

PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS MELALUI PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PADA MESIN BOILER DI PT ASIA PAPERINDO PERKASA

Theofilus Putra¹, Abdul Hamid², Pantun Gurning³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam,
Jl. Uniba No.5 Batam Center, Kota Batam, Kepulauan Riau 29432

Abstrak

Penelitian ini menganalisis penerapan Total Productive Maintenance (TPM) untuk meningkatkan produktivitas mesin boiler di PT Asia Paperindo Perkasa melalui pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE) yang mencakup aspek ketersediaan, kinerja, dan kualitas. Data waktu henti tahun 2024 menunjukkan nilai OEE rata-rata 62,41%, jauh di bawah standar industri 85%, dengan penyebab utama meliputi kebocoran pipa steam, kerusakan shaft burner, keterbatasan tenaga kerja, dan kurangnya perawatan terencana. Metode yang digunakan meliputi observasi lapangan, pengumpulan data operasional, perhitungan OEE, serta analisis akar masalah menggunakan diagram Pareto dan Fishbone. Hasil penelitian menegaskan bahwa penerapan TPM secara konsisten, khususnya pilar Pemeliharaan Terencana dan Autonomous Maintenance dapat menurunkan frekuensi downtime, meningkatkan keandalan pasokan steam, dan mendukung pencapaian target produksi. Kesimpulannya, keberhasilan peningkatan efektivitas mesin boiler memerlukan kombinasi strategi perawatan preventif dan prediktif, peningkatan kompetensi operator, serta ketersediaan critical spare parts untuk memastikan keberlanjutan produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan. merupakan komponen penting dalam proses produksi di industri karton box karena berfungsi menghasilkan steam sebagai media utama dalam proses pelunakan dan pengeringan bahan baku. Namun, berdasarkan data delay mesin boiler selama tahun 2024 di PT Asia Paperindo Perkasa, tercatat adanya gangguan signifikan berupa downtime yang berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode Total Productive Maintenance (TPM) guna meningkatkan efektivitas kerja mesin boiler melalui pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE). Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi lapangan, pengumpulan data downtime, serta pengukuran tiga parameter utama OEE yaitu Availability, Performance, dan Quality. Selain itu, dilakukan analisa akar masalah menggunakan metode Fishbone Diagram dan diagram pareto untuk mengidentifikasi penyebab utama rendahnya efektivitas mesin.

Kata kunci: *Autonomous ; Boiler ; Equipment ; Maintenance ; Pemeliharaan.*

Abstract

This study analyzes the application of Total Productive Maintenance (TPM) to improve the productivity of boiler machines at PT Asia Paperindo Perkasa through the measurement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) which includes the aspects of availability, performance, and quality. Downtime data for the year 2024 shows an average OEE value of 62.41%, far below the industry standard of 85%, with the main causes including steam pipe leaks, burner shaft damage, limited labor, and lack of planned maintenance. The methods used include field observations, operational data collection, OEE calculations, and root cause analysis using Pareto diagrams and Fishbone diagrams. The research results confirm that the consistent application of TPM especially the pillars of Planned Maintenance and Autonomous Maintenance can reduce downtime frequency, improve steam supply reliability, and support the achievement of production targets. In conclusion, the success of improving boiler machine effectiveness requires a combination of preventive and predictive maintenance strategies, improvement of operator competencies, and the availability of critical spare parts to ensure the continuity of the company's productivity and operational efficiency.

Keywords: *Autonomous ; Boiler ; Equipment ; Maintenance ; Planned.*

1. Pendahuluan

Boiler merupakan peralatan penting dalam industri kertas dan karton box, karena menghasilkan uap (steam) yang digunakan untuk melembutkan liner, mempercepat pengeringan perekat, serta mendukung proses pembentukan karton. Namun, kerusakan pada mesin boiler berdampak langsung pada produktivitas perusahaan. Data tahun 2024 menunjukkan bahwa mesin boiler di PT Asia Paperindo Perkasa hanya mencapai nilai OEE rata-rata 62,41%, jauh di bawah standar dunia sebesar 85%. Hal ini menandakan adanya kerugian signifikan akibat downtime, penurunan kinerja, dan produk cacat.

