



Terbit online pada laman: <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST>

Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

Analisis Efektivitas Peralatan dan Prioritas Perawatan Berbasis OEE, Six Big Losses, dan FMEA Pada Urea Plant PT Pupuk XYZ

Georal Alfa Sapang, Faisal Manta, I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana*, Yongki Christandi Batubara, Martina Puspita Sari, dan Gad Gunawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Rekayasa Teknologi dan Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Jl. Soekarno Hatta, Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur, Kode Pos, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 17 Mei 2026
Diterima : 25 Juni 2026
Diterbitkan : 30 Juni 2026

KATA KUNCI

Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Failure Mode and Effect Analysis, Total Productive Maintenance, Urea Plant

KORRESPONDENSI

E-mail: made.sujana@lecturer.itk.ac.id

A B S T R A K

PT. Pupuk XYZ merupakan salah satu produsen pupuk urea di Indonesia yang mengoperasikan Urea Plant dengan tuntutan kinerja produksi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas peralatan serta mengidentifikasi penyebab penurunan kinerja pada Urea Plant Pabrik 2. Metode yang digunakan meliputi Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses, diagram fishbone, dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE sebesar 88,32%, masih berada di atas standar world-class sebesar 85%. telah melampaui standar kelas dunia sebesar 85%. Nilai Availability (95,10%) dan Quality (100%) telah memenuhi standar, sedangkan Performance (92,49%) masih menjadi faktor pembatas. Penurunan efektivitas terutama disebabkan oleh unplanned downtime hingga 181,44 jam akibat kerusakan peralatan kritis. Oleh karena itu, penerapan Total Productive Maintenance (TPM) diusulkan untuk meningkatkan keandalan peralatan dan menekan downtime.

A B S T R A C T

PT. Pupuk XYZ is one of the urea producers in Indonesia, operating Urea Plants with high production performance demands. The purpose of this study is to evaluate the efficiency of the equipment and pinpoint the reasons for the deterioration in performance at Urea Plant Pabrik 2. The methods used include Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses, fishbone diagram, and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). The average OEE value, according to the data, is 88.32%, which is higher than the world-class benchmark of 85%. Performance (92.49%) stays below the benchmark and becomes the primary limiting factor, whereas Availability (95.10%) and Quality (100%) satisfy the requirements. The primary source of the effectiveness loss is unscheduled downtime, which reached 181.44 hours as a result of key equipment failures. Therefore, the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) is proposed to improve equipment reliability and reduce downtime.

1. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan isu strategis yang menuntut ketersediaan pupuk secara berkelanjutan guna mendukung produktivitas sektor pertanian. Dalam konteks ini, PT Pupuk XYZ memiliki peran penting sebagai produsen pupuk nasional yang tidak hanya memenuhi kebutuhan domestik, tetapi juga berkontribusi terhadap pasar internasional. Peningkatan permintaan pupuk yang dipengaruhi oleh kondisi global dan isu ketahanan pangan mendorong perusahaan untuk memastikan keandalan sistem produksi secara konsisten.

Salah satu fasilitas produksi utama adalah Pabrik 2 yang telah beroperasi sejak tahun 1982. Dengan kapasitas produksi yang signifikan, keberlangsungan operasional pabrik ini menjadi krusial. Namun, usia operasional yang relatif tua menyebabkan meningkatnya risiko kegagalan peralatan, sehingga berpotensi menimbulkan unplanned *downtime* yang berdampak pada terganggunya proses produksi.

Berdasarkan data periode 2023-2025, *unplanned downtime* menunjukkan tren fluktuatif. Meskipun terjadi penurunan pada tahun 2024, peningkatan kembali pada tahun 2025 mengindikasikan bahwa permasalahan keandalan belum sepenuhnya terselesaikan. Analisis menunjukkan bahwa *downtime* disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari ketidakstabilan instrumen, kebocoran peralatan statis, hingga gangguan pada peralatan proses utama seperti HPCC dan turbin CO₂ *compressor*. Kompleksitas permasalahan ini menunjukkan bahwa gangguan tidak bersifat tunggal, melainkan melibatkan berbagai aspek sistem produksi.

Dampak dari kondisi tersebut tidak hanya terbatas pada penurunan kinerja peralatan, tetapi juga berimplikasi pada efisiensi operasional dan pencapaian target produksi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang komprehensif dalam mengevaluasi efektivitas sistem pemeliharaan. *Total Productive Maintenance* (TPM) menjadi salah satu metode yang relevan karena mengintegrasikan aspek teknis dan keterlibatan sumber daya manusia dalam upaya peningkatan kinerja peralatan.

Dalam penelitian ini, efektivitas peralatan dianalisis menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang mencakup tiga indikator utama, yaitu

availability, *performance efficiency*, dan *quality rate*. Selain itu, analisis *Six Big Losses* digunakan untuk mengidentifikasi sumber utama kerugian produksi. Untuk menggali akar penyebab permasalahan, digunakan diagram *fishbone* yang mempertimbangkan faktor manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Analisis kemudian diperdalam menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) guna menentukan prioritas risiko dan merumuskan rekomendasi perbaikan.

