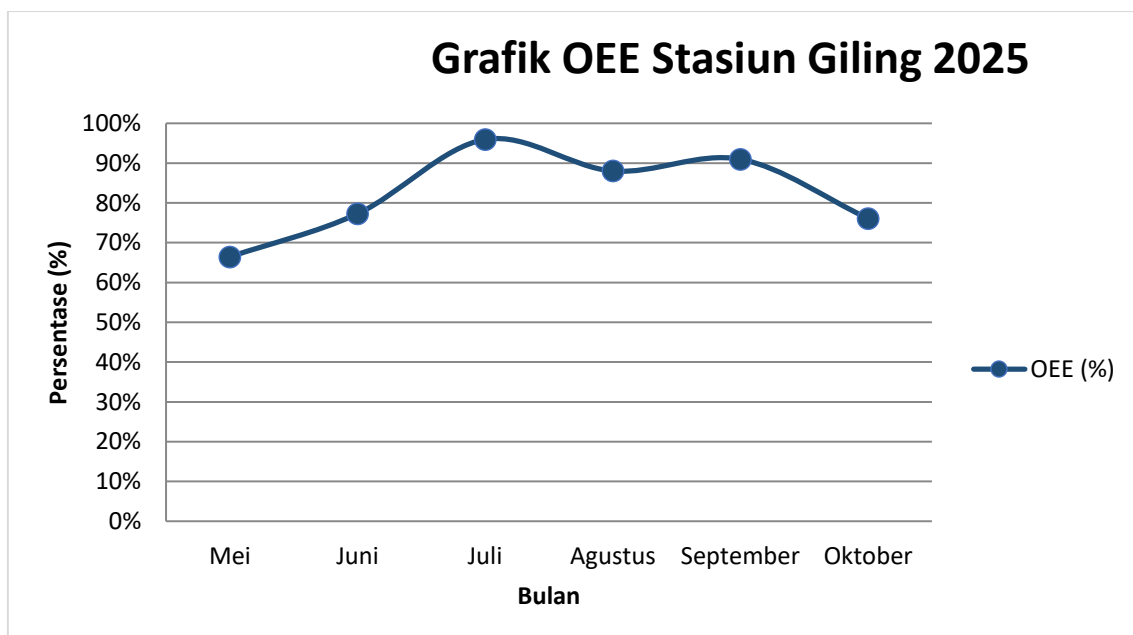
Analisis 5 Whys dilakukan melalui sesi wawancara dengan narasumber N-01 hingga N-05 (Kepala Mandor, Staf Mandor, dan Teknisi Stasiun Gilingan). Dari setiap pertanyaan 'mengapa' yang diajukan, jawaban narasumber dijadikan dasar pertanyaan berikutnya hingga ditemukan akar yang paling mendasar. Ketiga jalur analisis 5 Whys dari komponen kritis yang berbeda secara konsisten bermuara pada dua akar masalah yang sama. Pertama, lemahnya elemen Method yang tercermin dari tidak tersedianya prosedur perawatan tertulis pada ketiga komponen kritis: tidak ada SOP pengecekan alignment dan jadwal penggantian coupling turbin, tidak ada SOP overhaul dan standar batas minimum diameter rol gilingan, serta tidak ada SOP pengecekan dan penggantian baut berbasis interval waktu maupun checklist inspeksi harian untuk baut suri-suri. Atas dasar kelemahan ini, solusi yang diusulkan adalah penyusunan SOP/prosedur perawatan tertulis yang mengatur secara baku langkah pengecekan, parameter kelayakan, dan mekanisme penggantian untuk masing-masing komponen kritis. Kedua, lemahnya elemen Measurement yang tercermin dari tidak adanya parameter kondisi yang ditetapkan dan dipantau secara rutin: tidak ada batas nilai getaran yang dimonitor pada coupling turbin, tidak ada alat ukur diameter rol yang digunakan secara rutin pada rol gilingan, serta tidak ada standar nilai torsi minimum yang terdokumentasi maupun jadwal pengukuran torsi pada baut suri-suri. Atas dasar kelemahan ini, solusi yang diusulkan adalah penyusunan jadwal perawatan terstruktur yang memuat interval inspeksi, parameter kondisi komponen yang harus diukur, dan frekuensi pemantauan yang terdokumentasi untuk setiap komponen kritis. Kedua akar masalah ini saling memperkuat: tanpa Method berupa SOP yang baku, tidak ada panduan untuk melaksanakan pengukuran secara terjadwal; dan tanpa Measurement berupa jadwal perawatan yang terstruktur, tidak ada data kondisi komponen yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan perawatan secara proaktif. Konsistensi temuan inilah yang menjadikan kedua elemen tersebut ditetapkan sebagai akar masalah paling mendasar dan menjadi landasan utama penyusunan usulan strategi perawatan.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis OEE, *Six big losses*, FMEA, Komponen Kritis, dan Identifikasi Akar Masalah

Menurut Nakajima (1988), *Overall equipment effectiveness* (OEE) adalah metode untuk mengukur efektivitas mesin dengan memasukkan beberapa metrik pengukuran seperti *Availability*, *performance*, dan *quality*. Berdasarkan hasil perhitungan OEE yang telah dilakukan pada Bab 4, nilai OEE rata-rata stasiun gilingan PT Madubaru (PG-PS) Madukismo selama musim giling 2025 adalah sebesar 82,45%. Nilai ini masih berada di bawah standar *world class* sebesar 85% yang ditetapkan oleh Nakajima (1988), sehingga mengindikasikan bahwa stasiun gilingan masih memiliki ruang perbaikan yang signifikan untuk meningkatkan efektivitas mesinnya.

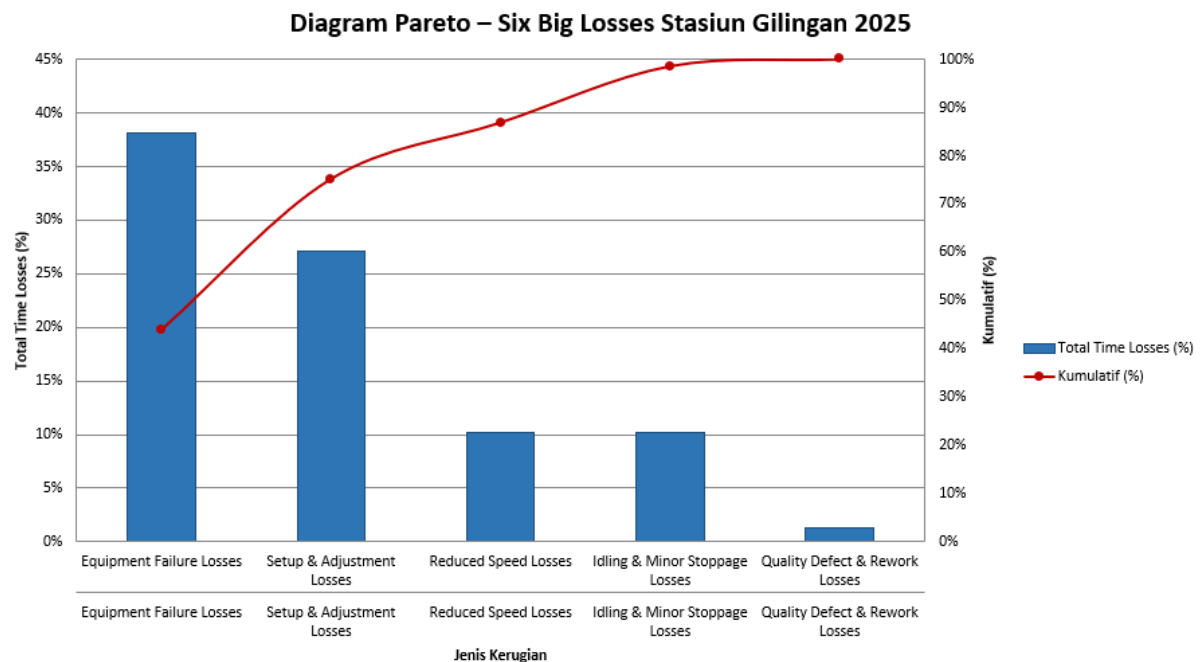


Gambar 5. 1 Grafik OEE

Berdasarkan grafik OEE, terdapat pola fluktuasi nilai OEE yang konsisten dengan karakteristik *Bathtub Curve* sepanjang musim giling. Nilai OEE terendah terjadi pada

bulan Mei sebesar 66,44%, yang disebabkan oleh akumulasi tiga faktor secara bersamaan, yaitu tingginya *downtime* akibat kerusakan mesin di awal musim giling, kegiatan penyetelan dan pengecekan intensif, serta pasokan bahan baku tebu yang belum merata dari petani. Nilai OEE kemudian meningkat secara bertahap pada bulan Juni sebesar 77,27%, sebelum mencapai puncaknya pada bulan Juli sebesar 95,94% yang merupakan satu-satunya bulan di mana nilai OEE melampaui standar world class. Kondisi ini menunjukkan bahwa mesin telah memasuki fase operasi stabil setelah melalui periode adaptasi di bulan-bulan sebelumnya. Memasuki bulan Agustus, nilai OEE mengalami penurunan menjadi 88,02%, meskipun masih berada di atas standar world class. Penurunan ini berlanjut pada bulan September menjadi 90,96% dan semakin tajam pada bulan Oktober menjadi 76,09%, yang mengindikasikan mulai terjadinya keausan komponen akibat penggunaan mesin secara intensif menjelang akhir musim giling. Secara keseluruhan, dari enam bulan periode musim giling, hanya tiga bulan yang berhasil mencapai standar world class, yaitu Juli, Agustus, dan September, sementara bulan Mei, Juni, dan Oktober masih berada di bawah standar. Apabila ditinjau dari komponen pembentuk OEE, nilai rata-rata *Availability* sebesar 84,5% menjadi komponen yang paling rendah dan belum memenuhi standar world class sebesar $\geq 90\%$. Sementara itu, nilai rata-rata *Performance* sebesar 97,8% dan *Quality* sebesar 99,7% keduanya telah melampaui standar world class masing-masing sebesar $\geq 95\%$ dan $\geq 99\%$. Hal ini mengindikasikan bahwa permasalahan utama efektivitas stasiun gilingan terletak pada dimensi *Availability*, yang berarti tingginya waktu henti mesin menjadi faktor paling dominan yang menekan nilai OEE secara keseluruhan.

Untuk mengidentifikasi faktor kerugian yang paling dominan menekan nilai OEE tersebut, dilakukan analisis *Six big losses* yang hasilnya divisualisasikan melalui Diagram Pareto. Berdasarkan hasil analisis, total *time losses* stasiun gilingan selama musim giling 2025 adalah sebesar 86,797%, yang terdistribusi ke dalam lima faktor kerugian dengan urutan dominansi sebagai berikut.



Gambar 5. 2 Hasil *Six big losses*

Equipment failure lossess menempati posisi pertama sebagai faktor kerugian terbesar dengan nilai 38,16% dari total *loading time*, atau berkontribusi 43,96% terhadap keseluruhan time losses. Kondisi ini selaras dengan rendahnya nilai *Availability* rata-rata sebesar 84,5% yang belum memenuhi standar world class, karena *Equipment failure lossess* secara langsung menggerus waktu operasi efektif mesin. Setup & Adjustment Losses berada di posisi kedua dengan nilai 27,10%, atau berkontribusi 31,22% terhadap total time losses. Kerugian ini mencerminkan besarnya waktu yang terbuang selama proses penyetelan dan persiapan mesin, terutama pada bulan Mei yang merupakan awal musim giling ketika seluruh unit mesin memerlukan pengecekan dan penyetelan intensif sebelum dapat beroperasi secara optimal. Secara kumulatif, *Equipment failure lossess* dan Setup & Adjustment Losses bersama-sama menyumbang 65,26% dari total time losses, sehingga keduanya ditetapkan sebagai prioritas utama perbaikan berdasarkan prinsip Pareto 80/20.

Reduced speed losses dan *Idling & Minor Stoppage Losses* masing-masing berada di posisi ketiga dan keempat dengan nilai yang hampir setara, yaitu 10,14% dan 10,137%. Meskipun tidak sebesar dua faktor sebelumnya, kedua losses ini secara bersama-sama

menambah kumulatif kerugian hingga mencapai 86,87%, yang berarti hampir seluruh permasalahan efektivitas stasiun gilingan telah teridentifikasi pada keempat faktor tersebut. *Reduced speed losses* menunjukkan bahwa kecepatan operasi mesin belum sepenuhnya optimal sepanjang musim giling, sementara *Idling & Minor Stoppage Losses* mengindikasikan masih terjadinya gangguan-gangguan kecil yang menyebabkan mesin berhenti sesaat secara berulang. Adapun *Quality Defect & Rework Losses* menempati posisi terakhir dengan nilai 1,26%, yang mengindikasikan bahwa aspek kualitas produksi relatif terjaga dengan baik dan bukan menjadi permasalahan utama di stasiun gilingan. Berdasarkan hasil analisis OEE dan *Six big losses* secara terpadu, dapat disimpulkan bahwa upaya peningkatan efektivitas stasiun gilingan harus difokuskan pada pengendalian *Equipment failure losses* dan *Setup & Adjustment Losses* sebagai dua faktor kerugian dominan, karena penanganan kedua faktor ini secara langsung akan berdampak pada peningkatan nilai *Availability* yang saat ini menjadi komponen OEE paling lemah.

Untuk menelusuri komponen mesin mana yang paling bertanggung jawab terhadap tingginya *Equipment failure losses* tersebut, dilakukan analisis FMEA terhadap seluruh unit mesin di stasiun gilingan. Analisis FMEA yang telah dilakukan pada Bab 4 menghasilkan 16 mode kegagalan dari tujuh unit mesin di stasiun gilingan. Dari seluruh mode kegagalan tersebut, tiga komponen langsung masuk kategori Kritis ($RPN \geq 200$), yaitu *CouplingTurbin* ($RPN = 288$), *Rol Gilingan* ($RPN = 245$), dan *Baut Suri-Suri* ($RPN = 240$). Ketiga komponen ini semuanya berasal dari Mesin Gilingan I–V yang merupakan mesin inti dalam proses pemerasan nira tebu. Komponen lainnya seperti *Stang Hammer* dan *Seal Pompa Hidrolik* masuk kategori Tinggi ($RPN 120–199$), sementara sisanya berada di kategori Sedang dan Rendah. Jauhnya perbedaan nilai RPN antara ketiga komponen kritis ini dengan komponen lainnya menunjukkan bahwa Mesin Gilingan I–V adalah titik paling rawan kegagalan di seluruh stasiun gilingan.

