



Peningkatan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* Mesin *Ball Mill* Menggunakan Metode *Total Productive Maintenance* Di Pt Kohler Manufaktur Indonesia

Iqbal Fai Ramadhan^{1*}, Hana Silvia Dwi Putri², Rini Siskayanti³

^{1,2,3} Universitas Pelita Bangsa

*Penulis Korespondensi: iqbalfairamadhan30@gmail.com

Received: 19/07/2026 | Accepted: 22/08/2026 | Publication: 05/09/2026

Abstract: *This study aims to analyze the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of ball mills, identify the "six big losses," and develop strategies to improve machine effectiveness through the implementation of the Total Productive Maintenance method at PT Kohler Manufaktur Indonesia. The study employs a quantitative approach, utilizing data on production, downtime, operating time, and product quality during the study period. The results show that the OEE value of the ball mill is still below world-class standards, indicating that there is still room for improvement in operational effectiveness. The dominant contributing factors stem from high breakdown losses and reduced operating speed, which lead to increased downtime and decreased machine productivity. TPM focuses on planned maintenance, autonomous maintenance, improving operator competence, establishing a schedule for periodic inspections, and standardizing maintenance procedures. The implementation of the proposed improvements is projected to increase the OEE value by improving availability, performance stability, and quality consistency, while simultaneously reducing the frequency of machine breakdowns and production downtime.*

Keywords: Overall Equipment Effectiveness; Total Productive Maintenance; Ball Mill; Six Big Losses.



Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open-access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Ramadhan, I. F., Putri, H. S. D., & Siskayanti, R. (2026). Peningkatan nilai *Overall Equipment Effectiveness* mesin ball mill menggunakan metode *Total Productive Maintenance* di PT Kohler Manufaktur Indonesia. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 6(4). <https://doi.org/10.53625/jirk.v6i4.13230>

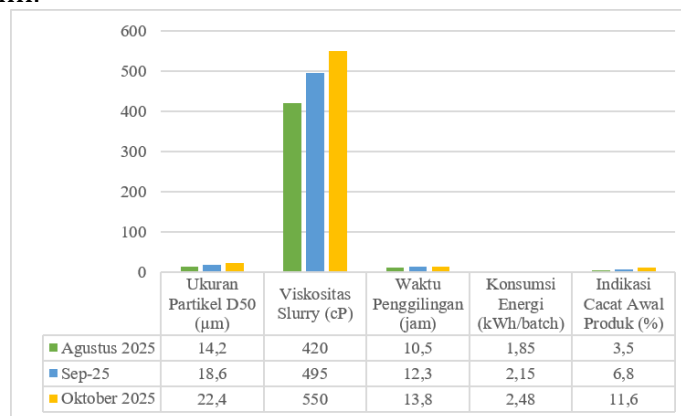
PENDAHULUAN

Persaingan pasar Industri Industri manufaktur *sanitary ware* berbasis keramik yang semakin ketat mendorong perusahaan untuk tidak hanya menghasilkan produk dengan mutu tinggi. Dalam konteks ini, keandalan mesin produksi menjadi faktor kunci karena ketidakefektifan peralatan dapat berdampak langsung terhadap peningkatan biaya, penurunan produktivitas, serta ketidakkonsistenan kualitas produk (Godse, et al., 2021).

Salah satu peralatan utama dalam industri *sanitary ware* adalah mesin *ball mill* yang berperan pada tahap awal pengolahan bahan baku. Mesin digunakan untuk menggiling dan mencampur bahan keramik menjadi *slurry* yang homogen sebagai dasar seluruh proses produksi berikutnya. Pada perusahaan PT Kohler Manufaktur Indonesia, kinerja mesin *ball mill* menjadi sangat krusial karena kualitas *slurry* yang dihasilkan akan memengaruhi

kelancaran proses pencetakan, pengeringan, pembakaran, hingga *finishing*. Dengan demikian, performa mesin *ball mill* tidak hanya berpengaruh pada satu tahapan proses, tetapi menentukan stabilitas keseluruhan sistem produksi (Fisal, et al., 2024).