Studi terdahulu menunjukkan bahwa meskipun nilai OEE telah mendekati standar global, *breakdown losses* masih menjadi faktor dominan yang memengaruhi penurunan efektivitas. Namun, kajian yang secara spesifik menyoroti permasalahan *downtime* pada Urea Plant Pabrik 2 masih belum banyak dilakukan, khususnya yang menghasilkan rekomendasi berbasis kondisi aktual.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas peralatan, mengidentifikasi sumber kerugian, serta merumuskan strategi peningkatan keandalan peralatan guna mendukung keberlangsungan proses produksi secara optimal.

2. METODOLOGI

2.1. Total Productivity Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) adalah suatu kegiatan dalam mengupayakan pemeliharaan komponen produksi seperti mesin, bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi beberapa faktor yang menjadi penghambat laju kegiatan produksi [1]. Tujuan lain dari kegiatan TPM ialah mendapatkan tingkat efisiensi tertinggi dan merata terhadap semua bagian produksi sehingga dapat tercipta kondisi dengan tidak menimbulkan kejadian kecelakaan dan produksi yang gagal, kemudian memperbaiki alur dari sistem produksi.

2.2. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall equipment effectiveness (OEE) bertujuan sebagai metrik kuantitatif untuk mengukur produktivitas peralatan produksi individu di pabrik [6]. Metrik ini telah memperoleh popularitas yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir karena mampu mengungkap dan mengukur biaya tersembunyi atau tidak relevan terkait dengan suatu

peralatan. OEE dapat secara drastis memengaruhi produktivitas pabrik karena menguraikan kerugian ke dalam kategori yang jelas. Saat memulai implementasi TPM, penting untuk fokus pada peralatan yang paling kritis terlebih dahulu. Organisasi sebaiknya mengukur OEE karena tiga alasan utama:

1. Untuk membantu memprioritaskan proyek perbaikan dan mencerminkan hasil
2. Untuk menggabungkan aspek pemanfaatan, operasi, dan kualitas peralatan
3. Untuk mengukur perubahan dalam kapasitas, produktivitas, dan kualitas.

Berdasarkan standar kinerja OEE kelas dunia, nilai OEE sebesar 100% menunjukkan kondisi produksi yang sempurna tanpa *defect*, *downtime*, maupun penurunan performa mesin [11]. Nilai OEE sebesar 85% dikategorikan sebagai standar *world class* yang menjadi target ideal bagi sebagian besar industri. Sementara itu, nilai OEE sebesar 60% masih berada pada tingkat wajar namun memerlukan peningkatan efektivitas produksi, sedangkan nilai OEE sebesar 40% menunjukkan performa produksi yang rendah dan memerlukan perbaikan secara signifikan.

2.2.1. Availability Ratio

Availability ratio di sini merupakan salah satu rasio yang menunjukkan seberapa efektif waktu tersedia yang dapat digunakan dalam kegiatan operasional mesin ataupun peralatan. Tujuan dari *availability ratio* adalah untuk mengurangi suatu waktu henti yang direncanakan dengan meningkatkan kembali efisiensi dalam penyesuaian mesin dan kegiatan perawatan yang sudah terjadwal sebelumnya [2].

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \\ &= \frac{(\text{Loading Time} - \text{Downtime})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \end{aligned} \quad (1)$$

2.2.2. Performance Ratio

Performance ratio (Rasio kinerja) merupakan rasio yang menunjukkan suatu kemampuan dari peralatan yang ada dalam memproduksi barang. Rasio ini, menunjukkan tingkat efektivitas dalam memproduksi barang dan kondisi mesin yang beroperasi secara aktual. Perhitungan dilakukan perbandingan antara jumlah *output* produksi aktual dengan jumlah *output*

produk yang bisa dipenuhi sesuai standar kapasitas yang telah ditetapkan. Berikut adalah alat ukur yang digunakan dalam perhitungannya [4].

$$\text{Performance} = \frac{\text{Jumlah Produksi Realisasi}}{\text{Jumlah produksi (MPC)}} \times 100\% \quad (2)$$

2.2.3. Quality Ratio

Quality ratio adalah suatu rasio yang menunjukkan dari kemampuan suatu mesin ketika memproduksi barang dengan memenuhi standar yang sudah ditentukan, yaitu jumlah produk cacat atau yang ditolak, yang kemudian dikonversi menjadi waktu [1].

$$\text{Quality} = \frac{\text{Jumlah Produksi} - \text{Defect Amount}}{\text{Jumlah Produksi}} \times 100\% \quad (3)$$

2.2.4. OEE

Setelah memperoleh nilai dari perhitungan rasio ketersediaan, rasio kinerja, dan rasio kualitas, langkah selanjutnya tentu menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, Kirana (2024 [7].

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \times 100\% \quad (4)$$

2.3. Six Big Losses

Six Big Losses tersebut biasanya diklasifikasikan menjadi 3 yaitu *downtime losses*, *speed losses* dan *quality losses*. Masing-masing kegagalan dihitung dan dicari ketiga faktor yang disebutkan sebelumnya untuk mengetahui kegagalan yang paling mempengaruhi rendahnya efektivitas mesin. Kemudian dari nilai tersebut didapatkan persentase terbesar dari kegagalan yang mempengaruhi nilai efektivitas mesin yang rendah. Kemudian dari hasil tersebut dapat diambil tindakan untuk memperbaiki kondisi dan juga meningkatkan efektivitas mesin kembali [3].