CouplingTurbin mendapat nilai RPN tertinggi yaitu 288 yang berasal dari *Severity* 8, *Occurrence* 6, dan *Detection* 6. Nilai *Severity* 8 berarti ketika *couplingturbin* rusak, seluruh mesin gilingan berhenti beroperasi karena aliran daya dari turbin ke mesin gilingan terputus total. Nilai *Occurrence* 6 menunjukkan kerusakan ini terjadi cukup

sering sehingga dalam satu musim giling yang hanya berlangsung enam bulan berpotensi terjadi lebih dari satu kali kerusakan. Kondisi ini konsisten dengan tingginya *Equipment failure losses* sebesar 38,16% pada analisis *Six big losses*. Nilai *Detection* 6 menunjukkan bahwa kerusakan *coupling* turbin cukup sulit dideteksi lebih awal karena tidak ada tanda yang jelas sebelum komponen benar-benar rusak, sehingga hampir selalu berujung pada kerusakan mendadak yang tidak terencana. Rol Gilingan berada di posisi kedua dengan RPN = 245 yang berasal dari *Severity* 7, *Occurrence* 5, dan *Detection* 7. Nilai *Detection* 7 merupakan yang tertinggi di antara seluruh komponen yang dianalisis, artinya keausan rol gilingan sangat sulit dideteksi karena prosesnya berlangsung perlahan dan tidak menimbulkan tanda yang dapat dilihat secara kasat mata, namun diam-diam kemampuan rol dalam memeras tebu terus menurun hingga efisiensi ekstraksi nira berkurang secara signifikan. Baut Suri-Suri berada di posisi ketiga dengan RPN = 240 yang berasal dari *Severity* 8, *Occurrence* 6, dan *Detection* 5. Meskipun secara fisik terlihat kecil, nilai *Severity*-nya sama dengan *Coupling* Turbin yaitu 8, karena ketika baut suri-suri putus mesin harus dihentikan seketika demi keselamatan dan kondisi ini juga berpotensi memicu kerusakan pada komponen lain yang terhubung. Secara keseluruhan, ketiga komponen kritis ini menjadi penyebab utama tingginya *Equipment failure losses* di stasiun gilingan dan masing-masing membutuhkan pendekatan perawatan yang berbeda sesuai karakteristik kegagalannya.

Dari ketiga *Fishbone* diagram yang disusun, ditemukan pola akar masalah yang konsisten di seluruh komponen kritis, dengan dua elemen yang paling menonjol dan mendasar, yaitu *Method* dan *Measurement*. Elemen *Method* terbukti menjadi akar masalah paling fundamental. Pada ketiga komponen kritis *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri tidak tersedia prosedur perawatan tertulis yang mengatur kapan dan bagaimana komponen harus diperiksa maupun diganti. Akibatnya, seluruh tindakan perawatan bersifat reaktif dan berulang setiap musim giling karena tidak ada panduan baku yang dapat dijalankan secara konsisten oleh operator maupun mekanik di lapangan. Kondisi inilah yang menjadi dasar diusulkannya SOP/prosedur perawatan sebagai solusi langsung atas lemahnya elemen *Method*.

Elemen *Measurement* menunjukkan kelemahan yang sama mendasarnya. Tidak ada parameter kondisi yang ditetapkan dan dipantau secara rutin baik batas getaran coupling, batas minimum diameter rol, maupun nilai torsi minimum baut. Tanpa parameter yang jelas, tidak ada dasar untuk menetapkan kapan perawatan harus dilakukan, sehingga gejala awal kerusakan tidak pernah terdeteksi sebelum komponen benar-benar gagal. Kondisi inilah yang menjadi dasar diusulkannya jadwal perawatan terstruktur baik overhaul off-season maupun *preventive maintenance* on-season sebagai solusi langsung atas lemahnya elemen *Measurement*.

Kedua elemen ini saling memperkuat: tanpa *Method* yang baku berupa prosedur tertulis, tidak ada panduan untuk melaksanakan pengukuran secara terjadwal; dan tanpa jadwal pengukuran yang rutin, tidak ada data kondisi komponen yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan perawatan secara proaktif. Oleh karena itu, usulan strategi perawatan dalam penelitian ini dirancang dalam dua bentuk yang saling melengkapi: prosedur/SOP sebagai jawaban atas lemahnya *Method*, dan penjadwalan perawatan sebagai jawaban atas lemahnya *Measurement*. Elemen lain seperti Man, Machine, Material, dan *Environment* turut berkontribusi, namun kesemuanya merupakan konsekuensi turunan dari lemahnya *Method* dan *Measurement* bukan akar yang berdiri sendiri.

Secara keseluruhan, akar masalah yang paling mendasar dari rendahnya efektivitas stasiun gilingan PT Madubaru adalah ketiadaan sistem perawatan terstruktur berbasis data yang mencakup dua hal sekaligus: jadwal *preventive maintenance* selama musim giling yang dipandu oleh standar pengukuran kondisi komponen (*Measurement*), dan panduan overhaul berbasis prioritas RPN untuk masa off-season yang terdokumentasi dalam prosedur baku (*Method*). Tanpa kedua sistem tersebut, ketiga komponen kritis tidak mendapat penanganan pencegahan sebelum mencapai titik kegagalan, dan pola *Equipment failure lossess* yang tinggi akan terus berulang dari satu musim giling ke musim berikutnya. Temuan akar masalah inilah yang menjadi dasar utama penyusunan usulan strategi perawatan pada sub-bab berikutnya.

5.2 Usulan Strategi Perawatan Berbasis Hasil Analisis dan Pemodelan Bizagi

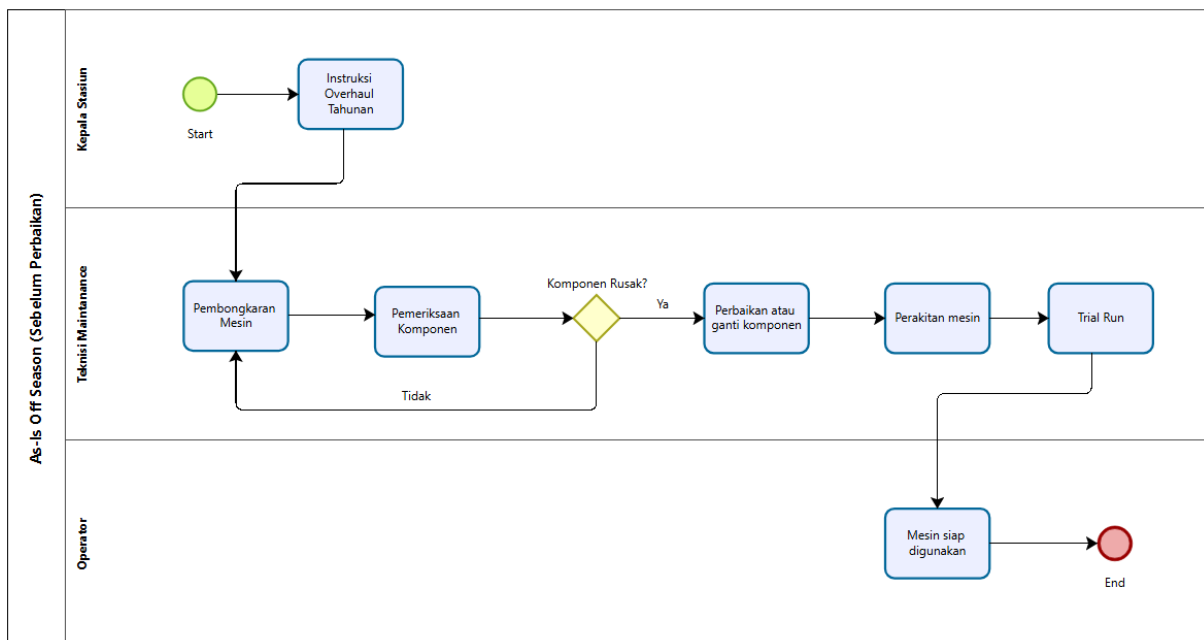
Berdasarkan hasil analisis *Fishbone* diagram yang telah diuraikan pada subbab sebelumnya, ditetapkan bahwa dua akar masalah paling mendasar yang menyebabkan tingginya nilai RPN pada ketiga komponen kritis adalah lemahnya elemen *Method* dan *Measurement*. Lemahnya *Method* tercermin dari tidak tersedianya prosedur perawatan tertulis yang baku, sementara lemahnya *Measurement* tercermin dari tidak adanya jadwal pengukuran kondisi komponen yang terstruktur dan terdokumentasi. Atas dasar kedua akar masalah tersebut, usulan strategi perawatan dalam penelitian ini dirancang dalam dua bentuk solusi yang saling melengkapi, yaitu penyusunan SOP/prosedur perawatan sebagai jawaban atas lemahnya *Method*, dan penjadwalan perawatan terstruktur sebagai jawaban atas lemahnya *Measurement*.

Kedua solusi tersebut kemudian dioperasionalkan ke dalam dua periode perawatan yang berbeda, yaitu periode off-season (masa tidak giling) dan periode on-season (masa musim giling berlangsung), menghasilkan empat rancangan strategi perawatan secara keseluruhan. Untuk memberikan gambaran yang konkret dan komparatif mengenai perubahan yang diusulkan, keempat strategi tersebut divisualisasikan melalui pemodelan proses bisnis menggunakan software Bizagi dalam format BPMN (Business Process Model and Notation), yang mencakup empat model sebagai berikut:

1. As-Is Off-Season menggambarkan kondisi aktual proses perawatan selama periode off-season sebelum perbaikan, di mana SOP perawatan dan jadwal overhaul berbasis prioritas komponen kritis belum tersedia.
2. To-Be Off-Season menggambarkan kondisi perawatan off-season setelah perbaikan, di mana SOP overhaul dan jadwal penggantian komponen kritis telah diterapkan secara terstruktur berbasis hasil analisis FMEA.
3. As-Is On-Season menggambarkan kondisi aktual proses perawatan selama musim giling sebelum perbaikan, di mana belum terdapat SOP pemantauan harian maupun jadwal *preventive maintenance* yang terdokumentasi.

4. To-Be On-Season menggambarkan kondisi perawatan on-season setelah perbaikan, di mana SOP pemantauan berkala dan jadwal *preventive maintenance* terstruktur telah diterapkan sebagai sistem deteksi dini kerusakan komponen.

Keempat model Bizagi ini secara bersama-sama memvisualisasikan transformasi sistem perawatan stasiun gilingan dari pendekatan reaktif menuju pendekatan preventif yang berbasis data, prosedur, dan jadwal yang terukur selaras dengan tujuan penelitian untuk meningkatkan nilai OEE stasiun gilingan menuju standar world class sebesar $\geq 85\%$.



Gambar 5. 3 As-Is *Off season* (Sebelum perbaikan)

Simulation Results

As-is Off Season (Sebelum Perbaikan)

Scenario information

Name: Scenario 1

Time unit: Minutes

Duration: 030.000000

Name	Type	Instances completed
As-is Off Season (Sebelum Perbaikan)	Process	1
Start	Start event	1
Instruksi Overhaul Tahunan	Task	1
Pembongkaran Mesin	Task	1
Pemeriksaan Komponen	Task	1
Komponen Rusak?	Gateway	1
Perbaikan atau ganti komponen	Task	1
Perakitan mesin	Task	1
Uji Run	Task	1
Mesin siap digunakan	Task	1
End	End event	1

Gambar 5. 4 Proses Validasi As Is Off Season

Simulation Results

As-is Off Season (Sebelum Perbaikan)

Scenario information

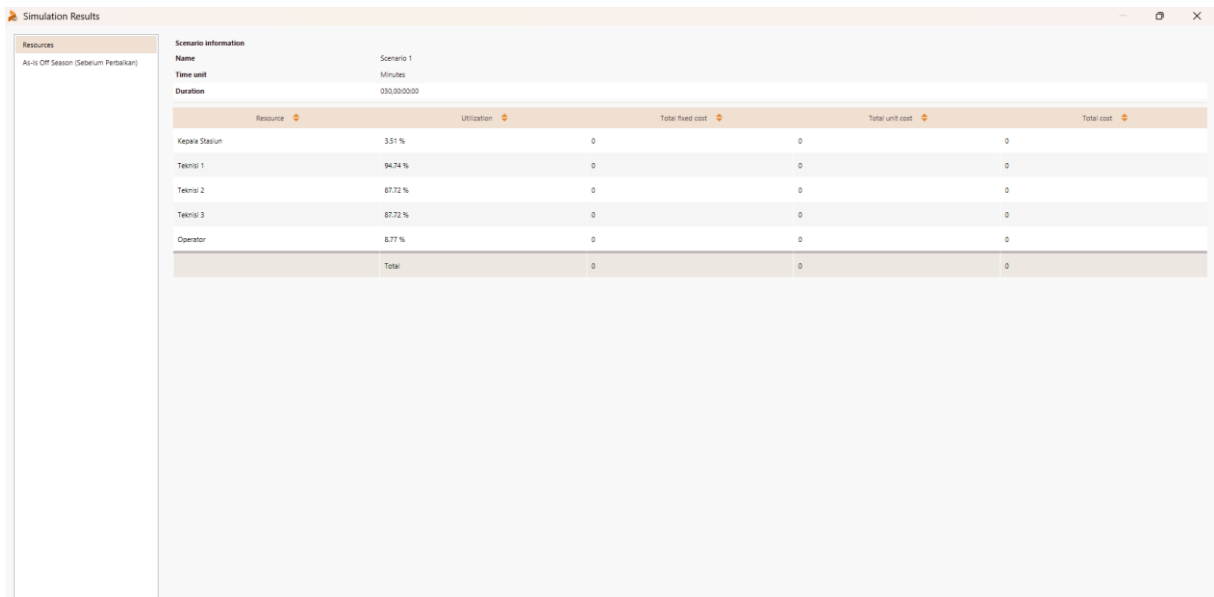
Name: Scenario 1

Time unit: Minutes

Duration: 030.000000

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
As-is Off Season (Sebelum Perbaikan)	Process	1	1	1d 4h 30m	1d 4h 30m	1d 4h 30m	1d 4h 30m
Start	Start event	1					
Instruksi Overhaul Tahunan	Task	1	1	1h	1h	1h	1h
Pembongkaran Mesin	Task	1	1	8h	8h	8h	8h
Pemeriksaan Komponen	Task	1	1	3h	3h	3h	3h
Komponen Rusak?	Gateway	1	1				
Perbaikan atau ganti komponen	Task	1	1	6h	6h	6h	6h
Perakitan mesin	Task	1	1	8h	8h	8h	8h
Uji Run	Task	1	1	2h	2h	2h	2h
Mesin siap digunakan	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
End	End event	1					

Gambar 5. 5 Time Analysis As Is Off Season



Simulation Results

Resources
As-Is Off Season (Sebelum Perbaikan)

Scenario Information
 Name: Scenario 1
 Time unit: Minutes
 Duration: 030:00:00:00

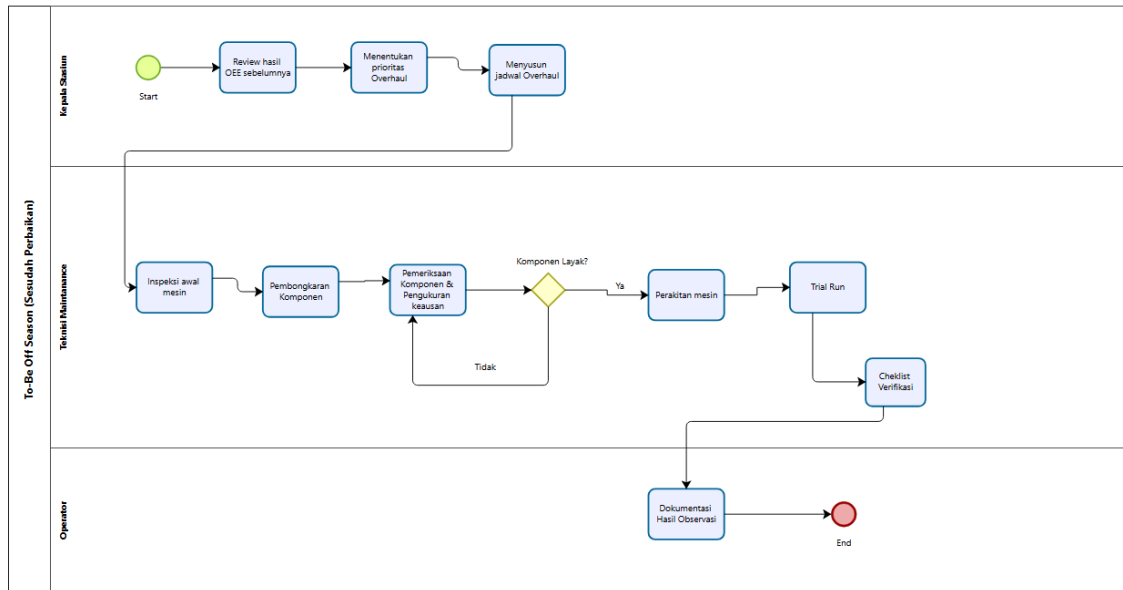
Resource	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
Kepala Stasiun	3.51 %	0	0	0
Teknisi 1	94.74 %	0	0	0
Teknisi 2	87.72 %	0	0	0
Teknisi 3	87.72 %	0	0	0
Operator	8.77 %	0	0	0
Total		0	0	0