Dalam praktik operasional, mesin *ball mill* dituntut untuk bekerja secara kontinu dengan target kapasitas dan waktu proses tertentu. Namun, seiring dengan meningkatnya jam operasi, potensi penurunan kinerja mesin menjadi sulit dihindari. Penurunan ini dapat muncul dalam bentuk meningkatnya waktu penggilingan, kebutuhan energi yang lebih besar, serta ketidakstabilan hasil proses. Kondisi tersebut sering kali tidak langsung terdeteksi sebagai masalah mesin, melainkan baru disadari ketika muncul gangguan pada kualitas produk atau keterlambatan produksi. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan kinerja mesin bersifat laten dan memerlukan indikator yang lebih komprehensif untuk dapat diidentifikasi secara dini.



Gambar 1.1 Data Observasi Awal Kualitas Slurry, Kinerja Proses, dan Kondisi Peralatan Mesin Ball Mill Periode Agustus–Oktober 2025

Hasil observasi awal yang dilakukan pada periode Agustus hingga Oktober 2025 menunjukkan adanya indikasi penurunan kinerja mesin *ball mill*. Secara umum, terjadi kecenderungan peningkatan durasi penggilingan dan konsumsi energi per *batch*, yang mengindikasikan bahwa mesin membutuhkan usaha yang semakin besar untuk mencapai hasil proses yang sama. Kondisi ini mengarah pada menurunnya efisiensi operasional dan berpotensi mengurangi kapasitas produksi efektif. Selain itu, ditemukan pula degradasi kondisi media giling yang berkontribusi terhadap berkurangnya efektivitas tumbukan selama proses penggilingan.

Dampak dari penurunan kinerja mesin tersebut tidak hanya dirasakan pada sisi teknis peralatan, tetapi juga berpengaruh terhadap kinerja produksi secara keseluruhan. Waktu proses yang semakin panjang dapat menyebabkan keterlambatan jadwal produksi, peningkatan konsumsi energi meningkatkan biaya operasional, serta ketidakstabilan hasil penggilingan berpotensi memicu cacat pada tahap proses selanjutnya. Jika kondisi ini dibiarkan, perusahaan berisiko mengalami penurunan produktivitas dan daya saing dalam jangka panjang.

Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya suatu pendekatan pengukuran kinerja mesin yang mampu menggambarkan kondisi efektivitas peralatan secara menyeluruh. Pengukuran kinerja yang hanya berfokus pada *output* atau parameter teknis tertentu belum

cukup untuk menangkap sumber kerugian utama yang terjadi selama proses operasi. Oleh karena itu, diperlukan indikator yang mampu mengintegrasikan aspek ketersediaan mesin, kinerja operasi, dan kualitas hasil proses sebagai dasar evaluasi efektivitas mesin *ball mill*.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu penelitian yang secara khusus mengkaji tingkat efektivitas mesin *ball mill* serta merumuskan upaya perbaikan kinerja mesin menggunakan pendekatan TPM. Analisis efektivitas mesin melalui indikator *Overall Equipment Effectiveness* diharapkan dapat memberikan gambaran yang objektif mengenai sumber ketidakefektifan mesin serta menjadi dasar perencanaan perbaikan yang terstruktur. Oleh karena itu, penelitian mengenai peningkatan nilai *Overall Equipment Effectiveness* mesin *ball mill* menggunakan metode *Total Productive Maintenance* di PT Kohler Manufaktur Indonesia menjadi penting untuk dilakukan guna mendukung peningkatan efisiensi produksi dan konsistensi kualitas produk *sanitary ware*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tujuan menghasilkan analisis terukur mengenai efektivitas penerapan metode *Total Productive Maintenance* (TPM) pada mesin *ball mill* di PT Kohler Manufaktur Indonesia. Teknik pengumpulan data yang disesuaikan dengan kebutuhan analisis kinerja mesin *ball mill* yaitu dengan observasi langsung pada area *body preparation* dan pengumpulan data documenter berupa catatan produksi, laporan *downtime*, histori perawatan mesin, log pemakaian energi, dan data kualitas *slurry* yang dihasilkan selama periode penelitian. Kemudian untuk teknik pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis menggunakan pendekatan *Total Productive Maintenance* yang didukung oleh perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* untuk mengevaluasi kinerja mesin *ball mill* di PT Kohler Manufaktur Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Nilai OEE Aktual