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan pendekatan manajemen perawatan yang menekankan pada keterlibatan seluruh level organisasi dalam menjaga efektivitas peralatan. Pengukuran OEE menjadi alat penting dalam penerapan TPM karena mampu mengidentifikasi faktor utama penyebab kerugian produksi.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis penerapan TPM pada mesin boiler di PT APP, (2) menghitung nilai OEE sebagai indikator efektivitas mesin, dan (3) mengidentifikasi faktor penyebab utama downtime berdasarkan data tahun 2024. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi penerapan TPM, memberikan pemahaman mengenai kondisi efektivitas mesin boiler, serta menawarkan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan keandalan dan produktivitas.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di area produksi PT Asia Paperindo Perkasa, Batam, pada Maret–Agustus 2025. Metode penelitian meliputi:

1. Observasi lapangan terhadap kondisi aktual mesin boiler.
2. Pengumpulan data operasional meliputi waktu downtime, jumlah produksi, serta catatan perawatan.
3. Perhitungan OEE berdasarkan tiga parameter utama: Availability, Performance, dan Quality.
4. Analisis akar masalah menggunakan diagram Pareto untuk menentukan prioritas masalah, serta diagram Fishbone

untuk menemukan akar penyebab.

3. Tinjauan Pustaka

Boiler Dalam Industri

Boiler merupakan salah satu peralatan vital dalam industri manufaktur karena berfungsi menghasilkan uap bertekanan yang digunakan sebagai media penggerak maupun pemanas (Kurnianto, 2023). Dalam industri kertas, uap dari boiler berperan penting untuk melembutkan liner, mempercepat pengeringan perekat, dan mendukung proses pembentukan karton box (Yulia dkk., 2022). Kerusakan pada boiler dapat menimbulkan downtime yang berdampak langsung pada produksi dan keuangan perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan sistem perawatan yang tepat untuk menjaga ketersediaan dan keandalannya.

Sistem Perawatan Mesin

Perawatan mesin memiliki tujuan utama menjaga fasilitas produksi agar tetap dalam kondisi optimal. Abidin dkk. (2021) menyatakan bahwa perawatan merupakan aktivitas penting untuk memastikan peralatan selalu siap pakai sesuai kebutuhan. Menurut Weidner (2023), perawatan terencana seperti *preventive maintenance* lebih efektif dalam mengurangi downtime dibandingkan perawatan tidak terencana yang bersifat darurat.

Total Productive Maintenance (TPM)

Konsep TPM pertama kali diperkenalkan oleh Nakajima (1988) dengan menekankan keterlibatan seluruh karyawan, mulai dari operator hingga manajemen, dalam menjaga efektivitas mesin. Penerapan TPM telah terbukti meningkatkan produktivitas sekaligus membangun budaya tanggung jawab bersama dalam perawatan (Wahid, 2020). Cahyono & Budiharti (2020) menambahkan bahwa TPM efektif bila difokuskan pada pilar *Planned Maintenance* dan *Autonomous Maintenance*, karena dapat menekan kerugian akibat downtime dan memperpanjang usia pakai mesin.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan indikator kuantitatif yang digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas peralatan berdasarkan tiga parameter: *availability*, *performance*, dan *quality* (Karmilawati dkk., 2021). Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) menetapkan bahwa nilai $OEE \geq 85\%$ merupakan standar kelas dunia.

Prabowo dkk. (2020) menekankan bahwa nilai OEE yang rendah menandakan adanya inefisiensi akibat downtime, penurunan performa, atau tingginya produk cacat, sehingga dapat dijadikan dasar evaluasi perawatan mesin.

Root Cause Analysis (RCA)

Dalam mengidentifikasi penyebab downtime, metode RCA banyak digunakan. Rosyidi (2021) menyebutkan bahwa diagram Pareto efektif untuk menentukan prioritas masalah, sedangkan diagram Fishbone membantu memetakan penyebab kerusakan berdasarkan kategori mesin, manusia, material, metode, lingkungan, dan pengukuran (Mangindara dkk., 2022).

Pengembangan Hipotesis

Berdasarkan literatur sebelumnya, dapat dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. **H1:** Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) berpengaruh positif terhadap peningkatan efektivitas mesin boiler.
2. **H2:** Nilai OEE dapat dijadikan indikator utama untuk mengukur dampak penerapan TPM pada produktivitas mesin boiler.
3. **H3:** Faktor utama downtime mesin boiler, seperti kebocoran pipa steam dan kerusakan burner, memiliki pengaruh signifikan terhadap rendahnya nilai OEE.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan OEE menunjukkan nilai rata-rata 62,41%, terdiri dari availability 74,56%, performance 81,32%, dan quality 95,17%. Nilai ini berada jauh di bawah standar OEE kelas dunia sebesar 85%. Faktor penyebab utama downtime diidentifikasi meliputi:

- a) Kebocoran pipa distribusi steam,
- b) Kerusakan shaft blower burner,
- c) Kegagalan sistem pembakaran,
- d) Penurunan performa feed pump,
- e) Kebocoran pada flange sambungan.