Gambar 5. 6 Resource Analysis As Is Off Season

Model As-Is On Season merepresentasikan pola penanganan kerusakan mesin selama enam bulan musim giling berlangsung, dengan struktur proses paling sederhana di antara keempat model namun menyimpan risiko tertinggi terhadap *downtime* tak terencana. Alur dimulai dari kondisi Mesin Beroperasi yang langsung dihadapkan pada gateway "Terjadi Kerusakan?" tanpa adanya mekanisme pemantauan proaktif di antaranya artinya, tidak ada titik kontrol yang secara aktif memeriksa kondisi *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, atau Baut Suri-Suri sebelum kerusakan benar-benar terjadi dan terdeteksi melalui gangguan operasional. Karakteristik ini paling berbahaya khususnya bagi Rol Gilingan yang memiliki nilai *Detection* tertinggi ($D=7$) di antara seluruh komponen FMEA keausan yang bersifat gradual tidak akan pernah memicu gateway ini hingga *performance* ratio mesin sudah menurun signifikan, berarti kerugian produksi (*Reduced speed losses*) sesungguhnya sudah terjadi sebelum sistem ini bahkan mendeteksi adanya masalah. Begitu kerusakan teridentifikasi, alur Laporan Kerusakan → Pemeriksaan Kerusakan → Perbaikan Mesin berjalan linear tanpa cabang prioritas, memperlakukan kerusakan *Coupling* Turbin yang dapat menghentikan total transfer daya turbin (*Severity*8) dengan jalur penanganan yang sama seperti kerusakan komponen non-kritis lainnya. Pada model

As-Is Off Season, tidak terdapat SOP overhaul, jadwal overhaul yang terstruktur, maupun checklist inspeksi dalam bentuk apa pun. Instruksi overhaul yang diberikan Kepala Stasiun di awal proses bersifat instruksi umum tanpa dokumen acuan tertulis yang merinci komponen mana harus diperiksa lebih dulu, kapan harus diganti, atau parameter apa yang menjadi standar kelayakan. Akibatnya, keputusan "Komponen Rusak?" pada gateway satu-satunya dalam model ini sepenuhnya bergantung pada penilaian visual dan pengalaman pribadi teknisi bukan pada checklist terstandar yang dapat direplikasi oleh teknisi lain. Ketiadaan checklist ini berarti tidak ada jejak dokumentasi yang bisa dijadikan rujukan pada overhaul tahun berikutnya, sehingga setiap musim off-season pada dasarnya "dimulai dari nol" tanpa pembelajaran dari kondisi komponen kritis di periode sebelumnya.

Berdasarkan hasil simulasi Bizagi, proses overhaul tahunan pada model *As-Is Off season* membutuhkan total waktu 28 jam 30 menit dengan 1 instances completed dari 1 instances started, mencakup 6 task aktif dengan 1 gateway. Pembongkaran Mesin menjadi aktivitas dengan durasi terlama yaitu 8 jam, diikuti Perakitan Mesin 8 jam, Perbaikan/Penggantian Komponen 6 jam, dan Pemeriksaan Komponen 3 jam keempat aktivitas inilah yang menjadi titik di mana *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri seharusnya diperiksa namun dilakukan tanpa standar yang jelas. Dari sisi utilisasi sumber daya, Teknisi 1 menanggung beban tertinggi sebesar 94,74% yang mengindikasikan kondisi mendekati overload, sementara Kepala Stasiun hanya 3,51% dan Operator 8,77%, menunjukkan minimnya pengawasan terhadap proses pemeriksaan komponen kritis ini.



Gambar 5. 7 To-Be Off season (Setelah Perbaikan)

Simulation Results

To-Be Off Season (Setelah Perbaikan)

Scenario information

Name: Scenario 1

Time unit: Minutes

Duration: 030.0000.00

Name	Type	Instances completed
To-Be Off Season (Setelah Perbaikan)	Process	1
Checklist Verifikasi	Task	1
Komponen Layak?	Gateway	1
Menyusun Jadwal Overhaul	Task	1
Menentukan prioritas Overhaul	Task	1
Trial Run	Task	1
Start	Start event	1
Review hasil OEE sebelumnya	Task	1
End	End event	1
Inspeksi awal mesin	Task	1
Pembongkaran Komponen	Task	1
Pemeriksaan Komponen & Pengukuran keausan	Task	1
Perakitan mesin	Task	1
Dokumentasi Hasil Observasi	Task	1
Januari	Intermediate event	1
Desember	Intermediate event	1
Maret-April	Intermediate event	1
November	Intermediate event	1
Februari	Intermediate event	1

Gambar 5. 8 Proeced Validation To Be Off Seaon

Simulation Results

To-Be Off Season (Setelah Perbaikan)

Scenario Information

Name: Scenario 1
Time unit: Minutes
Duration: 030,000000

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
To-Be Off Season (Setelah Perbaikan)	Process	1	1	19h	19h	19h	19h
Chekit Ventilasi	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
Komponen Layak?	Gateway	1	1				
Mengusun Jadwal Overhaul	Task	1	1	1h	1h	1h	1h
Menentukan prioritas Overhaul	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
Trial Run	Task	1	1	3h	3h	3h	3h
Start	Start event	1					
Review hasil OEE sebelumnya	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
End	End event	1					
Inspeksi awal mesin	Task	1	1	1h	1h	1h	1h
Pembongkaran Komponen	Task	1	1	5h	5h	5h	5h
Pemeriksaan Komponen & Pengukuran keausan	Task	1	1	2h	2h	2h	2h
Persiapan mesin	Task	1	1	5h	5h	5h	5h
Dokumentasi Hasil Observasi	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
Januari	Intermediate event	1	1				
Desember	Intermediate event	1	1				
Maret-April	Intermediate event	1	1				
November	Intermediate event	1	1				
Februari	Intermediate event	1	1				

Gambar 5. 9 Time Analysis To Be Off Season

Simulation Results

Resources

To-Be Off Season (Setelah Perbaikan)

Scenario Information

Name: Scenario 1
Time unit: Minutes
Duration: 030,000000

Resource	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
Kepala Stasiun	10.53 %	0	0	0
Teknisi 1	55.26 %	0	0	0
Teknisi 2	64.21 %	0	0	0
Teknisi 3	71.05 %	0	0	0
Operator	21.05 %	0	0	0
Total		0	0	0

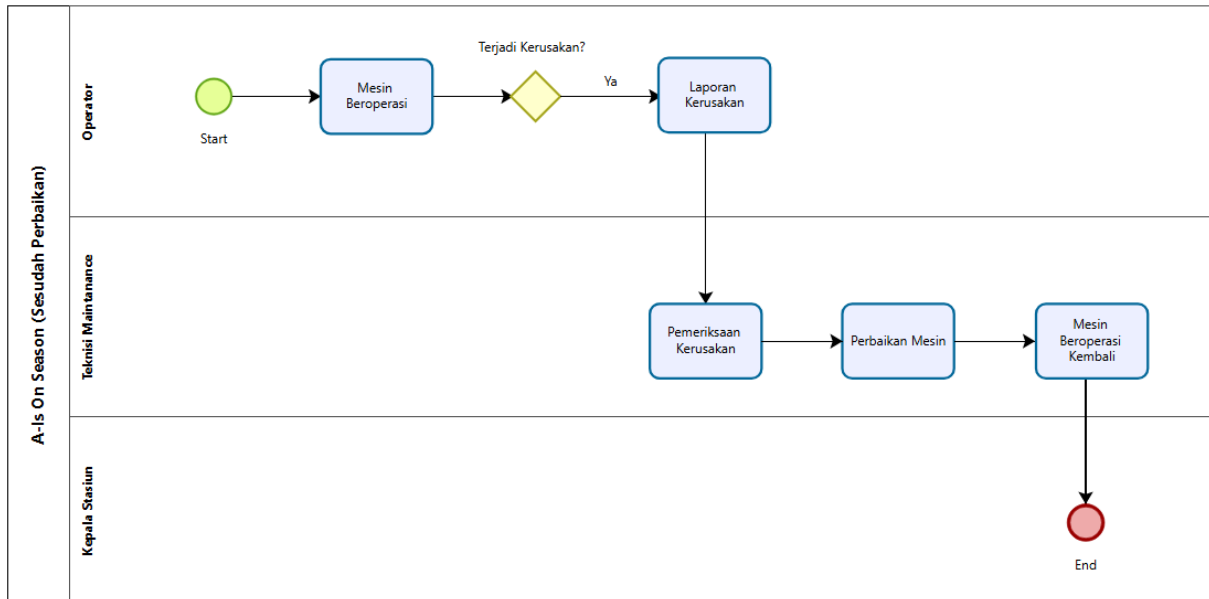
Gambar 5. 10 Resource Validation To Be Off Season

Model To-Be Off Season dirancang sebagai respons terhadap kelemahan pada aspek Method dan Measurement yang teridentifikasi melalui analisis Fishbone pada tiga komponen kritis, yaitu Coupling Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri. Perbaikan

yang diusulkan tidak hanya berfokus pada pelaksanaan aktivitas overhaul, tetapi juga menambahkan tahapan perencanaan dan pengendalian sebelum proses teknis dimulai sehingga proses perawatan menjadi lebih sistematis. Tahap awal model dimulai dengan Review Hasil OEE oleh Kepala Stasiun sebagai dasar untuk mengevaluasi performa mesin pada musim giling sebelumnya. Selanjutnya dilakukan Penentuan Prioritas Overhaul berdasarkan hasil analisis FMEA, sehingga urutan penanganan komponen didasarkan pada nilai Risk Priority Number (RPN). Berdasarkan hasil penelitian, Coupling Turbin dengan nilai RPN sebesar 288 menjadi prioritas utama, diikuti oleh Rol Gilingan dengan nilai 245, dan Baut Suri-Suri dengan nilai 240. Hasil prioritas tersebut kemudian menjadi dasar dalam penyusunan jadwal overhaul sehingga kegiatan perawatan lebih terarah pada komponen yang memiliki tingkat risiko tertinggi. Perbedaan utama antara model As-Is dan To-Be terletak pada penambahan aktivitas Pemeriksaan Komponen dan Pengukuran Keausan sebelum proses perakitan. Pada model As-Is, pemeriksaan komponen lebih banyak bergantung pada hasil inspeksi visual. Sementara pada model To-Be, pemeriksaan dilakukan melalui inspeksi yang disertai pengukuran kondisi komponen sehingga keputusan mengenai kelayakan komponen didasarkan pada hasil pemeriksaan yang lebih objektif. Selanjutnya ditambahkan gateway "Komponen Layak?" sebagai titik pengambilan keputusan. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa kondisi komponen belum memenuhi standar operasional perusahaan, maka proses akan kembali ke tahap pemeriksaan sebelum dapat dilanjutkan ke proses perakitan. Mekanisme ini berfungsi sebagai pengendalian kualitas agar komponen yang belum layak tidak langsung dipasang kembali pada mesin. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan Trial Run untuk memastikan mesin dapat beroperasi dengan baik setelah overhaul. Tahapan ini kemudian dilanjutkan dengan Checklist Verifikasi sebagai langkah untuk memastikan seluruh aktivitas perawatan telah dilaksanakan sesuai prosedur. Pada akhir proses dilakukan Dokumentasi Hasil Observasi sebagai bentuk pencatatan hasil inspeksi dan kondisi komponen setelah overhaul sehingga data tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam evaluasi kegiatan perawatan pada periode berikutnya. Secara keseluruhan, model To-Be Off Season mengintegrasikan hasil analisis OEE, FMEA, Fishbone Diagram, dan 5 Whys ke dalam satu alur proses perawatan yang lebih

terstruktur. Penambahan aktivitas Review OEE, Penentuan Prioritas Overhaul, Pemeriksaan Komponen dan Pengukuran Keausan, Checklist Verifikasi, serta Dokumentasi Hasil Observasi diharapkan mampu meningkatkan pengendalian proses perawatan, mengurangi potensi kegagalan komponen kritis, serta mendukung peningkatan efektivitas mesin pada musim giling berikutnya.

Berdasarkan hasil simulasi Bizagi, proses overhaul pada model To-Be *Off season* dapat diselesaikan dalam total waktu 19 jam, lebih efisien 9 jam 30 menit (33,3%) dibanding As-Is, meskipun mencakup lebih banyak aktivitas yaitu 10 task dengan 1 gateway. Penambahan task seperti Review OEE, Penentuan Prioritas Overhaul, Inspeksi Awal, dan Pengukuran Keausan Komponen yang seluruhnya berlandaskan prioritas RPN ketiga komponen kritis justru membuat proses lebih terarah sehingga tidak ada waktu terbuang akibat trial and error seperti pada As-Is. Dari sisi utilisasi sumber daya, beban Teknisi 1 turun signifikan dari 94,74% menjadi 55,26%, Teknisi 2 dari 87,72% menjadi 84,21%, dan Teknisi 3 dari 87,72% menjadi 71,05%, sementara keterlibatan Kepala Stasiun meningkat dari 3,51% menjadi 10,53% dan Operator dari 8,77% menjadi 21,05%. Hasil ini membuktikan bahwa pemeriksaan terstruktur terhadap *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri tidak hanya mempercepat proses, tetapi juga mendistribusikan tanggung jawab pengawasan secara lebih merata.