2.3.1. Breakdown Losses

Breakdown losses merupakan kerugian yang terjadi dikarenakan peralatan mengalami kerusakan, tidak dapat digunakan dan memerlukan perbaikan atau penggantian. Kerugian ini diukur dengan seberapa lama waktu selama mengalami kerusakan hingga selesai diperbaiki [3].

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Down time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (5)$$

2.3.2. Setup and Adjustment

Set-up and adjustment time merupakan kerugian ini diakibatkan perubahan kondisi operasi [3].

$$\text{Setup and adjustment} = \frac{\text{Setup time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (6)$$

2.3.3. Idle and Minor

Idling and minor stoppages losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh berhentinya peralatan karena ada permasalahan sementara, seperti mesin *halting*, *jamming* serta *idling* [3].

$$\begin{aligned} \text{Idling and Minor stoppages} \\ = \frac{\text{Idle time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \end{aligned} \quad (7)$$

Idling and minor stoppages losses dihitung berdasarkan total waktu berhenti sesaat (*idle time* dan *minor stoppages*) dibandingkan terhadap *loading time* sehingga merepresentasikan proporsi kehilangan waktu akibat gangguan operasi berdurasi pendek.

Pada konsep TPM klasik, perhitungan *performance* dan *reduced speed losses* umumnya menggunakan pendekatan *ideal cycle time* yang diterapkan pada industri *discrete manufacturing*. Perhitungan *performance* dapat disesuaikan dengan karakteristik industri. Pada industri proses kontinu seperti pabrik urea, performa produksi lebih representatif dinyatakan dalam bentuk *throughput* atau *production rate* (ton/jam) [11]. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan *design capacity* sebagai representasi *ideal speed* dan *actual production rate* sebagai representasi *actual speed* dalam analisis *reduced speed losses*.

2.3.4. Reduce Speed Losses

Reduce speed losses yaitu pengurangan kecepatan produksi dari kecepatan desain peralatan tersebut. Pengukuran kerugian ini dengan membandingkan kapasitas ideal dengan beban kerja aktual [3].

$$\begin{aligned} \text{Reduce Speed Losses} = \\ \frac{(\text{Design Capacity} - \text{Actual Production})}{\text{Design Capacity}} \times 100\% \end{aligned} \quad (8)$$

2.3.5. Reduce Yield

Reduced Yield losses terjadi dikarenakan bahan baku terbuang. Kerugian ini dibagi menjadi dua, yaitu kerugian bahan baku akibat desain produk dan metode manufaktur serta kerugian penyesuaian karena cacat kualitas produk yang diproduksi pada awal proses produksi dan saat terjadi pergantian [3].

$$\text{Setup and adjustment} = \frac{\text{Yield Loss}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (9)$$

Pada penelitian ini nilai *reduced yield* sebesar 0% karena produk yang belum memenuhi spesifikasi pada saat *start-up* maupun transisi operasi tidak dibuang sebagai *scrap*, tetapi diproses kembali melalui sistem *recycle* sehingga tidak menimbulkan kehilangan material permanen.

2.3.6. Defect Quality

Quality defect merupakan kerugian ini terjadi karena terjadi kecacatan produk selama produksi [4].

$$\begin{aligned} \text{Quality defect} = \\ \frac{(\text{ideal cycle time} \times \text{defect during production})}{\text{Loading time}} \times 100\% \end{aligned} \quad (10)$$

2.4. Diagram Pareto

Diagram pareto yaitu alat untuk mengukur penurunan produktivitas sebuah mesin. Dengan menggunakan diagram pareto, maka akan diketahui akar dari penyebab suatu masalah sehingga menyebabkan turunnya produktivitas. Diagram pareto menyatakan bahwa 20% dari sumber masalah kualitas dapat menyebabkan kerugian sebesar 80%. Dengan prinsip 80/20 dapat diketahui adanya *losses* yang paling dominan atau besar pengaruhnya terhadap penurunan efektivitas mesin produksi [8].

2.5. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu fasilitas dan analisis risiko secara sirkulatif dan sistematis juga memungkinkan untuk mendapatkan hubungan antara penyebab dan akibat juga sebagai penyelesaian. FMEA digunakan oleh Perusahaan dalam menganalisis terjadinya

kegagalan pada komponen, produk, dan subsistem. [2]

2.5.1. Severity

Severity merupakan tingkat kerusakan pada benda, yang dimana semakin tinggi angka yang dinilai maka tingkat keparahan benda, juga menjadi parameter tingkatan dampak yang dihasilkan dari sebuah potensial kegagalan pada komponen. Berikut table yang menjelaskan tingkatan pada *Severity* [2].

2.5.2. Occurance

Occurrence merupakan kemungkinan dan frekuensi kejadian pada benda terjadinya kesalahan. *Equipment* dievaluasi berdasarkan data historis, kompleksitas sistem, serta kemungkinan munculnya penyebab kegagalan, sehingga semakin tinggi nilai *occurrence*, maka semakin besar peluang terjadi kegagalan *equipment* tersebut [9].