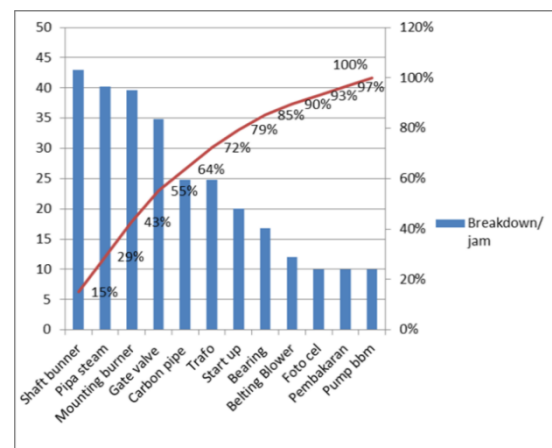
Analisis Pareto menunjukkan bahwa 80% kerugian produksi disebabkan oleh lima faktor utama tersebut. Diagram Fishbone

mengungkapkan bahwa akar penyebab berkaitan dengan kurangnya perawatan terencana, keausan komponen, serta keterbatasan keterampilan operator. Implementasi TPM melalui pilar *Planned Maintenance* dan *Autonomous Maintenance* terbukti mampu mengurangi downtime, memperpanjang usia pakai komponen, dan meningkatkan keandalan suplai steam. Selain itu, peningkatan kompetensi operator serta ketersediaan *critical spare parts* menjadi faktor pendukung keberhasilan perbaikan.

Analisis Pareto

Gambar 1. diagram pareto

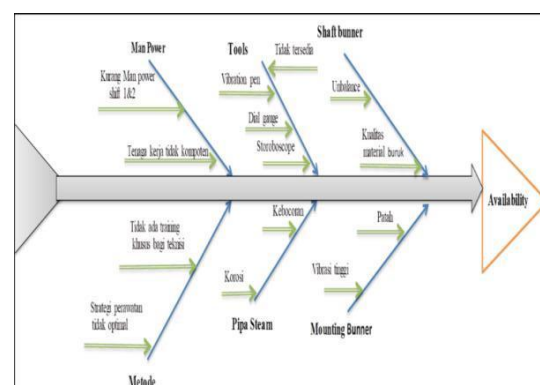
Berdasarkan Gambar 1 kerusakan terbesar



disebabkan oleh:

- a) Shaft burner (28%)
- b) Kebocoran pipa steam (22%)
- c) Mounting burner (18%) Tiga faktor ini menyumbang $\pm 68\%$ total downtime.

Analisis Fishbone



Gambar 2. Diagram Fishbone

Berdasarkan gambar 4.2 Faktor penyebab downtime antara lain:

- a) *Manpower*: kurangnya tenaga kerja shift

- 2–3, kompetensi rendah.
- b) *Machine*: kerusakan *shaft burner*, *heater* bahan bakar, thermometer.
 - c) *Method*: perawatan tidak sesuai SOP, minim inspeksi preventif.
 - d) *Material*: sparepart terbatas, kualitas rendah.
 - e) *Environment*: scaling pada pipa, kualitas air umpan kurang baik.

Strategi TPM

- a) **Planned Maintenance**: inspeksi rutin, penggantian komponen kritis terjadwal.
- b) **Autonomous Maintenance**: operator dilibatkan dalam inspeksi harian.
- c) **Training & Education**: peningkatan kompetensi operator boiler.
- d) **Safety & Health (SHE)**: integrasi TPM dengan regulasi K3 untuk mencegah risiko kecelakaan.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Nilai OEE mesin boiler di PT Asia Paperindo Perkasa masih rendah (62,41%), jauh di bawah standar kelas dunia (85%), sehingga diperlukan perbaikan menyeluruh dalam sistem perawatan.
2. Faktor penyebab utama downtime meliputi kebocoran pipa steam, kerusakan shaft burner, kegagalan pembakaran, penurunan performa feed pump, dan kebocoran flange.
3. Penerapan TPM dengan fokus pada *Planned Maintenance* dan *Autonomous Maintenance* dapat meningkatkan keandalan mesin boiler, mengurangi downtime, serta mendukung pencapaian target produksi.