Gambar 5. 11 As-Is On-Season (Sebelum Perbaikan)

Simulation Results

As Is On Season (Sebelum Perbaikan)

Scenario Information

Name: Scenario 1

Time unit: Minutes

Duration: 000,000000

Name	Type	Instances completed
As Is On Season (Sebelum Perbaikan)	Process	1
Start	Start event	1
Mesin Beroperasi	Task	1
Terjadi Kerusakan	Gateway	1
Laporan Kerusakan	Task	1
Pemeriksaan Kerusakan	Task	1
Perbaikan Mesin	Task	1
Mesin Beroperasi Kembali	Task	1
End	End event	1

Gambar 5. 12 Procead Validation As Is On season

Simulation Results

As Is On Season (Sebelum Perbaikan)

Scenario information

Name: Scenario 1
Time unit: Minutes
Duration: 030,00:00:00

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
As Is On Season (Sebelum Perbaikan)	Process	1	1	1d 2h	1d 2h	1d 2h	1d 2h
Start	Start event	1					
Mesin Beroperasi	Task	2	2	0	0	0	0
Terjadi Kerusakan	Gateway	2	2				
Laporan Kerusakan	Task	1	1	2h	2h	2h	2h
Pemeriksaan Kerusakan	Task	1	1	8h	8h	8h	8h
Perbaikan Mesin	Task	1	1	16h	16h	16h	16h
Mesin Beroperasi Kembali	Task	1	1	0	0	0	0
End	End event	1					

Gambar 5. 13 Time Anlysis As Is On Seaon

Simulation Results

Resources

As Is On Season (Sebelum Perbaikan)

Scenario information

Name: Scenario 1
Time unit: Minutes
Duration: 030,00:00:00

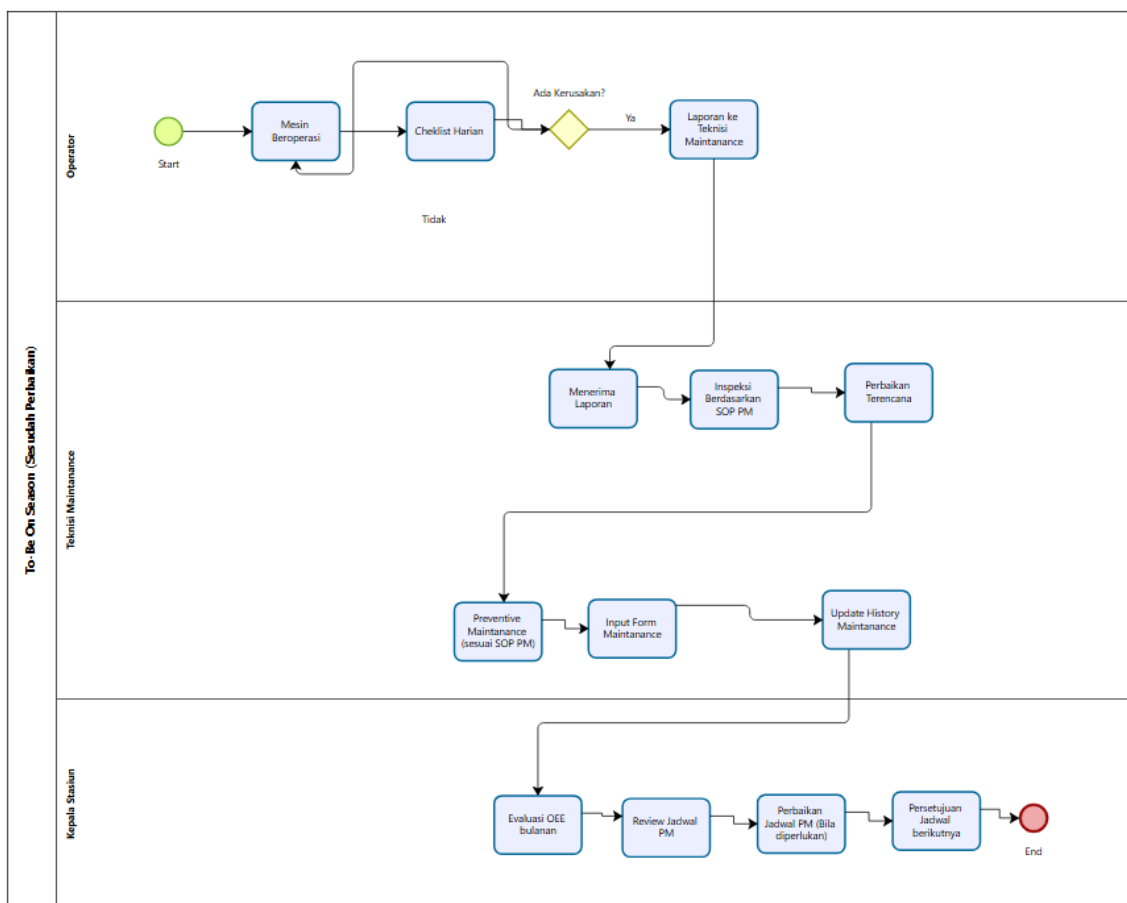
Resource	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
Operator	7.69 %	0	0	0
Teknisi 1	92.31 %	0	0	0
Teknisi 2	61.54 %	0	0	0
Teknisi 3	61.54 %	0	0	0
Total		0	0	0

Gambar 5. 14 Resource Analysis As Is On season

Model As-Is On Season merepresentasikan pola penanganan kerusakan mesin selama enam bulan musim giling berlangsung, dengan struktur proses paling sederhana di antara keempat model namun menyimpan risiko tertinggi terhadap *downtime* tak terencana. Alur dimulai dari kondisi Mesin Beroperasi yang langsung dihadapkan pada gateway "Terjadi Kerusakan?" tanpa adanya mekanisme pemantauan proaktif di antaranya artinya, tidak ada titik kontrol yang secara aktif memeriksa kondisi *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, atau Baut Suri-Suri sebelum kerusakan benar-benar terjadi dan terdeteksi melalui gangguan operasional. Karakteristik ini paling berbahaya khususnya bagi Rol Gilingan yang memiliki nilai *Detection* tertinggi ($D=7$) di antara seluruh komponen FMEA keausan yang bersifat gradual tidak akan pernah memicu gateway ini hingga *performance ratio* mesin sudah menurun signifikan, berarti kerugian produksi (*Reduced speed losses*) sesungguhnya sudah terjadi sebelum sistem ini bahkan mendeteksi adanya masalah. Begitu kerusakan teridentifikasi, alur Laporan Kerusakan → Pemeriksaan Kerusakan → Perbaikan Mesin berjalan linear tanpa cabang prioritas, memperlakukan kerusakan *Coupling* Turbin yang dapat menghentikan total transfer daya turbin (*Severity*8) dengan jalur penanganan yang sama seperti kerusakan komponen non-kritis lainnya. Model As-Is On Season sepenuhnya tidak memiliki checklist harian maupun jadwal *preventive maintenance* dalam bentuk apa pun. Satu-satunya pemicu aktivitas dalam model ini adalah gateway "Terjadi Kerusakan?" yang bersifat reaktif murni sistem ini secara struktural tidak memiliki mekanisme yang secara aktif "bertanya" tentang kondisi *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, atau Baut Suri-Suri sebelum salah satunya benar-benar gagal beroperasi. Tanpa checklist, tidak ada data baseline harian yang bisa dibandingkan untuk mendeteksi tren penurunan kondisi komponen (misalnya getaran *coupling* yang meningkat bertahap), sehingga kerusakan yang terdeteksi pada model ini selalu berada di titik akhir kurva kegagalan, bukan di fase awal yang sebenarnya masih bisa dicegah.

Berdasarkan hasil simulasi Bizagi, proses *maintenance* pada model As-Is On Season membutuhkan total waktu 26 jam dengan 5 task aktif dan 1 gateway,

mencerminkan alur yang sepenuhnya reaktif. Perbaikan Mesin menjadi aktivitas terlama dengan durasi 16 jam durasi yang panjang ini konsisten dengan karakteristik kegagalan *Coupling* Turbin dan Baut Suri-Suri yang bersifat sulit dideteksi sejak awal sehingga ketika benar-benar rusak, kerusakannya sudah signifikan dan memerlukan waktu perbaikan lama. Dari sisi utilisasi sumber daya, Teknisi 1 mencatat beban tertinggi 92,31% yang hampir overload, sementara Kepala Stasiun sama sekali tidak terlibat (0%), menunjukkan tidak adanya pengawasan dan evaluasi berkala terhadap kondisi komponen kritis selama musim giling berlangsung.



Gambar 5. 15 To-Be On-Season (Setelah Perbaikan)

Simulation Results

To-Be On Season (Setelah Perbaikan)

Scenario information

Name: Scenario 1

Time unit: Minutes

Duration: 030,000000

Name	Type	Instances completed
To-Be On Season (Setelah Perbaikan)	Process	1
Start	Start event	1
Mesin Beroperasi	Task	3
Ceklist Harian	Task	3
Ada Kerusakan?	Gateway	3
Laporan ke Teknis Maintenance	Task	1
Menerima Laporan	Task	1
Inspeksi Berdasarkan SOP PM	Task	1
Perbaikan Terencana	Task	1
Preventive Maintenance (sesuai SOP PM)	Task	1
Input Form Maintenance	Task	1
Update History Maintenance	Task	1
Evaluasi OEE bulanan	Task	1
Review Jadwal PM	Task	1
Perbaikan Jadwal PM (jika diperlukan)	Task	1
Persetujuan Jadwal berikutnya	Task	1
End	End event	1
Jadwal Harian/setiap hari	Intermediate event	3
Jadwal Mingguan/setiap Minggu	Intermediate event	1
Jadwal Bulanan/akhir bulan	Intermediate event	1

Export to Excel Print

Gambar 5. 16 Proceed Validation To be On season

Simulation Results

To-Be On Season (Setelah Perbaikan)

Scenario information

Name: Scenario 1

Time unit: Minutes

Duration: 030,000000

Name	Type	Instances completed	Instances started	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
To-Be On Season (Setelah Perbaikan)	Process	1	1	22h 45m	22h 45m	22h 45m	22h 45m
Start	Start event	1					
Mesin Beroperasi	Task	3	3	0	0	0	0
Ceklist Harian	Task	3	3	30m	30m	30m	1h 30m
Ada Kerusakan?	Gateway	3	3				
Laporan ke Teknis Maintenance	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
Menerima Laporan	Task	1	1	15m	15m	15m	15m
Inspeksi Berdasarkan SOP PM	Task	1	1	4h	4h	4h	4h
Perbaikan Terencana	Task	1	1	9h	9h	9h	9h
Preventive Maintenance (sesuai SOP PM)	Task	1	1	3h	3h	3h	3h
Input Form Maintenance	Task	1	1	1h	1h	1h	1h
Update History Maintenance	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
Evaluasi OEE bulanan	Task	1	1	1h	1h	1h	1h
Review Jadwal PM	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
Perbaikan Jadwal PM (jika diperlukan)	Task	1	1	1h	1h	1h	1h
Persetujuan Jadwal berikutnya	Task	1	1	30m	30m	30m	30m
End	End event	1					
Jadwal Harian/setiap hari	Intermediate event	3	3				
Jadwal Mingguan/setiap Minggu	Intermediate event	1	1				
Jadwal Bulanan/akhir bulan	Intermediate event	1	1				

Export to Excel Print

Gambar 5. 17 Time Analysis To Be On season

Resource	Utilization	Total fixed cost	Total unit cost	Total cost
Operator	4.93 %	0	0	0
Teknisi 1	48.54 %	0	0	0
Teknisi 2	43.42 %	0	0	0
Teknisi 3	28.58 %	0	0	0
Kepala Stasiun	6.88 %	0	0	0
Total		0	0	0

Gambar 5. 18 Resource Analisisi To Be On season

Model To-Be On Season dirancang sebagai perbaikan terhadap model As-Is yang sebelumnya bersifat reaktif menjadi proses perawatan yang lebih terstruktur melalui pembagian peran ke dalam tiga aktor, yaitu Operator, Teknisi Maintenance, dan Kepala Stasiun. Ketiga aktor tersebut saling terintegrasi dalam proses deteksi, penanganan, evaluasi, dan pengendalian kondisi Coupling Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri sebagai komponen kritis yang telah ditentukan berdasarkan hasil analisis FMEA. Pada tahap awal, Operator melakukan Checklist Harian sebagai bentuk inspeksi awal terhadap kondisi mesin selama proses produksi berlangsung. Apabila ditemukan indikasi kerusakan, informasi tersebut diteruskan kepada Teknisi Maintenance untuk dilakukan pemeriksaan lebih lanjut. Penambahan aktivitas checklist ini merupakan usulan perbaikan yang bertujuan meningkatkan pengawasan kondisi mesin sehingga potensi kerusakan dapat diketahui lebih awal dibandingkan model As-Is. Selanjutnya, Teknisi Maintenance menerima laporan dari operator dan melakukan Inspeksi berdasarkan SOP Preventive Maintenance, kemudian menentukan tindakan Perbaikan Terencana sesuai kondisi

komponen. Selain melakukan tindakan perbaikan, teknisi juga melaksanakan Preventive Maintenance sesuai SOP, dilanjutkan dengan Input Form Maintenance dan Update History Maintenance. Penambahan tahapan dokumentasi ini bertujuan agar seluruh aktivitas perawatan terdokumentasi dengan baik sehingga riwayat kondisi komponen dapat digunakan sebagai dasar evaluasi pada periode berikutnya. Pada tahap akhir, Kepala Stasiun melakukan Evaluasi OEE berdasarkan hasil operasi dan data riwayat maintenance yang telah terdokumentasi. Hasil evaluasi tersebut digunakan untuk melakukan Review Jadwal Preventive Maintenance, kemudian dilakukan Perbaikan Jadwal PM apabila diperlukan sebelum jadwal yang telah diperbarui disetujui untuk pelaksanaan berikutnya. Dengan adanya tahapan ini, keputusan terkait kegiatan perawatan tidak hanya didasarkan pada kondisi aktual mesin, tetapi juga mempertimbangkan hasil evaluasi efektivitas mesin yang diukur menggunakan OEE. Secara keseluruhan, model To-Be On Season mengintegrasikan hasil analisis OEE, FMEA, Fishbone Diagram, dan 5 Whys ke dalam suatu alur proses perawatan yang lebih sistematis. Penambahan aktivitas Checklist Harian, Inspeksi berdasarkan SOP Preventive Maintenance, Input Form Maintenance, Update History Maintenance, Evaluasi OEE, serta Review Jadwal Preventive Maintenance diharapkan mampu meningkatkan pengendalian proses perawatan, mempercepat identifikasi potensi kerusakan, serta mendukung peningkatan efektivitas mesin selama musim giling.

Berdasarkan hasil simulasi Bizagi, proses pada model To-Be On Season dapat diselesaikan dalam total waktu rata-rata 22 jam 45 menit dengan 15 task aktif dan 1 gateway, melibatkan jadwal berlapis (harian, mingguan, bulanan) yang memastikan pemantauan kondisi komponen kritis berjalan konsisten sepanjang musim giling. Dibanding As-Is, waktu proses lebih cepat 3 jam 15 menit (12,5%) meskipun cakupan aktivitas jauh lebih lengkap (15 task vs 5 task). Dari sisi utilisasi sumber daya, Teknisi 1 yang sebelumnya 92,31% turun menjadi 48,54%, Teknisi 2 dari 61,54% menjadi 43,42%, dan Teknisi 3 dari 61,54% menjadi 28,58%, sementara Kepala Stasiun yang sebelumnya tidak terlibat sama sekali kini memiliki utilisasi 6,88% mencerminkan keterlibatan aktif dalam evaluasi tren kerusakan komponen kritis. Hasil ini membuktikan bahwa pemantauan terjadwal terhadap *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri

mampu mendeteksi gejala kerusakan lebih awal sehingga waktu perbaikan menjadi lebih singkat dan beban kerja terdistribusi merata, bukan lagi bertumpu pada satu teknisi saja.

5.2.1 Validasi Model As Is Off Season

Selain mengacu pada Law & Kelton (2000), ambang toleransi error sebesar 10% ini juga konsisten dengan penelitian validasi model simulasi berbasis BPMN yang menyatakan bahwa model simulasi dapat dikategorikan valid apabila nilai penyimpangan terhadap kondisi aktual berada di bawah 10%, sehingga model dapat diandalkan sebagai representasi sistem nyata (Gilang Samudra et al., 2025). Validasi model simulasi dilakukan dengan membandingkan total waktu hasil simulasi Bizagi dengan waktu aktual yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak *maintenance* PT Madubaru, menggunakan perhitungan persentase error sebagaimana dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Error \%} = \frac{\text{Waktu Aktual} - \text{Waktu Simulasi}}{\text{Waktu Aktual}} \times 100\% \quad (1)$$

Validasi model dilakukan dengan membandingkan output simulasi terhadap data aktual menggunakan perhitungan persentase error. Mengacu pada Law & Kelton (2000), validasi merupakan proses penentuan apakah model konseptual simulasi merupakan representasi akurat dari sistem nyata yang dimodelkan. Model dinyatakan valid apabila nilai error tidak melebihi batas toleransi 10%.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak *maintenance* PT Madubaru, rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam kegiatan overhaul mesin giling 1 sampai mesin giling 5 pada masa *off season* adalah sekitar 30 jam. Sementara itu, hasil simulasi menunjukkan total waktu proses sebesar 28,5 jam.