2.5.3. Detection

Detection merupakan tingkat untuk menentukan bagaimana kegagalan pada benda dapat diketahui sebelum terjadi Tingkat *detection* bergantung pada efektivitas sistem pengendalian atau monitoring yang tersedia, di mana kegagalan yang sulit dideteksi akan memiliki nilai *detection* yang tinggi [9].

2.5.4. Risk Priority Number (RPN)

Risk Priority Number (RPN) merupakan hasil perkalian dari dari masing-masing tingkat, seperti *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* yang berfungsi sebagai penentu prioritas dalam melakukan perawatan mesin, juga sebagai rangking dalam kegagalan proses [10].

2.6. Diagram Fishbone

Diagram ini akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan, dengan berbagai penyebabnya. Efek atau akibat dituliskan sebagai moncong kepala. Sedangkan tulang ikan diisi oleh sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya. Dikatakan diagram *cause and effect* karena diagram tersebut menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat [7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Produksi dan Downtime

Data jumlah produksi urea PT. Pupuk XYZ digunakan untuk menghitung nilai OEE pada penelitian ini, dan terkumpul dari bulan Mei - Oktober 2025 yang disajikan pada Tabel 1.1. Kemudian Data digunakan dalam penelitian ini berupa data *downtime* pada urea *plant* pabrik 2 dengan periode bulan Mei hingga Oktober 2025 di PT. Pupuk XYZ yang disajikan tersebut kemudian diolah kedalam bentuk Tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1.
Data Produksi

Periode	Jumlah Produksi (Ton/Jam) MPC	Jumlah Produksi (Ton/Jam) Realisasi
Mei	81,458	83,022
Juni	81,458	82,843
Juli	81,458	73,547
Agustus	81,458	56,463
September	81,458	78,792
Oktober	81,458	77,395

Tabel 2.
Data Waktu Operasional dan Downtime
Pabrik 2 unit urea

Periode	Loading Time (Jam)	Unplanned Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)
Mei	744	0	744
Juni	720	0	720
Juli	744	37,2	706,8
Agustus	744	181,44	562,56
September	720	0	720
Oktober	744	0	744

3.2. Data Overall Equipment Effectiveness

Analisa perhitungan OEE Pabrik 2 Urea Plant PT. Pupuk XYZ untuk mengetahui tingkat efektivitas operasional pabrik pada periode Mei – Oktober 2025. OEE terdiri dari hasil perkalian antar *Availability ratio*, *Performance ratio*, *Quality ratio*. Adapun hasil data OEE yang disajikan dalam bentuk Tabel 6

Tabel 3.
Nilai *Availability* pada Periode Mei-Oktober 2025

Periode	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Availability (%)
Mei	744	0	100,00%
Juni	720	0	100,00%
Juli	744	37,2	95,00%
Agustus	744	181,44	75,61%

September	720	0	100,00%
Oktober	744	0	100,00%

Berdasarkan hasil perhitungan *availability* pada periode Mei–Oktober 2025, bulan Mei, Juni, September, dan Oktober memiliki tingkat ketersediaan tertinggi sebesar 100%, menunjukkan bahwa tidak ada *downtime* selama proses produksi. Namun, pada bulan Juli, ketersediaan turun menjadi 95,00%, dengan *downtime* 37,2 jam, dan penurunan terbesar sebesar 75,61% terjadi pada bulan Agustus, yang disebabkan oleh *downtime* mencapai 181,44 jam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa gangguan operasi dan kerusakan *equipment* pada bulan Juli dan Agustus memberikan pengaruh signifikan terhadap efektivitas operasi produksi urea.

Tabel 4.

Nilai Performance pada Periode Mei–Oktober 2025

Periode	Jumlah Produksi (Ton/Jam) MPC	Jumlah Produksi (Ton/Jam) Realisasi	Performance Efficiency (Jam)
Mei	81,458	83,022	100%
Juni	81,458	82,843	100%
Juli	81,458	73,547	90,29%
Agustus	81,458	56,463	69,32%
September	81,458	78,792	96,73%
Oktober	81,458	77,395	95,01%

Berdasarkan hasil perhitungan *performance* pada periode Mei–Oktober 2025, nilai *performance* tertinggi terjadi pada bulan Mei dan Juni. Namun, berdasarkan konsep *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), nilai *performance* tidak dapat melebihi 100%. Oleh karena itu, nilai *performance* pada kedua bulan tersebut dibatasi (*capped*) menjadi 100%, yang menunjukkan bahwa peralatan telah beroperasi pada kapasitas maksimumnya. Penurunan *performance* kemudian terjadi pada Juli (90,29%) dan mencapai nilai terendah pada Agustus (69,32%) akibat menurunnya laju produksi karena *unplanned downtime*. Selanjutnya, *performance* meningkat kembali pada September (96,73%) dan Oktober (95,01%), menunjukkan proses produksi mulai kembali stabil.

Tabel 5.