Berdasarkan hasil pengolahan data, nilai *Overall Equipment Effectiveness* aktual mesin *ball mill* sebesar 78,78% menunjukkan bahwa efektivitas mesin belum optimal. Nilai ini masih berada di bawah standar 85% yang digunakan sebagai acuan kinerja peralatan kelas dunia. Komponen dengan nilai terendah adalah *availability* sebesar 88,42 %, sedangkan *performance* sebesar 93,32% dan *quality* sebesar 95,51%. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa penurunan efektivitas mesin lebih banyak disebabkan oleh kehilangan waktu operasi daripada oleh cacat kualitas. *Availability* yang rendah berkaitan langsung dengan total *downtime* sebesar 4.670 menit selama tiga bulan. Ketika *downtime* meningkat, *operating time* menurun dan kapasitas efektif mesin ikut berkurang. Pada sisi *performance*, *cycle time actual* yang lebih lama dari *cycle time ideal* menunjukkan bahwa mesin masih berjalan, tetapi belum pada kecepatan optimal. *Quality* memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dua komponen lain, tetapi keberadaan *defect* 99 ton tetap menurunkan hasil akhir *Overall Equipment Effectiveness*.

Nilai OEE aktual sebesar 78,78% tidak hanya menunjukkan capaian efektivitas mesin,

tetapi juga menggambarkan adanya ketidakseimbangan kontribusi dari tiga komponen utama, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Apabila dibandingkan dengan acuan ideal industri sebesar 85%, selisih sebesar 6,22 poin menandakan bahwa proses produksi pada mesin *ball mill* masih memiliki ruang perbaikan, khususnya pada aspek yang berkaitan dengan kehilangan waktu operasi dan penurunan kecepatan kerja mesin. Dengan demikian, hasil pengukuran *OEE* tidak berhenti pada penilaian akhir terhadap kinerja mesin, tetapi menjadi dasar untuk menelusuri sumber kerugian yang menyebabkan efektivitas belum mencapai standar yang diharapkan.

Dalam penelitian ini, komponen *quality* sudah menunjukkan kondisi yang relatif baik karena berada di atas 95%. Namun, capaian tersebut belum cukup untuk mendorong efektivitas mesin secara keseluruhan apabila *availability* dan *performance* masih belum optimal. Artinya, mesin dapat menghasilkan produk dengan tingkat kecacatan rendah, tetapi efektivitas total tetap menurun apabila waktu operasi banyak hilang akibat *downtime* atau mesin berjalan di bawah kecepatan ideal. Kondisi ini memperlihatkan bahwa keberhasilan operasional mesin tidak dapat dinilai hanya dari kualitas produk akhir, melainkan harus dilihat secara terpadu melalui keseimbangan antara ketersediaan mesin, kecepatan proses, dan mutu hasil produksi sebagaimana dijelaskan dalam konsep *OEE* (Kurniawan et al., 2025).

2. Analisis Six Big Losses Dominan

Analisis *six big losses* menunjukkan bahwa *breakdown losses* menjadi kerugian terbesar dengan kontribusi 38,85%, diikuti *reduced speed losses* 23,74% dan *setup and adjustment losses* 17,99%. Struktur kerugian ini menjelaskan mengapa nilai *availability* dan *performance* menjadi titik lemah mesin. Saat *breakdown* meningkat, waktu operasi turun. Saat kecepatan aktual melambat, *performance* ikut turun walaupun mesin tetap berjalan. Saat *setup* berlangsung terlalu lama, kapasitas efektif per hari juga menurun. Dominasi *breakdown losses* memperlihatkan bahwa pola perawatan sebelumnya belum cukup bersifat pencegahan. Mesin cenderung ditangani setelah gangguan muncul. Pola seperti ini menghasilkan *downtime* yang tinggi dan biaya tersembunyi berupa hilangnya kesempatan produksi. Dominasi *reduced speed losses* menunjukkan bahwa mesin yang masih beroperasi pun belum bekerja pada kondisi optimal. Penyebabnya terkait dengan keausan media giling, ketidakstabilan pelumasan, dan meningkatnya hambatan proses.

Dominasi *breakdown losses* dalam penelitian ini menunjukkan bahwa keandalan mesin masih menjadi faktor utama yang menghambat peningkatan efektivitas. Kerusakan pada *bearing* dan keausan *grinding media* merupakan penyebab utama tingginya waktu henti mesin (Yin et al., 2024). Secara mekanis, *bearing* berfungsi sebagai penopang utama pergerakan rotasi, sehingga kerusakan pada komponen ini akan langsung menghentikan operasi mesin. Sementara itu, *grinding media* memiliki peran penting dalam proses penghancuran material melalui tumbukan dan gesekan. Ketika media mengalami keausan, energi tumbukan yang dihasilkan menjadi tidak optimal, sehingga waktu penggilingan menjadi lebih lama dan efisiensi proses menurun (Matsanga et al., 2023).