Tabel 5. 1 Tabel Validasi Model As-Is Off Season

Keterangan	Nilai
Waktu Aktual	30jam
Waktu Simulasi	28,5jam
Selisih	1,5 jam
Error	5,00%

Perhitungan Error:

$$\begin{aligned}
 \text{Error \%} &= \frac{\text{Waktu Aktual} - \text{Waktu Simulasi}}{\text{Waktu Aktual}} \times 100\% \\
 &= \frac{30 - 28,5}{30} \times 100\% \\
 &= \frac{1,5}{30} \times 100\% = 5\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa model simulasi As-Is *Off season* memiliki tingkat error sebesar 5,00%, sehingga model dapat dikatakan mampu merepresentasikan kondisi aktual kegiatan overhaul mesin giling di PT Madubaru.

5.2.2 Validasi Model Validasi Model As-Is On Season

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak *maintenance* PT Madubaru, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk penanganan kerusakan mesin giling 1 sampai mesin giling 5 pada masa on season adalah sekitar 28 jam. Hasil simulasi menunjukkan total waktu proses sebesar 26 jam.

Tabel 5. 2 Tabel Validasi Model As-Is On Season

Keterangan	Nilai
Waktu Aktual	28 jam
Waktu Simulasi	26 jam
Selisih	2 jam
Error	7,14%

Perhitungan Error:

$$\begin{aligned}
 \text{Error \%} &= \frac{\text{Waktu Aktual} - \text{Waktu Simulasi}}{\text{Waktu Aktual}} \times 100\% \\
 &= \frac{28 - 26}{28} \times 100\% \\
 &= \frac{2}{28} \times 100\% = 7,14\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa model simulasi As-Is On Season memiliki tingkat error sebesar 7,14%, sehingga model dapat dikatakan telah merepresentasikan kondisi aktual proses *maintenance* mesin giling selama musim giling berlangsung.

5.2.3 Validasi Model To-Be

Berbeda dengan model As-Is yang divalidasi melalui perbandingan kuantitatif terhadap data aktual, model To-Be belum dapat divalidasi dengan cara yang sama karena rancangan tersebut belum diimplementasikan di lapangan. Oleh karena itu, validasi model To-Be dilakukan melalui pendekatan *expert judgement*, yaitu dengan mengonfirmasikan rancangan alur proses, urutan aktivitas, serta estimasi durasi model To-Be Off Season dan On Season kepada narasumber (N-01 s.d. N-05) yang berkompeten di bidang operasional dan perawatan stasiun giling. Berdasarkan hasil konfirmasi tersebut, narasumber menyatakan bahwa urutan aktivitas pada model To-Be, termasuk penambahan tahap Review OEE, Penentuan Prioritas Overhaul, dan Pemeriksaan Komponen, dinilai realistis dan dapat diterapkan pada kondisi operasional aktual, dengan estimasi durasi yang mendekati perkiraan teknis di lapangan. Dengan demikian, model To-Be dinyatakan layak digunakan sebagai dasar usulan strategi perawatan.

5.3 Perbandingan As is & To-be

Berikut merupakan perbandingan antara as is dan to be antara *Off season* dan On Season:

1. Perbandingan Waktu Proses

Model	Total Waktu
As-Is Off Season	28 jam 30 menit
To-Be Off Season	19 jam
As-Is On Season	26 jam
To-Be On Season	22 jam 45 menit

Tabel 5. 3 Perbandingan Waktu Proses

Hasil simulasi menunjukkan bahwa model To-Be mampu mengurangi total waktu proses *maintenance* pada kedua kondisi operasional. Pada kondisi Off Season, waktu proses

berhasil diturunkan dari 28 jam 30 menit menjadi 19 jam atau berkurang sebesar 9 jam 30 menit.

Pada kondisi On Season, waktu proses berhasil diturunkan dari 26 jam menjadi 22 jam 45 menit atau berkurang sebesar 3 jam 15 menit. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan *preventive maintenance* dan penjadwalan perawatan memberikan dampak positif terhadap kecepatan penyelesaian proses maintenance.

2. Perbandingan Efisiensi Proses *Off season* dan On season

Tabel 5. 4 Perbandingan Efisiensi Waktu Proses Off Season

Perbandingan	Pengurangan Waktu	Efisiensi
As-Is Off → To-Be Off	9,5 jam	33,30%
As-Is On → To-Be On	3,55 jam	13,60%

Rumus Efisiensi Proses:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi \% Off Season} &= \frac{\text{Waktu As is} - \text{Waktu To be}}{\text{Waktu As Is}} \times 100\% \\
 &= \frac{28,5 - 19}{28,5} \times 100\% \\
 &= 33,33\%
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Model To-Be *Off season* mampu mengurangi waktu proses *maintenance* sebesar 9 jam 30 menit atau 33,33% dibandingkan as is on season.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi \% On Season} &= \frac{\text{Waktu As is} - \text{Waktu To be}}{\text{Waktu As Is}} \times 100\% \\
 &= \frac{26 - 22,45}{26} \times 100\% \\
 &= 13,60\%
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Model To-Be On Season mampu mengurangi waktu proses *maintenance* sebesar 3 jam 33 menit atau 13,60% dibandingkan As is on season. Untuk memahami kewajaran angka-

angka pada tabel di atas, perlu ditegaskan terlebih dahulu bahwa durasi yang ditampilkan bukan merepresentasikan keseluruhan periode enam bulan, melainkan durasi per satu siklus kejadian. Pada periode *Off season* yang berlangsung dari November hingga April, overhaul kelima mesin giling yang berfokus pada komponen kritis *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri dikerjakan secara paralel oleh tim teknisi bukan berurutan per mesin sehingga durasi yang tercatat merepresentasikan rentang waktu dari mesin pertama mulai dibongkar hingga seluruh mesin selesai dan siap digunakan kembali. Pada kondisi aktual, proses ini membutuhkan sekitar 4 hari kerja dengan basis 8 jam per hari karena overhaul bersifat kegiatan terjadwal satu shift, bukan operasi nonstop. Model To-Be yang diusulkan mampu memangkasnya menjadi sekitar 2,5 hari kerja. Sisa dari enam bulan off-season digunakan perusahaan untuk aktivitas lain di luar cakupan model ini, seperti pengadaan spare part, evaluasi pasca-musim giling, serta perencanaan jadwal dan anggaran. Overhaul yang selesai dalam hitungan hari justru merupakan kondisi yang diharapkan, karena menandakan bahwa proses berjalan efisien dan mesin dapat segera disiapkan untuk keperluan lain di sisa periode off-season.

Pada periode On Season yang berlangsung dari Mei hingga Oktober, mesin beroperasi nonstop dengan sistem tiga shift selama 24 jam per hari, sehingga konversi durasi menggunakan basis 24 jam per hari. Durasi 26 jam pada As-Is dan 22 jam 45 menit pada To-Be merepresentasikan satu kali kejadian penanganan kerusakan, yakni dari saat kerusakan terdeteksi hingga mesin kembali beroperasi normal, atau setara sekitar satu hari kalender. Berdasarkan konfirmasi narasumber, penanganan kerusakan dikerjakan terus-menerus lintas pergantian shift tanpa jeda hingga selesai, sehingga konversi berbasis 24 jam ini akurat tanpa perlu koreksi. Yang menjadikan angka ini signifikan bukan durasi satu kejadiannya, melainkan sifatnya yang berulang sepanjang enam bulan musim giling. Berdasarkan data *downtime* riil pada Bab 4 yang mencatat total *downtime* sebesar 33.338 menit atau setara 555,6 jam, kejadian kerusakan pada kelima mesin diperkirakan terjadi sekitar 20 kali selama satu musim giling atau kurang dari satu kejadian per mesin per bulan, angka yang realistis untuk mesin industri berat yang bekerja nonstop. Perlu dicatat bahwa total *downtime* tersebut juga mencakup faktor lain seperti setup and adjustment dan keterlambatan pasokan tebu, sehingga angka 20 kejadian

merupakan estimasi yang cukup untuk menggambarkan bahwa kerusakan bersifat berulang, bukan tunggal. Dengan demikian, pengurangan durasi per kejadian sebesar 12,50% yang ditawarkan model To-Be menjadi jauh lebih bermakna karena manfaatnya berlipat seiring banyaknya pengulangan kejadian sepanjang musim giling dan akumulasi itulah yang pada akhirnya berdampak langsung terhadap total *downtime* dan nilai OEE secara keseluruhan.

3. Perbandingan Utilisasi Resource

Tabel 5. 5 Perbandingan Utilitas Resource

Resource	As-Is Off	To-Be Off	As-Is On	To-Be On
Kepala Stasiun	3,51%	10,53%	-	6,88%
Teknisi 1	94,74%	55,26%	92,31%	48,54%
Teknisi 2	87,72%	84,21%	61,54%	43,42%
Teknisi 3	87,72%	71,05%	61,54%	28,58%
Operator	8,77%	21,05%	7,69%	4,93%

Pada kondisi As-Is Off Season, beban kerja tertinggi berada pada Teknisi 1 sebesar 94,74%, diikuti Teknisi 2 dan Teknisi 3 sebesar 87,72%. Setelah penerapan model To-Be, utilisasi Teknisi 1 turun menjadi 55,26% dan Teknisi 3 turun menjadi 71,05%. Hal ini menunjukkan bahwa beban kerja teknisi menjadi lebih seimbang dan tidak lagi terpusat pada satu teknisi.

Pada kondisi As-Is On Season, Teknisi 1 memiliki utilisasi tertinggi sebesar 92,31%. Setelah implementasi *preventive maintenance* pada model To-Be, utilisasi Teknisi 1 turun menjadi 48,54%, Teknisi 2 turun menjadi 43,42%, dan Teknisi 3 turun menjadi 28,58%. Penurunan utilisasi ini menunjukkan bahwa kegiatan *preventive maintenance* mampu mengurangi frekuensi *corrective maintenance* sehingga kebutuhan perbaikan mendadak dapat ditekan.

Tabel 5. 6 Hasil Perbandingan

Aspek	Hasil
Validasi Model	Error < 10% (valid)
Pengurangan Waktu Terbesar	To-Be <i>Off season</i> (33,3%)
Pengurangan Waktu On Season	12,50%
Utilisasi Tertinggi As-Is	Teknisi 1 (94,74%)
Utilisasi Tertinggi To-Be	Teknisi 2 (84,21%)
Dampak FMEA	Risiko kerusakan dapat diminimalkan melalui <i>preventive maintenance</i> pada komponen prioritas (<i>Coupling</i> Turbin, Baut Suri-Suri, dan Rol Gilingan)

Berdasarkan hasil validasi dan perbandingan simulasi yang telah dilakukan, model As-Is *Off season* dan As-Is On Season dinyatakan valid karena memiliki nilai error masing-masing sebesar 5,00% dan 7,14%, yang masih berada di bawah batas toleransi 10%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model simulasi yang dibangun telah mampu merepresentasikan kondisi aktual proses *maintenance* mesin giling 1–5 di PT Madubaru sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis usulan perbaikan.

Berdasarkan perbandingan waktu proses, model To-Be *Off season* berhasil menurunkan total waktu *maintenance* dari 28,5 jam menjadi 19 jam, sehingga terjadi pengurangan waktu sebesar 9,5 jam dengan tingkat efisiensi sebesar 33,33%. Durasi ini merepresentasikan satu siklus overhaul kelima mesin secara paralel berbasis 8 jam kerja per hari, bukan keseluruhan periode off-season enam bulan, sehingga overhaul yang selesai dalam hitungan hari justru mencerminkan efisiensi proses yang diharapkan. Sementara itu, pada kondisi On Season, model To-Be mampu menurunkan waktu proses dari 26 jam menjadi 22,75 jam, atau berkurang sebesar 3,25 jam dengan tingkat efisiensi sebesar 12,50%. Angka ini merepresentasikan satu kali kejadian penanganan kerusakan berbasis 24 jam per hari sesuai sistem operasi nonstop, yang berdasarkan data *downtime* riil sebesar 33.338 menit pada Bab 4 diperkirakan terjadi sekitar 20 kali sepanjang musim giling untuk kelima mesin. Dengan demikian, pengurangan 12,50% per kejadian memberikan dampak yang berlipat secara kumulatif terhadap total *downtime* dan nilai OEE selama satu musim giling.

Dari aspek utilisasi sumber daya, model To-Be juga menunjukkan perbaikan yang signifikan dibandingkan model As-Is. Pada kondisi off season, utilisasi Teknisi 1 yang sebelumnya mencapai 94,74% menurun menjadi 55,26%, sedangkan pada kondisi on season utilisasi Teknisi 1 turun dari 92,31% menjadi 48,54%. Penurunan utilisasi tersebut menunjukkan bahwa beban kerja teknisi menjadi lebih seimbang dan tidak lagi terpusat pada satu sumber daya. Selain itu, distribusi pekerjaan yang lebih merata membantu mengurangi potensi bottleneck dalam proses maintenance.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan usulan perbaikan yang disusun berdasarkan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) pada komponen kritis mesin giling, yaitu Coupling Turbin, Baut Suri-Suri, dan Rol Gilingan, mampu meningkatkan kinerja proses maintenance. Berdasarkan hasil perbandingan model As-Is dan To-Be, indikator yang paling relevan dengan permasalahan penelitian adalah waktu proses, efisiensi proses, perubahan sistem perawatan, dan dokumentasi perawatan. Keempat indikator tersebut secara langsung berkaitan dengan permasalahan tingginya downtime serta belum terstrukturinya aktivitas perawatan pada stasiun giling PT Madubaru. Penurunan waktu proses pada kondisi off-season sebesar 33,33% dan pada kondisi on-season sebesar 12,50% menunjukkan bahwa usulan strategi perawatan mampu meningkatkan efisiensi pelaksanaan aktivitas maintenance. Selain itu, perubahan sistem perawatan dari corrective maintenance menjadi preventive maintenance berbasis nilai RPN yang didukung oleh penyusunan SOP, checklist, dan dokumentasi riwayat perawatan diharapkan mampu mengurangi potensi downtime pada musim giling berikutnya. Sementara itu, indikator seperti utilisasi teknisi dan keterlibatan Kepala Stasiun berfungsi sebagai indikator pendukung yang menunjukkan bahwa usulan perbaikan juga mampu menghasilkan pembagian beban kerja yang lebih seimbang dan meningkatkan koordinasi dalam pelaksanaan perawatan. Meskipun demikian, penelitian ini belum menghitung nilai OEE setelah penerapan usulan perbaikan karena model To-Be masih berupa rancangan dan belum diimplementasikan pada kondisi operasional aktual. Oleh karena itu, peningkatan yang ditunjukkan dalam penelitian ini merupakan potensi perbaikan berdasarkan hasil simulasi Bizagi, sedangkan perhitungan OEE pascaimplementasi dapat dilakukan setelah usulan diterapkan dan data

operasional terbaru tersedia. Dengan demikian, model To-Be yang diusulkan dapat dijadikan rekomendasi bagi PT Madubaru dalam upaya meningkatkan keandalan mesin giling dan meminimalkan gangguan operasional selama kegiatan produksi.

5.4 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil analisis OEE, *Six big losses*, dan FMEA pada stasiun gilingan PT Madubaru (PG-PS) Madukismo yang telah diuraikan pada sub-bab sebelumnya menunjukkan kesesuaian sekaligus perbedaan tertentu apabila dibandingkan dengan temuan penelitian-penelitian terdahulu yang telah diulas pada kajian literatur Bab II. Perbandingan ini penting dilakukan untuk menegaskan posisi penelitian ini di antara penelitian sejenis, sekaligus menunjukkan kontribusi serta keterbaruan yang ditawarkan.