Nilai Quality pada Periode Mei–Oktober 2025

Periode	Jumlah Produksi (Ton/Bulan)	Defect Amount (Ton/Bulan)	Rate of Quality Product (%)
Mei	61768	0	100%
Juni	59647	0	100%
Juli	51983	0	100%

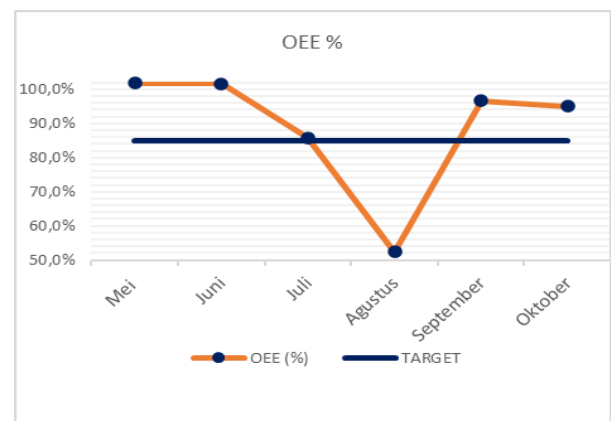
Agustus	31764	0	100%
September	56730	0	100%
Oktober	57582	0	100%

Berdasarkan hasil perhitungan *quality* yang dilakukan dari Mei hingga Oktober 2025, seluruh proses produksi menunjukkan nilai rata-rata kualitas produk sebesar 100% tanpa jumlah kesalahan yang terjadi selama periode penelitian. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas produk urea masih berada dalam batas spesifikasi yang ditetapkan perusahaan. Selain itu, cacat permanen tidak ditemukan karena produk yang tidak memenuhi spesifikasi masih dapat diproses kembali melalui sistem retur, sehingga tidak menghasilkan *reject product* selama proses produksi.

Tabel 6.

Data OEE Pabrik 2 unit urea

Periode	Availability (%)	Performance Efficiency (Jam)	Rate of Quality Product (%)	OEE
Mei	100,00%	100%	100%	100%
Juni	100,00%	100%	100%	100%
Juli	95,00%	90,29%	100%	85,77%
Agustus	75,61%	69,32%	100%	52,41%
September	100,00%	96,73%	100%	96,73%
Oktober	100,00%	95,01%	100%	95,01%



Gambar 1. Grafik nilai OEE Urea Plant 2
PT. Pupuk XYZ (Mei-Oct 2025)

Berdasarkan Gambar 1 nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) selama periode Mei–Oktober 2025 menunjukkan fluktuasi. Pada bulan Mei dan Juni, nilai OEE mencapai 100%, yang menunjukkan kondisi operasi mendekati ideal dengan *availability* dan *quality* sebesar 100% serta *performance* mencapai batas maksimum. Nilai OEE kemudian menurun menjadi 85,77% pada Juli dan mencapai

titik terendah sebesar 52,41% pada Agustus akibat tingginya *unplanned downtime* karena perbaikan HPCC dan Turbine CO₂ Compressor. Setelah tindakan perbaikan dilakukan, nilai OEE meningkat kembali menjadi 96,73% pada September dan 95,01% pada Oktober. Secara keseluruhan diperoleh rata-rata OEE sebesar 88,32%, yang masih berada di atas standar *world-class* sebesar 85%.

3.3. Data Six Big Losses

Tabel 7.
Data Six Big Losses Pabrik 2 unit urea

Periode	Break down (%)	Setup (%)	Idle (%)	Reduce Speed (%)	Reduce Yield (%)	Quality Defect (%)
Mei	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Juni	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Juli	5,00%	1,34%	0,71%	9,71%	0%	0%
Agustus	24,39%	2,02%	4,34%	30,68%	0%	0%
September	0%	0%	0%	3,27%	0%	0%
Oktober	0%	0%	0%	4,99%	0%	0%

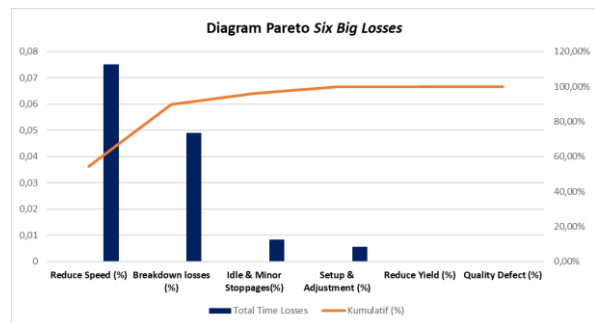
Berdasarkan hasil analisis *Six Big Losses*, *reduced speed losses* merupakan faktor kehilangan terbesar pada Urea Plant Pabrik 2 dengan nilai *losses* sebesar 7,51% atau memberikan kontribusi sebesar 54,38% terhadap *total losses*. Kondisi ini menunjukkan bahwa peralatan belum mampu beroperasi secara konsisten pada kapasitas desain akibat penurunan kecepatan produksi selama proses operasi. Faktor terbesar berikutnya adalah *breakdown losses* dengan nilai *losses* sebesar 4,90% atau memberikan kontribusi sebesar 35,48% terhadap *total losses*. Apabila kedua jenis *losses* tersebut digabungkan, kontribusi kumulatifnya mencapai 89,86%, sehingga keduanya menjadi prioritas utama dalam program peningkatan efektivitas peralatan. Sementara itu, *idle and minor stoppages* dan *setup & adjustment* hanya memberikan kontribusi yang relatif kecil, sedangkan *reduced yield* dan *quality defect losses* tidak ditemukan selama periode penelitian karena produk yang belum memenuhi spesifikasi masih dapat diproses kembali melalui sistem *recycle* sehingga tidak menghasilkan *reject* permanen.