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *equipment failure losses* merupakan kontributor terbesar terhadap rendahnya nilai *OEE*, terutama pada mesin yang memiliki komponen mekanis kompleks dan bekerja secara kontinu (Fatah et al., 2020). Selain itu, penelitian oleh (Shaalán et al., 2024) juga menegaskan bahwa kegagalan



bearing merupakan salah satu penyebab utama *downtime* dalam sistem industri, sehingga diperlukan pendekatan pemeliharaan berbasis prediksi untuk mencegah kerusakan mendadak. Dalam konteks mesin ball mill, ketergantungan terhadap komponen putar dan sistem transmisi menjadikan mesin ini sangat sensitif terhadap degradasi kondisi mekanis.

Selain *breakdown losses*, *reduced speed losses* juga menjadi faktor dominan dalam penelitian ini. Mesin yang beroperasi di bawah kecepatan ideal menunjukkan bahwa energi yang diberikan tidak sepenuhnya digunakan untuk proses penggilingan. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti keausan *liner*, distribusi media giling yang tidak optimal, atau ketidakseimbangan beban material dalam drum. Penurunan kecepatan ini tidak hanya mengurangi kapasitas produksi, tetapi juga meningkatkan waktu proses dan konsumsi energi (Tohry et al., 2020). Dengan demikian, *reduced speed losses* memiliki dampak ganda, yaitu menurunkan produktivitas sekaligus meningkatkan biaya operasional.

3. Analisis Akar Penyebab

Berdasarkan analisis akar penyebab melalui metode *why-why analysis* dan diagram *fishbone*, rendahnya efektivitas mesin *ball mill* tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh beberapa faktor yang saling berkaitan. Penyebab tersebut dikelompokkan ke dalam lima faktor utama, yaitu faktor *Man*, Mesin, *Method*, *Material* (Bahan), dan Lingkungan. Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan identifikasi sumber masalah, sehingga usulan perbaikan dapat diarahkan pada penyebab utama yang memengaruhi tingginya *breakdown losses* pada mesin *Ball Mill*.

Dari kelima faktor tersebut, diketahui bahwa penyebab dominan *breakdown losses* mesin *Ball Mill* tidak hanya berasal dari kondisi teknis mesin, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor manusia, metode kerja, karakteristik bahan, dan kondisi lingkungan kerja. Faktor Mesin menunjukkan adanya keausan komponen dan penurunan performa mekanis, sedangkan faktor *Method* menunjukkan perlunya pembakuan prosedur perawatan dan penggantian komponen. Faktor *Man* menunjukkan perlunya peningkatan kedisiplinan inspeksi dan pelaporan gangguan. Faktor *Material* menunjukkan perlunya pengendalian kadar air dan kekentalan bahan, sedangkan faktor Lingkungan menunjukkan perlunya perbaikan kebersihan area kerja dan kemudahan akses titik inspeksi.

Dari sisi kualitas proses, hasil pengukuran parameter *slurry* menunjukkan adanya hubungan yang erat antara kondisi mesin dan mutu hasil penggilingan. Nilai D50 yang cenderung meningkat serta viskositas yang lebih tinggi pada kondisi performa mesin rendah menunjukkan bahwa proses penggilingan tidak berjalan optimal. Partikel yang lebih kasar menandakan bahwa energi tumbukan tidak cukup untuk mencapai tingkat kehalusan yang diharapkan, sedangkan viskositas yang tinggi menunjukkan adanya peningkatan hambatan internal dalam campuran. Kondisi ini menyebabkan beberapa *batch* tidak langsung memenuhi spesifikasi dan memerlukan penyesuaian ulang sebelum diproses lebih lanjut.

Fenomena ini memperkuat teori bahwa performa mesin ball mill sangat menentukan kualitas *slurry*, karena proses penggilingan merupakan tahap awal yang menjadi dasar bagi seluruh proses produksi keramik (Indra dan Handoko, 2023). Ketidakkonsistenan kualitas pada tahap ini akan berdampak berantai pada proses berikutnya, seperti pembentukan dan pembakaran. Oleh karena itu, stabilitas kinerja mesin menjadi faktor kunci dalam menjaga konsistensi kualitas produk akhir. Hal ini juga sejalan dengan penelitian (Hussain, 2021)

yang menunjukkan bahwa parameter operasi ball mill memiliki pengaruh signifikan terhadap ukuran partikel dan homogenitas material.