Pada aspek pengukuran efektivitas mesin, nilai OEE rata-rata stasiun gilingan dalam penelitian ini sebesar 82,45% sejalan dengan temuan (Mickhael Apriliano Lie, 2025) pada mesin pengisi cairan industri makanan dan (Siagian et al., 2024) pada mesin produksi industri pakaian, yang keduanya juga menunjukkan nilai efektivitas mesin di bawah standar world class 85%. Namun terdapat perbedaan pada faktor kerugian dominan: kedua penelitian itu menemukan *reduced speed losses*, *idling losses*, dan *breakdown losses* sebagai penyumbang terbesar, sedangkan penelitian ini justru menemukan *equipment failure losses* (38,16%) dan *setup and adjustment losses* (27,10%) sebagai dua faktor paling dominan. Perbedaan ini wajar terjadi karena karakteristik industri gula yang bersifat musiman, di mana mesin baru kembali dioperasikan setelah periode off-season sekitar enam bulan, sehingga kerusakan tak terencana dan kebutuhan penyetelan ulang menjadi jauh lebih dominan dibandingkan pada industri manufaktur yang beroperasi kontinu sepanjang tahun seperti pada kedua penelitian tersebut maupun penelitian (Firdaus & Ihsan, 2026) pada mesin CNC Lathe. Temuan ini menambahkan konteks musiman yang belum banyak dibahas pada penelitian-penelitian dengan objek industri yang beroperasi sepanjang tahun tersebut.

Pada aspek identifikasi komponen kritis berbasis nilai risiko, hasil FMEA dalam penelitian ini yang menetapkan *Coupling Turbin* (RPN 288), *Rol Gilingan* (RPN 245), dan *Baut Suri-Suri* (RPN 240) sebagai komponen kritis menunjukkan rentang nilai RPN yang sebanding dengan beberapa penelitian terdahulu. (Jatilaksana et al., 2025) pada

Overhead Crane menemukan RPN tertinggi sebesar 432 pada komponen Pendant OHC, sementara (Heru Haerudin et al., 2025) pada mesin Air Jet Loom melaporkan RPN 256 pada komponen Kamran, dan (Surya Panen Subur et al., 2022) pada stasiun press kelapa sawit menemukan RPN 240 pada komponen Bearing, angka yang identik dengan RPN Baut Suri-Suri dalam penelitian ini. Kesamaan rentang nilai RPN pada komponen-komponen kritis di berbagai jenis mesin dan industri ini mengindikasikan bahwa pendekatan FMEA secara konsisten efektif digunakan untuk menyaring komponen yang paling membutuhkan prioritas penanganan, terlepas dari jenis industri maupun karakteristik mesinnya. Akan tetapi, berbeda dengan penelitian (Simanungkalit et al., 2023) pada cement mill dan (Sukania & Wijaya, 2023) pada industri percetakan yang berhenti pada tahap identifikasi komponen kritis dan rekomendasi umum, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan menyusun strategi perawatan konkret berupa SOP dan penjadwalan yang divisualisasikan melalui pemodelan Bizagi serta diukur dampaknya secara kuantitatif terhadap waktu proses dan utilisasi sumber daya.

Perbedaan paling menonjol antara penelitian ini dan sebagian besar penelitian terdahulu terletak pada *kedalaman* tindak lanjut hasil FMEA. Kelima penelitian berbasis RPN yang disebutkan di atas umumnya berhenti pada tahap penentuan prioritas komponen kritis tanpa merancang dan menguji dampak strategi perawatan secara simulatif. Penelitian ini mengisi gap tersebut dengan mengintegrasikan hasil FMEA ke dalam rancangan SOP overhaul dan jadwal *preventive maintenance* yang kemudian disimulasikan menggunakan Bizagi dalam format BPMN, sehingga dampak perbaikan dapat diukur secara kuantitatif baik dari sisi efisiensi waktu proses (penurunan 33,33% pada off-season dan 12,50% pada on-season) maupun distribusi utilisasi sumber daya. Pendekatan simulatif berbasis BPMN semacam ini lebih dekat dengan arah perkembangan penelitian internasional yang diulas pada kajian literatur, seperti (Mallioris et al., 2024) yang menegaskan efektivitas strategi perawatan berbasis data dalam menekan *downtime*, serta (Tambare et al., 2022) yang menyoroti pentingnya integrasi sistem pengukuran kinerja dalam pengambilan keputusan perawatan. Dengan demikian, penelitian ini dapat dikatakan menjembatani dua kelompok penelitian terdahulu, yaitu kelompok penelitian nasional yang fokus pada pengukuran OEE dan identifikasi RPN

namun jarang mengukur dampak perbaikan secara simulatif, dengan kelompok penelitian internasional yang menekankan pendekatan berbasis data namun belum banyak diterapkan pada konteks industri musiman seperti industri gula.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini konsisten dengan temuan umum penelitian terdahulu bahwa kombinasi pengukuran OEE, *Six big losses*, dan FMEA merupakan pendekatan yang valid dan banyak terbukti efektif dalam mengidentifikasi sumber inefisiensi serta komponen kritis pada mesin produksi. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan berupa penerapan pendekatan tersebut pada konteks industri musiman yang memiliki karakteristik *Bathtub Curve* yang khas, serta perluasan analisis hingga tahap perancangan dan simulasi strategi perawatan yang belum banyak dilakukan secara terintegrasi pada penelitian-penelitian sejenis sebelumnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan yang menjawab rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Kondisi efektivitas stasiun gilingan dan faktor kerugian dominan

Hasil pengukuran *Overall equipment effectiveness* (OEE) menunjukkan bahwa stasiun gilingan PT Madubaru (PG-PS) Madukismo memiliki nilai OEE rata-rata sebesar 82,45% selama musim giling tahun 2025, yang masih berada di bawah standar world class sebesar 85%. Nilai OEE berfluktuasi mengikuti karakteristik *Bathtub Curve*, dengan nilai terendah terjadi pada bulan Mei (66,44%) akibat fase early failure di awal musim giling, dan mencapai nilai tertinggi pada bulan Juli (95,94%) saat mesin telah memasuki fase operasi stabil. Dari ketiga komponen pembentuk OEE, *Availability* menjadi komponen paling lemah dengan nilai rata-rata 84,5% (di bawah standar $\geq 90\%$), sementara *performance* (97,8%) dan *quality* (99,7%) telah melampaui standar world class. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan utama rendahnya efektivitas stasiun gilingan terletak pada tingginya waktu henti mesin, bukan pada kecepatan maupun kualitas produksi. Hasil analisis *Six big losses* mengidentifikasi *Equipment failure lossess* (38,16%) dan *Setup & Adjustment Losses* (27,10%) sebagai dua faktor kerugian paling dominan, yang secara kumulatif menyumbang 65,26% dari total time losses sebesar 86,797%. Berdasarkan analisis FMEA terhadap 16 mode kegagalan dari tujuh unit mesin, diperoleh tiga komponen kritis dengan kategori risiko tertinggi, yaitu *Coupling* Turbin (RPN 288), Rol Gilingan (RPN 245), dan Baut Suri-Suri (RPN 240), yang seluruhnya berasal dari Mesin Gilingan I–V. Analisis *Fishbone* diagram terhadap ketiga komponen tersebut mengungkap bahwa akar masalah paling mendasar terletak pada lemahnya elemen *Method* (belum tersedia

SOP perawatan tertulis) dan *Measurement* (belum ada parameter kondisi komponen yang dipantau secara terstruktur).

2. Usulan strategi perawatan

Berdasarkan akar masalah yang teridentifikasi, penelitian ini menghasilkan usulan strategi perawatan dalam bentuk SOP/Instruksi Kerja yang mencakup dua periode operasional, yaitu SOP overhaul berbasis prioritas RPN untuk periode off-season dan SOP *preventive maintenance* terstruktur untuk periode on-season. Usulan strategi tersebut divisualisasikan melalui pemodelan proses bisnis menggunakan Bizagi dalam format BPMN, yang membandingkan kondisi as-is dan to-be pada kedua periode. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan model to-be mampu mengurangi waktu proses *maintenance* sebesar 33,33% pada periode off-season (dari 28,5 jam menjadi 19 jam) dan 12,50% pada periode on-season (dari 26 jam menjadi 22,75 jam), serta mendistribusikan utilisasi sumber daya teknisi secara lebih merata (utilisasi Teknisi 1 turun dari 94,74% menjadi 55,26% pada off-season, dan dari 92,31% menjadi 48,54% pada on-season). Kedua model as-is yang digunakan sebagai dasar simulasi telah divalidasi dengan nilai error sebesar 5,00% (off-season) dan 7,14% (on-season), keduanya berada di bawah batas toleransi 10%, sehingga model dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai dasar analisis perbaikan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi metode OEE, *Six big losses*, FMEA, dan *Fishbone* Diagram berhasil mengidentifikasi sumber inefisiensi serta komponen kritis pada stasiun gilingan secara kuantitatif, dan usulan strategi perawatan yang dirancang berdasarkan temuan tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi proses perawatan serta keseimbangan beban kerja sumber daya, sehingga dapat menjadi dasar bagi PT Madubaru dalam upaya meningkatkan nilai OEE stasiun gilingan menuju standar world class $\geq 85\%$.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, berikut adalah saran yang dapat disampaikan:

- a) Bagi Perusahaan (PT Madubaru/PG-PS Madukismo):

1. Menerapkan SOP overhaul berbasis prioritas RPN yang telah dirancang, dengan mendahulukan pemeriksaan dan penggantian *Coupling* Turbin, Rol Gilingan, dan Baut Suri-Suri pada setiap periode off-season, mengingat ketiga komponen tersebut secara konsisten menjadi penyumbang utama *Equipment failure losses*.
 2. Menetapkan parameter ukur kuantitatif untuk komponen kritis (misalnya batas minimum diameter Rol Gilingan dan nilai torsi minimum Baut Suri-Suri) sebagai standar inspeksi baku, mengingat akar masalah utama yang teridentifikasi adalah lemahnya elemen *Measurement* yang menyebabkan gejala awal kegagalan tidak terdeteksi sejak dini.
 3. Mengimplementasikan checklist harian dan jadwal *preventive maintenance* mingguan sebagaimana dirancang pada model To-Be On Season, untuk mengompensasi nilai *Detection* yang tinggi pada Rol Gilingan ($D=7$) yang sulit dideteksi secara visual sebelum benar-benar mengalami kegagalan.
 4. Mendokumentasikan hasil setiap kegiatan overhaul dan *preventive maintenance* secara konsisten (sebagaimana mekanisme update history pada model To-Be), sehingga data historis kondisi komponen kritis dapat dijadikan dasar evaluasi OEE dan penyusunan jadwal perawatan pada musim giling berikutnya, bukan dimulai kembali dari nol setiap periode.
- b) Bagi Penelitian Selanjutnya:
1. Penelitian ini belum membahas aspek biaya (cost analysis) dari penerapan strategi perawatan yang diusulkan, sehingga penelitian selanjutnya dapat melengkapinya dengan analisis biaya-manfaat (cost-benefit analysis) antara biaya penerapan SOP/*preventive maintenance* dengan potensi penghematan dari penurunan *downtime*.
 2. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem pemantauan kondisi komponen kritis secara real-time (condition-based monitoring) khususnya untuk komponen dengan nilai *Detection* tinggi seperti Rol Gilingan, sejalan dengan arah perkembangan perawatan prediktif berbasis sensor dan IoT yang telah banyak dibahas pada penelitian internasional terkini.
 3. Validasi model simulasi Bizagi pada penelitian ini menggunakan data wawancara untuk satu musim giling, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data

historis multi-musim untuk meningkatkan akurasi representasi model terhadap variasi kondisi operasional dari tahun ke tahun.

4. Penelitian selanjutnya dapat memperluas objek analisis ke stasiun-stasiun produksi lain di PT Madubaru (misalnya stasiun pemurnian atau stasiun masakan), mengingat penelitian ini masih dibatasi pada stasiun gilingan saja, sehingga gambaran efektivitas dan strategi perawatan menyeluruh pabrik dapat diperoleh secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R., & Achmadi, F. (2020). *Pengukuran Nilai Availability & Performance Kapal Peti Kemas Dengan Menggunakan OEE*.
- Andika, R., Sundari, S., Pratiwi, M., Nudin, B., Teknik Industri, P., Tulang Bawang Jl Gajah Mada No, U., Baru Bandar Lampung, K., & Korespondensi, P. (2025). *Penerapan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Analisis K3 di Proyek Kontruksi PT. W*. <https://jurnal.utb.ac.id/index.php/indstrk>
- Anisah, S., Hartanto, R., & Alfaqih, A. (2022). *The Sui Generis Nature of Indonesia Investment Authority*.
- Anugrah Kunanti, R., Amalia Salma, S., Telekomunikasi, J., & Buahbatu -Bojongsoang, T. (2024). *Designing Standard Operating Procedure (SOP) For Planning and Implementing Machine Maintenance for The Implementation of ISO 9001:2015 Clause 7.1.3 Using the Business Process Management (BPM) Method in Hijab Printing Production* (Vol. 10, Number 2).
- Ardiansyah, M. R., & Nuriyanto, N. (2025). Analisis Total Productive Maintenance (TPM) dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Blowing. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(3), 3250–3259. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.47869>
- Ayu Nurjanah, D., Luluk Kusminah, I., Nadia Rachmat, A., Nabella, N., Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, P., Teknik Permesinan Kapal, J., Perkapalan Negeri Surabaya, P., Studi Teknik Pengelasan dan Fabrikasi, P., Teknik Bangunan Kapal, J., Konstruksi, P., & Pembangunan Jalur Ganda Rel Kereta Api, P. (2023). *Analisis Penentuan Komponen Kritis Small Excavator Menggunakan Metode FMEA dan Diagram Pareto* (Vol. 1, Number 1).
- Benhanifia, A., Cheikh, Z. Ben, Oliveira, P. M., Valente, A., & Lima, J. (2025). Systematic review of predictive maintenance practices in the manufacturing sector. In *Intelligent Systems with Applications* (Vol. 26). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2025.200501>
- Bhosale, P., & Jadhav, S. (2025). Uncovering the Influence of Operational Factors on Manufacturing Efficiency with Real Time Data. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-22776-8>
- Budi Puspitasari, N., Padma Arianie, G., & Adi Wicaksono, P. (2017). ANALISIS IDENTIFIKASI MASALAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN RISK PRIORITY NUMBER