Tabel 8.
Analisis Pareto

Six Big Losses	Losses	Ratio (%)	Kumulatif (%)
Reduce Speed (%)	7,51%	54,38%	54,38%
Breakdown losses (%)	4,90%	35,48%	89,86%
Idle & Minor stoppages (%)	0,84%	6,09%	95,94%
Setup & Adjustment (%)	0,56%	4,06%	100,00%

Reduce Yield (%)	0,00%	0,00%	100,00%
Quality Defect (%)	0,00%	0,00%	100,00%

Berdasarkan diagram Pareto, *reduced speed losses* dan *breakdown losses* merupakan dua faktor dominan yang secara kumulatif menyumbang 89,86% dari *total losses* sehingga menjadi prioritas utama perbaikan. Sementara itu, *idle and minor stoppages* hanya memberikan kontribusi sebesar 6,09%, sedangkan *setup and adjustment* sebesar 4,06%. Adapun *reduced yield* dan *quality defect losses* tidak memberikan kontribusi terhadap *total losses* selama periode penelitian.



Gambar 2. Diagram Pareto Six Big Losses
Urea Plant 2 PT. Pupuk XYZ

3.4. Analisis FMEA



Gambar 3. Turbine CO₂ Compressor SEU
(D2-302-JT-K2)



Gambar 4. CO₂ Compressor surface condenser (D2-302-JTC-K2)



Gambar 5. HP Carbamate Pump (D2-307-J-K2)

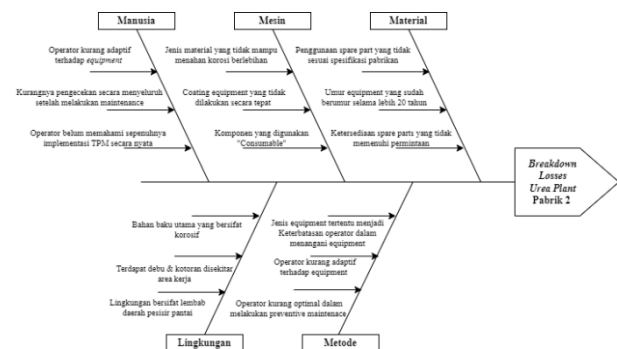
Equip ment	Fungsi	Failure Mode	Pengaruh kegagalan	S	Penyebab kegagalan	O	Deteksi kegagalan	D	RPN
D2-302-JT-K2	Turbine CO ₂ Compressor SEU	Break down	Menggerakkan kompresor CO ₂ pada proses sintesis urea.	8	Komponen sudah berumur lebih 20 tahun	5	Control Valve sering buka-tutup secara menerus dan tekanan tidak mencapai set point	5	200
		Reduce Speed Losses							
D2-302-JTC-K2	CO ₂ Compressor surface condenser	Break down Losses	Mendinginkan dan mengkondensasi fluida proses pada sistem CO ₂ .	8	Kontaminasi kondensat	3	Level tekanan HPCC meningkat	7	168
D2-307-J-K2	HP Carbamate Pump	Idling Minor Stop & Break down Losses	Memompa fluida carbamate bertekanan tinggi pada proses urea.	8	Kebocoran oli pada AV PI disch 307-J	7	Munculnya oli merembes area pompa piston	1	56

Gambar 6. Tabel FMEA Equipment Urea Plant 2 PT. Pupuk XYZ

Berdasarkan hasil analisis FMEA yang dilakukan pada peralatan pabrik urea Pabrik 2, diketahui bahwa *equipment* D2-302-JT-K2, (*Turbine CO₂ Compressor SEU*), memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN)

tertinggi sebesar 200, dan mode kegagalan adalah *breakdown losses*. Tekanan kompresor yang sulit dikendalikan karena bagian peralatan yang telah berumur lebih dari dua puluh tahun menunjukkan kegagalan tersebut. Untuk mengidentifikasi kegagalan, pengontrol harus diamati jika terjadi buka-tutup terus menerus dan tekanan tidak mencapai titik tujuan. Selain itu, terjadinya kontaminasi kondensat pada pipa kondenser, *equipment* D2-302-JTC-K2 (*CO₂ Compressor Surface Condensor*), Indikasi kegagalan ditunjukkan melalui peningkatan level tekanan HPCC. Sementara itu, *equipment* D2-307-J-K2 (*HP Carbamate Pump*) memiliki nilai RPN sebesar 56, dan mode kegagalan termasuk *idling*, *minor stop*, dan *breakdown losses*, yang ditunjukkan oleh penurunan tekanan *carbamate* akibat kebocoran oli pada pompa pengeluaran AV PI 307-J. Rembesan oli muncul di sekitar area pompa piston untuk mengidentifikasi kegagalan. Menurut nilai RPN, peralatan D2-302-JT-K2 dan D2-302-JTC-K2 harus diprioritaskan dalam prosedur perawatan untuk mengurangi risiko gangguan operasi dan menjaga stabilitas proses produksi urea.