4. Analisis Penerapan TPM

Metode *Total Productive Maintenance (TPM)* dipilih sebagai solusi perbaikan karena masalah utama pada mesin *ball mill* berkaitan dengan kehilangan waktu produksi, ketidakstabilan operasi, dan disiplin perawatan mesin. Berdasarkan hasil analisis *OEE* dan *six big losses*, kerugian terbesar berasal dari *breakdown losses*, *reduced speed losses*, serta *setup and adjustment losses*. Oleh karena itu, penerapan *TPM* dalam penelitian ini difokuskan pada dua pilar utama, yaitu *planned maintenance* dan *autonomous maintenance*.

5. Evaluasi Peningkatan OEE

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sesudah perbaikan, nilai *availability* meningkat menjadi 91,78%, *performance* menjadi 95,86%, *quality* menjadi 96,86%, dan *OEE* naik menjadi 85,28%. Angka ini menunjukkan bahwa usulan perbaikan mampu membawa mesin melewati ambang 85%. Hasil simulasi tersebut sama dengan angka hasil perbaikan yang sudah tertulis pada draf naskah. Kenaikan 6,50 poin pada *OEE* terutama berasal dari perbaikan *availability* yang menunjukkan bahwa perbaikan yang paling berdampak adalah penurunan *downtime*. Dampak berikutnya datang dari peningkatan stabilitas kecepatan mesin. Peningkatan *quality* ada, tetapi kontribusinya lebih kecil dibanding penurunan kehilangan waktu operasi. Artinya, fokus perbaikan yang tepat pada kasus ini memang harus dimulai dari reliabilitas mesin dan disiplin perawatan.

6. Implikasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini memberikan empat implikasi operasional, yaitu :

1. Efisiensi produksi meningkat karena waktu operasi efektif bertambah dan kapasitas aktual mendekati kapasitas ideal.
2. *Downtime* turun karena gangguan besar dapat dicegah melalui inspeksi harian dan perawatan terjadwal.
3. Stabilitas kualitas *slurry* membaik karena proses penggilingan menjadi lebih konsisten dan variasi hasil menurun.
4. Efisiensi energi meningkat karena waktu giling tidak lagi memanjang akibat media aus, putaran tidak stabil, atau gesekan berlebihan.

Fokus perbaikan pada inspeksi *bearing*, pengendalian keausan *grinding media*, standarisasi *setup*, dan pelibatan operator dalam *autonomous maintenance* terbukti menjadi strategi yang efektif. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *TPM* yang menekankan keterlibatan seluruh elemen organisasi dalam menjaga kondisi mesin. Operator tidak hanya berperan sebagai pengguna mesin, tetapi juga sebagai pihak yang bertanggung jawab dalam deteksi dini gangguan melalui inspeksi rutin. Hal ini terbukti mampu mengurangi potensi kerusakan besar yang menyebabkan *downtime* (Darsini dan Prabantara, 2024). Rendahnya efektivitas mesin ball mill tidak hanya disebabkan oleh faktor teknis, tetapi juga oleh sistem perawatan yang belum optimal. Integrasi antara pengukuran *OEE*, analisis *six big losses*, dan penerapan *TPM* memberikan pendekatan yang komprehensif dalam meningkatkan kinerja mesin. Dengan demikian, *TPM* dapat dinyatakan sebagai metode yang tidak hanya relevan secara teoritis, tetapi juga efektif secara praktis dalam meningkatkan efektivitas mesin, menjaga stabilitas kualitas *slurry*, dan meningkatkan efisiensi energi pada industri keramik.



KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data, pengolahan data, dan pembahasan pada mesin *ball mill* di PT Kohler Manufaktur Indonesia, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* mesin *ball mill* pada kondisi aktual masih berada di bawah standar *world class* sebesar 85%. Rata-rata *availability* sebesar 88,42%, *performance* sebesar 93,32%, *quality* sebesar 95,51%, dan nilai *OEE* sebesar 78,78%. Selisih 6,22 poin dari standar menunjukkan bahwa efektivitas mesin masih perlu ditingkatkan, terutama pada aspek *availability* karena kehilangan waktu operasi akibat *downtime* menjadi penyebab utama rendahnya efektivitas mesin.
2. Faktor *six big losses* yang paling dominan adalah *breakdown losses*, *reduced speed losses*, serta *setup and adjustment losses*. Ketiganya memberikan kontribusi kumulatif sebesar 80,59% terhadap total waktu kehilangan. Oleh karena itu, prioritas perbaikan perlu difokuskan pada penurunan kerusakan mesin, pengendalian penurunan kecepatan operasi, dan penyederhanaan waktu *setup*.
3. Analisis akar penyebab menunjukkan bahwa rendahnya efektivitas mesin dipengaruhi oleh faktor mesin, manusia, metode, material, dan lingkungan. Faktor utama meliputi *bearing* aus, media giling aus, pelumasan tidak stabil, inspeksi operator yang belum konsisten, belum adanya standar waktu *setup*, serta kondisi area mesin yang terganggu debu dan tumpahan *slurry*. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)* perlu difokuskan pada *planned maintenance*, *autonomous maintenance*, SOP inspeksi, dan *checklist* harian.
4. Simulasi perbaikan berbasis *TPM* menunjukkan adanya peningkatan efektivitas mesin. Nilai *availability* meningkat menjadi 91,78%, *performance* menjadi 95,86%, *quality* menjadi 96,86%, dan *OEE* menjadi 85,28%. Kenaikan *OEE* sebesar 6,50 poin menunjukkan bahwa penerapan *planned maintenance*, *autonomous maintenance*, SOP, dan *checklist* inspeksi harian berpotensi membawa efektivitas mesin *ball mill* mencapai standar minimal *world class*.

DAFTAR PUSTAKA

L. S. Godse, V. N. Karkaria, and M. J. Bhalerao, "Process-Based Statistical Modeling for Ball Mill Machine to Improve Performance of Nylon Ultracapacitor," *J. Inst. Eng. Ser. B*, vol. 102, pp. 819–828, 2021, doi: 10.1007/s40031-021-00570-0.

A. S. Fisal, W. N. A. W. Muhammad, and M. N. A. Mohamad, "Development of Two-Axis Rotational Small Ball Miller for Powder Metallurgy Applications," *Prog. Aerosp. Aviat. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2024.

N. Matsanga, W. Nheta, and N. Chimwani, "Grinding Media in Ball Mills—A Review," 2023.

F. Kurniawan, M. I. H. Umam, and I. Kusumanto, "Optimalisasi Penerapan Total Productive Maintenance Pada Mesin Mosher I Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i1.526.

D. Darsini and Y. A. Prabantara, "Penerapan Total Productive Maintenance Guna Mengoptimalkan Ketersediaan Mesin di PT. ATMI Solo," *J. Appl. Mech. Eng. Renew. Energy*, vol.

4, no. 1, pp. 22–27, 2024.

K. M. A. Fatah, M. Yunus, and I. Prasetyo, “Analisis Kerusakan Mesin Molen Genteng Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Damage Analysis of a Tile Molen Machine Using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method,” *JUSTIMES (Jurnal Rekayasa Tek. Mesin Saburai)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.24967/justimes.v1i01.2090.

A. Shaalan, A. Morris, O. O. Ogbomo, D. Baglee, and D. Dixon, “A Comparative Analysis of Condition Monitoring Techniques for Predictive Maintenance in Bearings’ Failure Prevention,” in *2024 Congress in Computer Science, Computer Engineering, & Applied Computing (CSCE)*, IEEE, 2024.

Z. Yin *et al.*, “Optimization and Experimental Study of Iron Ore Grinding Medium Parameters Using EDEM Discrete Element Software,” *Materials (Basel)*, vol. 17, no. 19, 2024, doi: 10.3390/ma17194726.

A. Tohry, S. C. Chelgani, S. S. Matin, and M. Noormohammadi, “Power-draw prediction by random forest based on operating parameters for an industrial ball mill,” *Adv. Powder Technol.*, vol. 31, no. 3, pp. 967–972, 2020, doi: 10.1016/j.appt.2019.12.012.

Z. Hussain, “Comparative Study on Improving the Ball Mill Process Parameters Influencing the Synthesis of Ultrafine Silica Sand: A Taguchi Coupled Optimization Technique,” *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 22, pp. 679–688, 2021, doi: 10.1007/s12541-021-00492-3.

A. Indra and R. Handoko, “Pengaruh Rasio Zirconia Ball dengan Serbuk Keramik Alumina pada Proses Penghalusan Serbuk Keramik Alumina Dengan Alat Horizontal Ball Mill,” *Risenologi*, vol. 8, no. 1, pp. 50–60, 2023, doi: 10.47028/j.risenologi.2023.81.448.