- (RPN) PADA SUB ASSEMBLY LINE (Studi Kasus: PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia). In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 12, Number 2).
- Dewi, S. R., Saidiman, M., Krisnha, R., Dewi, S., Studi, P., Industri, T., & Bandung, U. T. (2025). *ANALISIS PERAWATAN MESIN STAMPING 800 TON MELALUI METODE RCM DAN FMEA UNTUK MENGURANGI DOWNTIME PT. YOROZU AUTOMOTIVE INDONESIA*. 13.
- Fadillah, A. R., & Fitriani, N. A. (2025). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance dalam Perencanaan Perawatan Komponen Mesin Giling. In *Jurnal Ilmiah Ilmu Teknik Mesin, Industri & Komputer (MURATEK)*.
- Faris Yasin Rochmatullah. (2025). Pemodelan proses kerja turnaround pabrik menggunakan Business Process Model Notation (BPMN). *Pemodelan Proses Kerja Turnaround Pabrik Menggunakan Business Process Model Notation (BPMN)*.
- Fathinatussakinah, A., Suhendar, E., & Oktaviani, A. (2024). Penerapan Business Process Reengineering untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Bisnis Menggunakan Bizagi Modeler. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 6(1), 35. <https://doi.org/10.30998/joti.v6i1.14984>
- Firdaus, H. R., & Ihsan, T. (2026). Analisis Efektivitas Mesin CNC Lathe Berbasis Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal Sains Dan Teknologi (JSIT)*, 6(1), 65–72. <https://doi.org/10.47233/jsit.v6i1.4190>
- Gilang Samudra, S., Haris, O., Digital Boash Indonesia Jl Letkol Atang Senjaya, P. K., Bantarsari, K., & Bogor, K. (2025). *Jurnal Mema (Jurnal Mesin dan Manufaktur) Analisa Tegangan dan Safety Factor Pada Design Poros Mesin Crusher Untuk HDPE Kapasitas 0.2646 Kg/min.* 2(1), 43–52. <https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index>
- Hector, I., & Panjanathan, R. (2024). Predictive maintenance in Industry 4.0: a survey of planning models and machine learning techniques. *PeerJ Computer Science*, 10, 1–50. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2016>
- Heru Haerudin, Y., Wanwan Jamaludin, Sri Suhartini, & Jaenudin. (2025). Analisis Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) terhadap Mesin Air Jet Loom (AJL). *Jurnal Teknologika*, 15(1), 727–739. <https://doi.org/10.51132/teknologika.v15i1.459>
- Hoffmann, M. A., & Lasch, R. (2025). Unlocking the Potential of Predictive Maintenance for Intelligent Manufacturing: a Case Study On Potentials, Barriers, and Critical Success Factors. *Schmalenbach Journal of Business Research*, 77(1), 27–55. <https://doi.org/10.1007/s41471-024-00204-3>

- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., & Gola, A. (2019). Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - An Overview. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.005>
- Jatilaksana, V. P., Dahda, S. S., & Negoro, Y. P. (2025). Analisis Risiko Kegagalan Komponen Elektrikal Pada Mesin Overhead Crane Dengan Metode FMEA dan FTA. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(4), 2045–2056.
- Mallioris, P., Aivazidou, E., & Bechtsis, D. (2024). Predictive maintenance in Industry 4.0: A systematic multi-sector mapping. In *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* (Vol. 50, pp. 80–103). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2024.02.003>
- Mickhael Apriliano Lie. (2025). Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Metode OEE pada Industri Makanan: Studi Kasus di PT “Y.” *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.47134/jme.v2i1.3966>
- Musa, A., & Cahyono Putra, A. (2025). Pendekatan Terintegrasi OEE dan FMEA dalam Meningkatkan Keandalan Mesin Giling Kedelai pada Proses Produksi Tahu. *Desember*, 12(2), 261–268.
- Nasution, M., Bakhori, A., & Novarika, W. (2021). MANFAAT PERLUNYA MANAJEMEN PERAWATAN UNTUK BENGKEL MAUPUN INDUSTRI. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 16, Number 3). Online.
- Nursanti, I., & Susanto, Y. (n.d.). ANALISIS PERHITUNGAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) PADA MESIN PACKING UNTUK MENINGKATKAN NILAI AVAILABILITY MESIN.
- Prasetyo, A., Teknologi, U., & Suseno, Y. (2026). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK CACAT MENGGUNAKAN METODE FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS). *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 3(1), 669–677. <https://doi.org/10.61722/jmia.v3i1.8158>
- Rakya, M., Bubenik, P., Binasova, V., Gabajova, G., & Staffenova, K. (2024). The Change in Maintenance Strategy on the Efficiency and Quality of the Production System. *Electronics* (Switzerland), 13(17). <https://doi.org/10.3390/electronics13173449>
- Romiyadi, R. (2025). Perawatan Mesin untuk Meningkatkan Performa dan Keandalan Mesin dan Peralatan. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(3), 3619–3626. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.47078>
- Siagian, W. M., Mardianti, N., Studi, P., & Rekayasa, M. (2024). *Industri Inovatif-Jurnal Teknik Industri ITN Malang, Maret 2024 Peningkatan Kinerja Mesin Manual*

Melalui Penggunaan Metode OEE | Wesly | Noramti PENINGKATAN KINERJA MESIN MANUAL MELALUI PENGGUNAAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN IDENTIFIKASI SIX BIG LOSSES (STUDI KASUS DI PABRIK PAKAIAN PT XYZ).

- Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023). Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(1), 72–83. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.199>
- Siska Apri Andita, Siti Rahayu, & Hasyrani Windyatri. (2025). Penerapan DMAIC Six Sigma dan FMEA Untuk Meningkatkan Kualitas Produk di PT XYZ Menuju Zero Defect. *Jurnal KaLIBRASI : Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 8(2), 58–69. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v8i2.1620>
- Subandi, O. :, & Rahmawati, E. (2024). PT. Media Akademik Publisher PEMAHAMAN KONSEPTUAL TENTANG STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP): DASAR, TUJUAN, MANFAAT, DAN PENERAPAN. *JMA*, 2(6), 3031–5220. <https://doi.org/10.62281>
- Sukania, I. W. S., & Wijaya, C. W. (2023). Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT. X. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 15(2), 103. <https://doi.org/10.24843/jem.2022.v15.i02.p06>
- Surya Panen Subur, di P., Hartati, R., Alue Peunyareng, J., & Barat, A. (2022). Penentuan Komponen Kritis Mesin pada Stasiun Press Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis. *Serambi Engineering*, VII(3).
- Tambare, P., Meshram, C., Lee, C. C., Ramteke, R. J., & Imoize, A. L. (2022). Performance measurement system and quality management in data-driven industry 4.0: A review. In *Sensors* (Vol. 22, Number 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22010224>
- Wibowo, P. A., & Padilah, I. (2023). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Pada Mesin Length Adjustement Line 3 Departemen Belt Assy PT XYZ. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 439–449. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2236>

LAMPIRAN











DRAFT PERTANYAAN

Penjelasan Narasumber sebagai Dasar Penentuan Nilai S, O, D pada Rekapitulasi RPN

Tugas Akhir - Mochamad Ilham Maulana (22522276)

A. Pertanyaan Umum Mengenai Metode Penentuan Nilai

Pertanyaan 1: Bagaimana proses penentuan nilai Severity, Occurrence, dan Detection pada penelitian ini? Apakah Anda menentukan sendiri nilainya?

Jawaban: Nilai S, O, dan D tidak saya tentukan secara sepihak. Saya melakukan wawancara dengan narasumber, yaitu pihak yang memahami kondisi aktual di lapangan seperti kepala stasiun/mandor, teknisi maintenance serta operator untuk menggali bagaimana dampak, frekuensi, dan kemudahan deteksi dari masing-masing mode kegagalan berdasarkan pengalaman operasional mereka. Setelah narasumber menjelaskan kondisi aktual tersebut, saya mencocokkan penjelasan itu dengan kriteria/skala penilaian FMEA yang baku dari literatur (skala 1 sampai 10), sehingga diperoleh nilai S, O, dan D yang paling sesuai dengan deskripsi kriteria pada tingkat tersebut. Jadi posisi saya adalah menerjemahkan informasi kualitatif dari narasumber menjadi nilai kuantitatif berdasarkan acuan literatur, bukan menentukan nilai berdasarkan asumsi pribadi.

Pertanyaan 2: Apa dasar/acuan yang digunakan untuk mencocokkan hasil wawancara dengan angka 1-10 tersebut?

Jawaban: Saya menggunakan tabel kriteria penilaian Severity, Occurrence, dan Detection yang umum digunakan dalam literatur FMEA, di mana setiap level angka memiliki deskripsi kualitatif tertentu, misalnya untuk Severity level tinggi menggambarkan dampak yang menyebabkan proses terhenti total, sedangkan level rendah menggambarkan dampak yang relatif kecil. Begitu juga untuk Occurrence yang menggambarkan tingkat keseringan kejadian, dan Detection yang menggambarkan kemudahan suatu kondisi untuk dideteksi melalui inspeksi rutin yang ada. Hasil cerita narasumber mengenai kondisi aktual kemudian dibandingkan dengan deskripsi pada setiap level tersebut untuk menentukan angka mana yang paling merepresentasikan kondisi yang disampaikan.

Pertanyaan 3: Mengapa nilai RPN antar komponen bisa berbeda-beda, padahal sama-sama berasal dari wawancara?

Jawaban: Karena kondisi aktual yang diceritakan narasumber memang berbeda-beda untuk setiap komponen, baik dari sisi seberapa parah dampaknya, seberapa sering kejadian itu muncul di lapangan, maupun seberapa mudah gejala awalnya dikenali melalui pengecekan rutin yang sudah berjalan. Perbedaan kondisi aktual inilah yang kemudian menghasilkan kombinasi nilai S, O, D, dan RPN yang berbeda-beda pada tiap komponen.

B. Pertanyaan dan Jawaban Berdasarkan Penjelasan Narasumber per Komponen

Mesin/Stasiun: Crane Unloading

Komponen: Laker Roda — **Mode Kegagalan:** Keausan pada laker roda

Pertanyaan 1 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Laker Roda jika mengalami "Keausan pada laker roda"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi keausan pada laker roda pada laker roda, dampak yang ditimbulkan antara lain kecepatan crane menurun, crane menjadi goyang/tidak stabil saat mengangkat beban, dan risiko kecelakaan kerja meningkat. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang masih

dapat ditoleransi namun tetap mengganggu proses. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 4$.

Pertanyaan 1 (O): Seberapa sering "Keausan pada laker roda" ini terjadi pada komponen Laker Roda, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan komponen sudah lama dipakai, gesekan antar bagian mesin terjadi terus-menerus, dan beban kerja terlalu berat selama musim giling. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 4$.

Pertanyaan 1 (D): Apakah "Keausan pada laker roda" pada komponen Laker Roda mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan relatif mudah dikenali melalui pengecekan/inspeksi rutin yang sudah berjalan. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 3$.

Pertanyaan 1 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Keausan pada laker roda" pada komponen Laker Roda, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 4 \times 4 \times 3 = 48$. Nilai ini termasuk kategori RENDAH ($RPN < 60$), namun narasumber tetap menyarankan inspeksi rutin agar kondisi tidak memburuk.

Komponen: Motor Listrik — Mode Kegagalan: Motor rusak/mati akibat overload

Pertanyaan 2 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Motor Listrik jika mengalami "Motor rusak/mati akibat overload"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi motor rusak/mati akibat overload pada motor listrik, dampak yang ditimbulkan antara lain motor mengalami overheating, kerusakan lilitan kawat, kenaikan biaya perawatan, dan downtime tidak terencana. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 6$.

Pertanyaan 2 (O): Seberapa sering "Motor rusak/mati akibat overload" ini terjadi pada komponen Motor Listrik, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan beban yang diangkat terlalu berat melebihi kemampuan motor, serta penumpukan debu terlalu banyak dalam satu kali angkat. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut tergolong jarang terjadi. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 3$.

Pertanyaan 2 (D): Apakah "Motor rusak/mati akibat overload" pada komponen Motor Listrik mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 2 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Motor rusak/mati akibat overload" pada komponen Motor Listrik, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 6 \times 3 \times 4 = 72$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Komponen: Coupling — Mode Kegagalan: Kerusakan coupling

Pertanyaan 3 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Coupling jika mengalami "Kerusakan coupling"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi kerusakan coupling pada coupling, dampak yang ditimbulkan antara lain tenaga dari motor tidak tersalurkan dengan baik, crane tidak beroperasi optimal, hingga patahnya komponen penghubung. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang masih dapat ditoleransi namun tetap mengganggu proses. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 5$.

Pertanyaan 3 (O): Seberapa sering "Kerusakan coupling" ini terjadi pada komponen Coupling, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan overload pada sistem transmisi, getaran berlebih, dan umur pakai komponen yang sudah tua. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut tergolong jarang terjadi. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 3$.

Pertanyaan 3 (D): Apakah "Kerusakan coupling" pada komponen Coupling mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 3 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Kerusakan coupling" pada komponen Coupling, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 5 \times 3 \times 4 = 60$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Mesin/Stasiun: Cane Table

Komponen: Rantai Conveyor — Mode Kegagalan: Rantai putus

Pertanyaan 4 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Rantai Conveyor jika mengalami "Rantai putus"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi rantai putus pada rantai conveyor, dampak yang ditimbulkan antara lain proses pemindahan tebu ke cane cutter terhenti mendadak, downtime signifikan, dan proses produksi terganggu. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 6$.

Pertanyaan 4 (O): Seberapa sering "Rantai putus" ini terjadi pada komponen Rantai Conveyor, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan beban kerja melebihi kapasitas desain rantai, keausan mata rantai akibat

gesekan berulang, dan pelumasan yang kurang memadai. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 4$.

Pertanyaan 4 (D): Apakah "Rantai putus" pada komponen Rantai Conveyor mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan relatif mudah dikenali melalui pengecekan/inspeksi rutin yang sudah berjalan. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 3$.

Pertanyaan 4 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Rantai putus" pada komponen Rantai Conveyor, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 6 \times 4 \times 3 = 72$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Komponen: Rantai Conveyor — Mode Kegagalan: Rantai lepas dari jalur

Pertanyaan 5 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Rantai Conveyor jika mengalami "Rantai lepas dari jalur"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi rantai lepas dari jalur pada rantai conveyor, dampak yang ditimbulkan antara lain mesin tidak berfungsi, aliran ke proses berikutnya terhambat, tebu menumpuk di cane table, dan efisiensi proses menurun. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang masih dapat ditoleransi namun tetap mengganggu proses. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 5$.

Pertanyaan 5 (O): Seberapa sering "Rantai lepas dari jalur" ini terjadi pada komponen Rantai Conveyor, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan ketidaksejajaran roda gigi penggerak dengan rantai, benda asing tersangkut di jalur rantai, dan keausan roda gigi penggerak. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 4$.

Pertanyaan 5 (D): Apakah "Rantai lepas dari jalur" pada komponen Rantai Conveyor mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan relatif mudah dikenali melalui pengecekan/inspeksi rutin yang sudah berjalan. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 3$.

Pertanyaan 5 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Rantai lepas dari jalur" pada komponen Rantai Conveyor, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 5 \times 4 \times 3 = 60$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Mesin/Stasiun: Cane Cutter

Komponen: Pisau Pemotongan — Mode Kegagalan: Pisau putus

Pertanyaan 6 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Pisau Pemotongan jika mengalami "Pisau putus"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi pisau putus pada pisau pemotongan, dampak yang ditimbulkan antara lain proses pemotongan tebu terhenti, kualitas potongan tebu menurun, downtime tidak terencana, dan biaya penggantian komponen meningkat. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 7$.

Pertanyaan 6 (O): Seberapa sering "Pisau putus" ini terjadi pada komponen Pisau Pemotongan, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan usia pemakaian sudah lama, mesin sering dipakai tanpa jeda cukup, benda keras (batu/logam) ikut terbawa tebu, dan getaran tinggi selama operasi. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 4$.

Pertanyaan 6 (D): Apakah "Pisau putus" pada komponen Pisau Pemotongan mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 6 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Pisau putus" pada komponen Pisau Pemotongan, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 7 \times 4 \times 4 = 112$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Komponen: Baut Pengikat — Mode Kegagalan: Baut patah

Pertanyaan 7 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Baut Pengikat jika mengalami "Baut patah"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi baut patah pada baut pengikat, dampak yang ditimbulkan antara lain pisau dapat bergeser/terlepas, membahayakan keselamatan operasional, dan posisi pisau pada housing menjadi tidak stabil. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang masih dapat ditoleransi namun tetap mengganggu proses. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 5$.