3.5. Analisis Fishbone Diagram



Gambar 7. Diagram fishbone Urea Plant 2 PT. Pupuk XYZ

Adapun rincian usulan sebagai penyelesaian permasalahan yang timbul di Pabrik 2 Urea plant PT. Pupuk XYZ dan mengatasi penyebab rendah nya nilai OEE yang tidak mencapai standar, sebagai berikut:

a. Manusia

1. Operator kurang adaptif terhadap *equipment*

Dilakukan pelatihan teknis berkala terkait karakteristik dan *failure mode equipment* kritis (302 JT, 302 JTC, dan 307 J), termasuk simulasi kondisi abnormal seperti penurunan RPM dan surge

compressor untuk meningkatkan respons operator terhadap potensi gangguan

2. Kurangnya pengecekan secara menyeluruh setelah melakukan *maintenance*

Diterapkan *checklist* standar *post-maintenance verification* yang mencakup pengecekan vibrasi, temperatur, tekanan, *alignment*, dan kebocoran sebelum *equipment* dinyatakan siap operasi, guna mencegah kegagalan berulang akibat *human error*.

3. Operator belum memahami sepenuhnya implementasi TPM secara nyata

Dilakukan penguatan penerapan pilar *Autonomous Maintenance* melalui pembagian tanggung jawab inspeksi harian, pelaporan abnormalitas, serta evaluasi rutin berbasis indikator seperti MTBF dan OEE untuk meningkatkan keterlibatan operator dalam menjaga keandalan mesin

b. Metode

1. Operasional dijalankan selama 24 Jam *nonstop*

Dilakukan pelatihan teknis lanjutan serta program *knowledge sharing* antar *shift* untuk meningkatkan kompetensi dan konsistensi penanganan masalah.

2. Jenis *equipment* tertentu menjadi Keterbatasan operator dalam menangani *equipment*

Disusun SOP operasional dan *maintenance* berbasis *failure mode* untuk setiap *equipment* kritis, sehingga prosedur penanganan gangguan lebih terstruktur dan terstandarisasi.

3. Operator kurang optimal dalam melakukan *preventive maintenance*

Dilakukan evaluasi *interval preventive maintenance* berbasis hasil FMEA (prioritas RPN tertinggi) serta *monitoring* indikator kinerja seperti MTBF dan MTTR untuk memastikan efektivitas strategi pemeliharaan

c. Material

1. Penggunaan *spare part* yang tidak sesuai spesifikasi pabrikan

Dilakukan standarisasi pengadaan *spare part* melalui evaluasi vendor dan verifikasi kesesuaian spesifikasi teknis sebelum pemasangan, guna menjaga performa dan keandalan *equipment*.

2. Umur *equipment* yang sudah berumur selama lebih 20 tahun

Dilakukan program *life assessment* dan *reliability evaluation* untuk menentukan kebutuhan *refurbishment*, *overhaul* besar, *Turn Around* atau *replacement* pada *equipment* dengan tingkat degradasi tinggi.

3. Ketersediaan *spare parts* yang tidak memenuhi permintaan

Diterapkan sistem klasifikasi *critical spare part* serta penetapan *safety stock minimum* untuk *equipment* kritis seperti 302 JT dan 307 J guna meminimalkan *downtime* akibat keterlambatan pengadaan.

d. Equipment

1. Jenis material yang tidak mampu menahan korosi berlebihan

Dilakukan evaluasi spesifikasi material pada komponen yang kontak langsung dengan fluida korosif (seperti *carbamate*) serta peningkatan penggunaan material atau *coating* anti-korosi yang sesuai standar proses urea untuk memperpanjang umur pakai *equipment*.

2. *Coating equipment* yang tidak dilakukan secara tepat

Ditetapkan prosedur inspeksi dan *re-coating* berkala berdasarkan tingkat degradasi permukaan, serta penerapan *quality control* saat aplikasi *coating* untuk memastikan ketahanan terhadap lingkungan korosif.

3. Komponen yang digunakan "*Consumable*"

Diterapkan strategi *preventive replacement* berbasis jam operasi serta monitoring kondisi (vibrasi dan temperatur) untuk menentukan waktu penggantian optimal sebelum terjadi kegagalan yang menyebabkan *downtime*.

f. Lingkungan

1. Lingkungan bersifat lembab daerah pesisir Pantai
Dilakukan peningkatan sistem *sealing*, pelindung panel kontrol, serta inspeksi rutin terhadap potensi korosi akibat kelembaban tinggi.

2. Bahan baku utama yang bersifat korosif

Dilakukan inspeksi rutin pada area rawan korosi dan penerapan sistem proteksi tambahan seperti *coating* khusus dan monitoring ketebalan material (*thickness measurement*).

3. Terdapat debu & kotoran disekitar area kerja

Diterapkan program 5S serta pembersihan berkala pada area sekitar *equipment* untuk mencegah kontaminasi dan gangguan terhadap sistem mekanikal maupun instrumen.