Saran

1. Peningkatan program perawatan preventif dan prediktif
Perusahaan perlu menerapkan jadwal perawatan rutin dengan menggunakan alat monitoring seperti vibration pen, stroboskop, dan dial gauge agar kerusakan dapat dideteksi sejak dini dan downtime mendadak dapat diminimalisir.
2. Penguatan kompetensi tenaga kerja melalui pelatihan TPM
Operator dan teknisi perlu diberikan

pelatihan secara berkala mengenai konsep *Autonomous Maintenance* dan *Planned Maintenance* agar lebih terampil dalam melakukan inspeksi mandiri, perawatan dasar, serta penanganan awal saat terjadi kerusakan.

3. Penyediaan spare part kritis dan sistem manajemen perawatan
Manajemen disarankan menyediakan stok *critical spare parts* dan mengembangkan sistem manajemen perawatan berbasis OEE untuk memantau kinerja mesin secara real-time, sehingga mendukung implementasi TPM secara efektif dan berkelanjutan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Abidin, Z., & Mubarak, A. S. (2021). Analisis Perawatan Dan Penanganan Gangguan Pada Trafo Distribusi 20 KV Di PT. PLN (Persero) Lamongan Rayon Brondong Berbasis Tinjauan Power Quality. *Informatics, Electrical and Electronics Engineering (Infotron)*, 1(1), 12-23.
- [2] Kurnianto, J., Rarindo, H., Astuti, F. A. F., & Nugroho, P. W. (2023). KEGIATAN PERAWATAN KETEL UAP PIPA AIR TIPE SZL 10000 DI PT. PAMOLITE ADHESIVE INDUSTRI DENGAN METODE RCM. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 31-35.
- [3] Ozawa, M. (2021). Introduction to boilers. In *Advances in power boilers* (pp. 57-106). Elsevier.
- [4] Husen, A. (2022). Analisis Efisiensi Energi Pada Boiler Industri Tipe Fire-Tube Kapasitas 2Ton/Jam Dengan Bahan Bakar Compressed Natural Gas (Cng) Di Pt. X. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 32(2), 67-75.
- [5] Alya Fadhilah. (2002) <https://solarindustri.com/blog/apa-itu-boiler/>
- [6] Weidner, T. J. (2023, May). Planned maintenance vs Unplanned maintenance and facility costs. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1176, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- [7] Karmilawati, E. K., Mulyono, K. M., & Nugroho, S. N. (2021). Pendekatan OEE (overall equipment effectiveness) untuk mengurangi losses pada mesin moulding

- cerex. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 3(2), 46-48.
- [8] Prabowo, R. F., Hariyono, H., & Rimawan, E. (2020). Total Productive Maintenance (TPM) pada perawatan mesin grinding menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE). *Journal Industrial Servicess*, 5(2), 207-212.
- [9] Zani, F. R., & Supriyanto, H. (2021, October). Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis Dan Failure Mode and Effect Analysis Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Pada Cv. Xyz. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 9, No. 1, pp. 140-146).
- [10] Yulia, F. A. Y. Z. A., Sinaga, G. A. R. Y., Daris, M. I. F. T. A. H., Ra'if, K. A. T. O., Dzar, Z. A. K. Y., Tegar, I. B. N. U., ...& Rizal, R. E. D. A. (2022). Peningkatan Efisiensi Boiler Dalam Penghematan Energi dan Pengurangan Emisi Gas Buang Teknikal Review. *Prosiding SNTTM XX*, 36-44.
- [11] Muhaemin, G., & Nugraha, A. E. (2022). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 205-219.
- [12] Zulfatri, M. M., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. D. (2020). Pengukuran efektivitas mesin dengan menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) dan overall resource effectiveness (ORE) pada mesin PL1250 di PT XZY. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(2), 123-131.
- [13] Arif, R., & Gunawan, A. G. (2023). Diagram Pareto dan Diagram Fishbone: Penyebab yang mempengaruhi Keterlambatan Pengadaan Barang di Perusahaan Industri Petrochemicals Cilegon Periode 2020-2022. *Jurnal Riset Bisnis dan Manajemen Tirtayasa*, 7(1), 1-10.
- [14] Cahyono, S. D., & Budiharti, N. (2020). Implementasi Total Productive Maintenance Pada Mesin Press Dryer Di Pt. Tri Tunggal Laksana. *Industri Inovatif-Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, September, 76-81.
- [15] Iskandar, S., & Padmakusumah, R. R. (2025). Analisis Progress Implementasi TPM (Total Productive Maintenance) dan Proyeksi Manfaatnya bagi Peningkatan Produktivitas (Studi Kasus pada Perusahaan X). *Jurnal Impresi Indonesia*, 4(7), 2532-2547.
- [16] Tumembow, M. N., & Dosoputranto, E. (2020). TEKNIK PERAWATAN PERBAIKAN MESIN