Pertanyaan 7 (O): Seberapa sering "Baut patah" ini terjadi pada komponen Baut Pengikat, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan getaran tinggi selama proses pemotongan dan material baut yang sudah melemah karena pemakaian lama. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak

terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 4$.

Pertanyaan 7 (D): Apakah "Baut patah" pada komponen Baut Pengikat mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 7 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Baut patah" pada komponen Baut Pengikat, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 5 \times 4 \times 4 = 80$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Mesin/Stasiun: Cane Carrier

Komponen: Split Pin — Mode Kegagalan: Split pin terlepas

Pertanyaan 8 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Split Pin jika mengalami "Split pin terlepas"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi split pin terlepas pada split pin, dampak yang ditimbulkan antara lain komponen yang seharusnya terkunci dapat bergeser/lepas, kestabilan proses pemindahan terganggu, proses tertenti, dan risiko kecelakaan meningkat. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang masih dapat ditoleransi namun tetap mengganggu proses. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 4$.

Pertanyaan 8 (O): Seberapa sering "Split pin terlepas" ini terjadi pada komponen Split Pin, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan getaran tinggi selama operasi, pengencangan saat pemasangan kurang baik, keausan lubangudukan pin, dan kelelahan material. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 4$.

Pertanyaan 8 (D): Apakah "Split pin terlepas" pada komponen Split Pin mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan relatif mudah dikenali melalui pengecekan/inspeksi rutin yang sudah berjalan. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 3$.

Pertanyaan 8 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Split pin terlepas" pada komponen Split Pin, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 4 \times 4 \times 3 = 48$. Nilai ini termasuk kategori RENDAH (RPN < 60), namun narasumber tetap menyarankan inspeksi rutin agar kondisi tidak memburuk.

Mesin/Stasiun: Hammer Unigrator

Pertanyaan 10 (D): Apakah "Hammer pecah" pada komponen Hammer mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 10 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Hammer pecah" pada komponen Hammer, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 6 \times 5 \times 4 = 120$. Nilai ini termasuk kategori TINGGI (RPN 120–199), sehingga perlu disusun preventive maintenance terencana.

Komponen: Baut Pengikat — Mode Kegagalan: Baut patah

Pertanyaan 11 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Baut Pengikat jika mengalami "Baut patah"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi baut patah pada baut pengikat, dampak yang ditimbulkan antara lain hammer dapat terlepas dari rotor, menyebabkan kerusakan lebih parah pada mesin, dan membahayakan keselamatan operasional. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 6$.

Pertanyaan 11 (O): Seberapa sering "Baut patah" ini terjadi pada komponen Baut Pengikat, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan getaran tinggi selama operasi, beban dinamis melebihi kapasitas, dan kelelahan material. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 5$.

Pertanyaan 11 (D): Apakah "Baut patah" pada komponen Baut Pengikat mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 11 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Baut patah" pada komponen Baut Pengikat, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 6 \times 5 \times 4 = 120$. Nilai ini termasuk kategori TINGGI (RPN 120–199), sehingga perlu disusun preventive maintenance terencana.

Komponen: Ujung Cutter — Mode Kegagalan: Ujung cutter patah

Pertanyaan 12 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Ujung Cutter jika mengalami "Ujung cutter patah"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi ujung cutter patah pada ujung cutter, dampak yang ditimbulkan antara lain kualitas hasil penghancuran tebu menurun, efisiensi ekstraksi nira pada tahap berikutnya menurun, kandungan nira di ampas

meningkat, dan perlu penggantian komponen. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang masih dapat ditoleransi namun tetap mengganggu proses. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level S = 5.

Pertanyaan 12 (O): Seberapa sering "Ujung cutter patah" ini terjadi pada komponen Ujung Cutter, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan beban kerja terlalu berat, ada benda keras ikut masuk bersama tebu, dan material aus karena gesekan terus-menerus. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai O = 5.

Pertanyaan 12 (D): Apakah "Ujung cutter patah" pada komponen Ujung Cutter mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai D = 4.

Pertanyaan 12 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Ujung cutter patah" pada komponen Ujung Cutter, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 5 \times 5 \times 4 = 100$. Nilai ini termasuk kategori SEDANG (RPN 60–119), sehingga cukup dilakukan monitoring berkala sebagaimana yang juga disarankan narasumber.

Mesin/Stasiun: Pompa Hidrolik

Komponen: Seal / Karet Seal — Mode Kegagalan: Kebocoran fluida hidrolik

Pertanyaan 13 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Seal / Karet Seal jika mengalami "Kebocoran fluida hidrolik"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi kebocoran fluida hidrolik pada seal / karet seal, dampak yang ditimbulkan antara lain tekanan sistem hidrolik turun, tekanan rol gilingan tidak stabil, pemerasan tebu tidak sempurna, kandungan nira di ampas tinggi, area kerja tercemar, dan lantai licin berisiko kecelakaan. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level S = 7.

Pertanyaan 13 (O): Seberapa sering "Kebocoran fluida hidrolik" ini terjadi pada komponen Seal / Karet Seal, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan usia pemakaian sudah lama, material seal mengeras dan retak, tekanan kerja melebihi kapasitas desain, dan keausan permukaan seal. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai O = 5.

Pertanyaan 13 (D): Apakah "Kebocoran fluida hidrolik" pada komponen Seal / Karet Seal mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 4$.

Pertanyaan 13 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Kebocoran fluida hidrolik" pada komponen Seal / Karet Seal, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 7 \times 5 \times 4 = 140$. Nilai ini termasuk kategori TINGGI (RPN 120–199), sehingga perlu disusun preventive maintenance terencana.

Mesin/Stasiun: Mesin Gilingan I-V

Komponen: Coupling Turbin — Mode Kegagalan: Kerusakan coupling

Pertanyaan 14 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Coupling Turbin jika mengalami "Kerusakan coupling"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi kerusakan coupling pada coupling turbin, dampak yang ditimbulkan antara lain transfer daya dari turbin ke gilingan tidak efisien bahkan dapat terputus, mesin tidak beroperasi baik, downtime tidak terencana, dan availability mesin menurun. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menyebabkan mesin/proses berhenti total atau kehilangan fungsi utamanya. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level $S = 8$.

Pertanyaan 14 (O): Seberapa sering "Kerusakan coupling" ini terjadi pada komponen Coupling Turbin, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan beban kerja terlalu berat, turbin dan sistem transmisi tidak sejajar sehingga timbul getaran berlebih, dan kelesahan material akibat pemakaian jangka panjang. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut tergolong sering terjadi pada interval waktu operasi tertentu. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai $O = 6$.

Pertanyaan 14 (D): Apakah "Kerusakan coupling" pada komponen Coupling Turbin mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 6$.

Pertanyaan 14 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Kerusakan coupling" pada komponen Coupling Turbin, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 8 \times 6 \times 6 = 288$. Nilai ini termasuk kategori KRITIS (RPN ≥ 200), sehingga berdasarkan kondisi yang disampaikan narasumber, komponen ini memerlukan tindakan perbaikan segera.

Komponen: Baut Suri-Suri — Mode Kegagalan: Baut putus

Pertanyaan 15 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Baut Suri-Suri jika mengalami "Baut putus"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi baut putus pada baut suri-suri, dampak yang ditimbulkan antara lain mesin harus dihentikan mendadak demi

keamanan, downtime signifikan, availability mesin menurun, komponen menjadi tidak stabil, dan berisiko merusak komponen lain. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menyebabkan mesin/proses bementi total atau kehilangan fungsi utamanya. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level S = 8.

Pertanyaan 15 (O): Seberapa sering "Baut putus" ini terjadi pada komponen Baut Suri-Suri, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan beban yang diterima baut melebihi kemampuannya, getaran tinggi selama operasi, benda keras tiba-tiba mengenai baut, kelelahan material, dan kurangnya inspeksi berkala. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut tergolong sering terjadi pada interval waktu operasi tertentu. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai O = 6.

Pertanyaan 15 (D): Apakah "Baut putus" pada komponen Baut Suri-Suri mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenal melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai D = 5.

Pertanyaan 15 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Baut putus" pada komponen Baut Suri-Suri, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 8 \times 6 \times 5 = 240$. Nilai ini termasuk kategori KRITIS (RPN ≥ 200), sehingga berdasarkan kondisi yang disampaikan narasumber, komponen ini memerlukan tindakan perbaikan segera.

Komponen: Rol Gilingan — Mode Kegagalan: Diameter rol menipis (keausan)

Pertanyaan 16 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Rol Gilingan jika mengalami "Diameter rol menipis (keausan)"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi diameter rol menipis (keausan) pada rol gilingan, dampak yang ditimbulkan antara lain kapasitas jepit berkurang, daya tekan mesin terhadap lebu menurun, volume lebu yang diproses per putaran berkurang, efisiensi ekstraksi nira menurun, performance ratio turun, dan losses produksi meningkat. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level S = 7.

Pertanyaan 16 (O): Seberapa sering "Diameter rol menipis (keausan)" ini terjadi pada komponen Rol Gilingan, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan gesekan antara rol dengan lebu, tekanan tinggi selama proses penggilingan, pemakaian terus-menerus sepanjang musim giling, dan keausan akibat abrasi. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai O = 5.

Pertanyaan 16 (D): Apakah "Diameter rol menipis (keausan)" pada komponen Rol Gilingan mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan sulit dikenali

Komponen: Stang Hammer — Mode Kegagalan: Stang putus

Pertanyaan 9 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Stang Hammer jika mengalami "Stang putus"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi stang putus pada stang hammer, dampak yang ditimbulkan antara lain hammer tidak berfungsi baik, kapasitas penghancuran tebu menurun, berpotensi merusak komponen lain, dan hammer terlepas sehingga berbahaya. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level S = 7.

Pertanyaan 9 (O): Seberapa sering "Stang putus" ini terjadi pada komponen Stang Hammer, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan beban kerja yang berat, getaran tinggi akibat ketidakseimbangan rotor, dan kelelahan material akibat pemakaian jangka panjang. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai O = 4.

Pertanyaan 9 (D): Apakah "Stang putus" pada komponen Stang Hammer mudah dideteksi lewat inspeksi rutin yang ada saat ini?

Jawaban: Terkait kemampuan deteksi, narasumber menjelaskan bahwa dengan sistem inspeksi dan pengecekan rutin yang berjalan saat ini, kondisi awal kerusakan masih bisa dikenali melalui pengecekan rutin, namun tidak selalu terdeteksi secara konsisten. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai D = 5.

Pertanyaan 9 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Stang putus" pada komponen Stang Hammer, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 7 \times 4 \times 5 = 140$. Nilai ini termasuk kategori TINGGI (RPN 120–199), sehingga perlu disusun preventive maintenance terencana.

Komponen: Hammer — Mode Kegagalan: Hammer pecah

Pertanyaan 10 (S): Apa dampak yang terjadi pada komponen Hammer jika mengalami "Hammer pecah"?

Jawaban: Menurut penjelasan narasumber di lapangan, apabila terjadi hammer pecah pada hammer, dampak yang ditimbulkan antara lain penghancuran tebu tidak efektif, serpihan hammer dapat merusak komponen lain, downtime untuk penggantian, dan biaya perawatan meningkat. Narasumber menyampaikan bahwa kegagalan menimbulkan penurunan kinerja yang cukup signifikan terhadap proses produksi. Setelah dicocokkan dengan kriteria skala Severity pada literatur FMEA, kondisi tersebut paling sesuai dengan level S = 6.

Pertanyaan 10 (O): Seberapa sering "Hammer pecah" ini terjadi pada komponen Hammer, dan apa penyebabnya?

Jawaban: Narasumber menjelaskan bahwa penyebab dari kegagalan ini umumnya berkaitan dengan material hammer sudah aus, benda keras ikut terbawa tebu, getaran berlebih menimbulkan relak, dan beban impact melebihi kapasitas. Berdasarkan pengalaman operasional narasumber selama musim giling, kejadian tersebut terjadi dengan frekuensi sedang/cukup berkala, tidak terlalu sering namun juga bukan kasus langka. Setelah informasi tersebut dicocokkan dengan kriteria skala Occurrence pada literatur, diperoleh nilai O = 5.

melalui pengecekan rutin yang ada saat ini sehingga sering baru diketahui setelah kegagalan benar-benar terjadi. Penjelasan kondisi deteksi aktual tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria skala Detection pada literatur FMEA, sehingga diperoleh nilai $D = 7$.

Pertanyaan 16 (RPN): Berdasarkan ketiga nilai tersebut, berapa RPN untuk mode kegagalan "Diameter rol menipis (keausan)" pada komponen Rol Gilingan, dan apa artinya bagi prioritas perbaikan?

Jawaban: RPN diperoleh dari hasil kali $S \times O \times D = 7 \times 5 \times 7 = 245$. Nilai ini termasuk kategori KRITIS (RPN ≥ 200), sehingga berdasarkan kondisi yang disampaikan narasumber, komponen ini memerlukan tindakan perbaikan segera.

C. Pertanyaan Rekapitulasi Keseluruhan

Pertanyaan R1: Berdasarkan keseluruhan hasil wawancara, komponen mana yang menurut narasumber paling berisiko (RPN tertinggi)?

Jawaban: Berdasarkan penjelasan narasumber, komponen Coupling Turbin pada Mesin Gilingan I-V memiliki RPN tertinggi yaitu 288 ($S=8$, $O=6$, $D=6$). Narasumber menjelaskan bahwa kerusakan coupling ini berdampak besar karena dapat memutus transfer daya dari turbin ke gilingan sehingga mesin berhenti beroperasi, kejadian ketidaksejajaran/getaran cukup sering muncul, dan kondisi awal kerusakannya tergolong sulit dikenali melalui pengecekan rutin yang ada.

Pertanyaan R2: Komponen apa saja yang menurut hasil pencocokan dengan kriteria literatur masuk kategori KRITIS (RPN ≥ 200)?

Jawaban: Tiga komponen yang masuk kategori kritis adalah Coupling Turbin dengan RPN 288, Rol Gilingan dengan RPN 245, dan Baut Suri-Suri dengan RPN 240, yang seluruhnya berada di stasiun Mesin Gilingan I-V sesuai kondisi aktual yang dijelaskan narasumber pada stasiun tersebut.

Pertanyaan R3: Mengapa narasumber menjelaskan kondisi yang lebih berisiko terjadi pada stasiun Mesin Gilingan dibanding stasiun lain seperti Crane Unloading?

Jawaban: Menurut narasumber, stasiun Mesin Gilingan menanggung beban kerja mekanis dan tekanan yang jauh lebih besar karena berfungsi memeras nira dari tebu secara terus-menerus sepanjang musim giling, sehingga dampak dan frekuensi kerusakannya lebih tinggi dibanding stasiun seperti Crane Unloading yang fungsinya hanya memindahkan tebu dengan beban kerja yang relatif lebih ringan.

Pertanyaan R4: Apa rekomendasi tindak lanjut yang disampaikan narasumber untuk komponen-komponen dengan kategori RPN kritis dan tinggi?

Jawaban: Narasumber menyarankan agar komponen kategori kritis segera dijadwalkan untuk perbaikan/penggantian serta diberlakukan predictive/preventive maintenance dengan interval pengecekan yang lebih pendek, misalnya pada coupling turbin dan rol gilingan. Sementara untuk komponen kategori tinggi seperti Stang Hammer dan Seal Hidrolik, narasumber menyarankan penyusunan jadwal preventive maintenance agar kegagalan dapat dicegah sebelum menimbulkan downtime yang signifikan.