4. Adanya kontaminasi air pada oli

Dilakukan *monitoring* kualitas oli secara berkala melalui oil *analysis*, inspeksi sistem *sealing* dan potensi kebocoran, serta penerapan oil *purification* untuk menghilangkan kandungan air. Selain itu, dilakukan standarisasi prosedur penyimpanan dan pengisian oli guna mencegah terulangnya kontaminasi.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), diperoleh nilai rata-rata OEE sebesar 88,32% yang telah melampaui standar *world-class* sebesar 85%, sehingga efektivitas peralatan pada Urea Plant Pabrik 2 tergolong baik. Nilai *Availability* dan *Quality* telah memenuhi standar, sedangkan nilai *Performance* masih berada di bawah standar ideal sehingga menjadi faktor utama yang mempengaruhi nilai OEE. Hasil analisis *fishbone* menunjukkan bahwa *downtime* dan penurunan efektivitas peralatan dipengaruhi oleh faktor *machine*, *method*, dan *man*, yang diperkuat dengan tingginya *unplanned downtime* pada Juli dan Agustus. Selain itu, analisis *Six Big Losses* menunjukkan bahwa *reduced speed losses* dan *breakdown losses* merupakan faktor dominan yang mempengaruhi efektivitas peralatan. Hasil FMEA juga menunjukkan beberapa *equipment* pada sistem sintesa memiliki nilai RPN tinggi sehingga memerlukan perhatian lebih dalam pelaksanaan *maintenance*. Berdasarkan hasil tersebut, penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) dinilai mampu mendukung peningkatan keandalan *equipment* dan efektivitas operasional pada Urea Plant Pabrik 2.

Berdasarkan temuan tersebut, perusahaan disarankan untuk meningkatkan implementasi *preventive* dan *predictive maintenance*, khususnya pada *equipment* kritis yang memiliki nilai risiko tinggi, serta mengoptimalkan *autonomous maintenance* melalui peningkatan kompetensi operator dalam deteksi dini

kerusakan. Selain itu, diperlukan perbaikan dalam manajemen *spare part* untuk mengurangi waktu tunggu perbaikan, serta melakukan *monitoring* OEE secara berkala sebagai dasar evaluasi kinerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. F. Insani, D. Herwanto, and M. G. Giast, "Analisis total productive maintenance pada mesin pabrik plant urea 1B PT Pupuk Kujang Cikampek," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [2] S. Adek and B. J. Cahyana, "Pengendalian kualitas dengan metode failure mode effect and analysis (FMEA) dan pendekatan kaizen untuk mengurangi jumlah kecacatan dan penyebabnya," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASTEK)*, Jakarta, Indonesia, 2019.
- [3] S. Sariyusda, F. Fakhriza, and J. Putra, "Analisa efektivitas produksi pada unit urea I dengan menggunakan metode total productive maintenance (TPM) di PT Pupuk Iskandar Muda," *J. Polimesin*, vol. 14, no. 1, p. 37, 2016.
- [4] H. Suliantoro, N. Susanto, H. Prastawa, I. Sihombing, and A. Mustikasari, "Penerapan metode overall equipment effectiveness (OEE) dan fault tree analysis (FTA) untuk mengukur efektivitas mesin reng," *J@ti Undip: J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 105–118, 2017.
- [5] J. Abdullah, M. A. H. Rifat, and A. D. Ray, "Enhancing overall equipment effectiveness (OEE) of a selected machine in a light manufacturing factory in Bangladesh," *J. Eng. Technol. Ind. Appl.*, vol. 11, no. 52, pp. 179–185, Mar./Apr., 2025.
- [6] F. Y. Agung and A. Siahaan, "Overall equipment effectiveness (OEE) through total productive maintenance (TPM) practices: A case study in chemical industry," *Emerg. Mark. Bus. Manag. Stud. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 23–36, 2020.
- [7] A. T. Kirana et al., "Analisis perhitungan overall equipment effectiveness (OEE) untuk meningkatkan efisiensi mesin Haloong (studi kasus: PT Benteng Api Technic, Gresik)," *J. Teknol. Unggul dan Edukasi*, vol. 7, no. 1, pp. 59–68, 2024.
- [8] R. Arif and A. Gunawan, "Diagram Pareto dan diagram fishbone: Penyebab yang mempengaruhi keterlambatan pengadaan barang di perusahaan industri petrochemicals Cilegon

periode 2020–2022,” vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2023.

- [9] Y. P. Gagat, “Analisis kerusakan mesin bubut CNC Yungsan CYK-660/1500 menggunakan metode failure mode and effect analysis (FMEA),” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 4, pp. 170–177, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7678315.
- [10] R. S. Akmal, Sutrisno, and A. Jibril, “Analisis risk priority number (RPN) dalam menentukan tingkat kegagalan mesin cold storage,” *J-CEKI: J. Cendekia Ilm.*, vol. 4, no. 3, pp. 1245–1254, 2025.
- [11] T. Siitala, “AI-Driven OEE-Based Operational Support Framework,” M.S. thesis, School Eng. Sci., Lappeenranta–Lahti Univ. Technol. LUT, Lappeenranta, Finland, 2025.
- [12] A. Novian, V. Putra, R. Prabowo, and M. K. Mollah, “Usulan peningkatan efektivitas mesin menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) dan fault tree analysis (FTA) pada mesin moulding PT TFM,” vol. 11, no. 2, 2022.