



Analisis Efektivitas Mesin Incinerator Reciprocating CRE-500 dengan Menggunakan Metode OEE dan RCA+

Putri Sulistya Ananda Syahril¹, Faishal Arham Pratikno^{2*}, Putri Gesan Prabawa Anwar²

¹Industrial Engineering Department, Faculty of Industrial Engineering and Technology, Institut Teknologi Kalimantan

Jl. Soekarno Hatta KM 15, Karang Joang, Balikpapan 76127, Indonesia

²Logistics Engineering Department, Faculty of Industrial Engineering and Technology, Institut Teknologi Kalimantan

Jl. Soekarno Hatta KM 15, Karang Joang, Balikpapan 76127, Indonesia

Email: *faishal.arham@lecturer.itk.ac.id

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengelolaan limbah B3 dengan menggunakan mesin Incinerator Reciprocating CRE-500 sebagai fasilitas utamanya. Namun, mesin ini memiliki *downtime* tertinggi mencapai 9,6 jam, yang berdampak signifikan terhadap penurunan efektivitas operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) beserta komponennya, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality Rate*, sebagai tolok ukur produktivitas mesin. Selain itu, dilakukan identifikasi akar penyebab ketidakefektifan mesin melalui pendekatan *Root Conflict Analysis* (RCA+). Hasil perhitungan menunjukkan nilai OEE mesin Incinerator Reciprocating CRE-500 sebesar 59% pada bulan Desember 2024, angka ini masih berada di bawah standar world class OEE sebesar 85%. Analisis RCA+ berhasil mengidentifikasi enam kontradiksi utama yang menjadi penyebab rendahnya efektivitas mesin, di antaranya adalah ketidaksesuaian prosedur operasi, keterbatasan pada sistem pendinginan, serta frekuensi perawatan yang belum optimal. Temuan ini menjadi dasar penting bagi perusahaan dalam merumuskan strategi peningkatan efektivitas mesin dan efisiensi proses operasional secara menyeluruh.

Kata Kunci: OEE, Insinerator, RCA+, Efektivitas Mesin, Pengelolaan Limbah

ABSTRACT

PT. XYZ is a company engaged in the management of hazardous waste using the CRE-500 Reciprocating Incinerator machine as its main facility. However, this machine has the highest downtime reaching 9.6 hours, which has a significant impact on reducing operational effectiveness. This study aims to calculate and analyze the Overall Equipment Effectiveness (OEE) value and its components, namely Availability, Performance, and Quality Rate, as a benchmark for machine productivity. In addition, the root causes of machine ineffectiveness were identified through the Root Conflict Analysis (RCA+) approach. The calculation results show that the OEE value of the CRE-500 Reciprocating Incinerator machine was 59% in December 2024, this figure is still below the world-class OEE standard of 85%. The RCA+ analysis successfully identified six main contradictions that caused the low machine effectiveness, including inconsistencies in operating procedures, limitations in the cooling system, and suboptimal maintenance frequency. These findings serve as an important basis for the company in formulating strategies to improve machine effectiveness and overall operational process efficiency.

Keywords: OEE, Incinerator, RCA+, Machine Effectivity, Waste Management

1. Pendahuluan

Industri menjadi sektor utama yang mendorong pertumbuhan ekonomi di Kota Balikpapan (Widiarani et al., 2021). Namun, di balik perannya sebagai penggerak perekonomian, industri juga menjadi penyumbang terbesar limbah, termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang memiliki risiko tinggi terhadap pencemaran lingkungan (Annisafitri et al., 2025). PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang berperan dalam pengelolaan limbah B3 di Balikpapan, melayani pengolahan limbah dari 38 perusahaan dan instansi medis.

Dalam menjalankan proses pengolahan limbah B3, PT. XYZ menggunakan dua unit mesin insinerator, salah satunya adalah Incinerator Reciprocating CRE-500 yang menjadi fasilitas utama dalam proses insenerasi.

Mesin Incinerator Reciprocating CRE-500 memiliki tingkat utilisasi yang tinggi, namun sering mengalami kerusakan berulang, terutama pada komponen *power supply*. Kerusakan tersebut menyebabkan *downtime* mesin yang cukup signifikan, sehingga berdampak pada penurunan efektivitas operasional (Lie, 2025). Efektivitas mesin yang rendah tidak hanya menghambat kelancaran proses pembakaran, tetapi juga memengaruhi hasil pembakaran limbah yang menjadi tidak optimal, sehingga meningkatkan jumlah residu berbahaya yang dapat mencemari lingkungan (Permana et al., 2024; Syahputra et al., 2025).

Dalam upaya mengukur efektivitas mesin secara objektif, digunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality Rate*. Ketiga komponen ini menjadi indikator penting untuk mengetahui sejauh mana mesin mampu beroperasi secara efektif dalam prosesnya. Namun, perhitungan OEE hanya memberikan gambaran kuantitatif terhadap tingkat efektivitas mesin, dan belum mampu mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan atau kerusakan yang terjadi (Panudju, 2025; Yandriyani et al., 2024).

Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjutan untuk menggali penyebab mendasar dari ketidakefektifan mesin menggunakan metode *Root Conflict Analysis* (RCA+). RCA+ merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi kontradiksi-kontradiksi dalam sistem yang menjadi penyebab utama timbulnya permasalahan (Mohammadi et al., 2022). Melalui RCA+, faktor-faktor teknis dan non-teknis yang mempengaruhi kinerja mesin dapat dianalisis secara mendalam. Kelebihan metode RCA+ dibandingkan dengan metode pencarian akar masalah yang lain adalah metode ini akan menghasilkan kontradiksi yang terjadi akibat dari permasalahan yang diangkat. Hal ini berpengaruh dalam penentuan solusi yang diusulkan nantinya akan lebih inovatif dan terarah (Hatipoğlu et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis nilai *Availability*, *Performance*, dan *Quality Rate* sebagai komponen OEE pada Incinerator Reciprocating CRE-500 di PT. XYZ, serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ketidakefektifan mesin melalui pendekatan RCA+. Dengan memahami hubungan antara penurunan OEE dan akar permasalahan yang terjadi, diharapkan perusahaan dapat merumuskan strategi perbaikan yang efektif guna meningkatkan kinerja operasional mesin secara berkelanjutan.

2. Metode

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan dukungan analisis kualitatif (mixed-method). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas mesin melalui metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan menggunakan *Root Conflict Analysis* (RCA+). Desain penelitian bersifat deskriptif-analitis, yaitu menggambarkan kondisi aktual kinerja mesin sekaligus menganalisis penyebab ketidakefektifan serta merumuskan solusi perbaikannya.

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada mesin incinerator di departemen pembakaran PT. XYZ, dengan periode pengamatan pada tanggal 1 Desember - 30 Desember 2024.

2.2. Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel utama dalam penelitian ini adalah efektivitas mesin yang diukur menggunakan metode OEE, yang terdiri dari tiga indikator utama, yaitu (Ginste et al., 2023):

1. *Availability*: rasio antara waktu operasi aktual terhadap waktu operasi yang direncanakan.
2. *Performance*: perbandingan antara output aktual dengan kapasitas produksi ideal mesin.
3. *Quality Rate*: persentase produk yang memenuhi standar kualitas terhadap total output yang dihasilkan.

Selain itu, variabel pendukung dalam analisis RCA+ meliputi faktor-faktor penyebab ketidakefektifan, seperti:

- *downtime* mesin,
- kerusakan komponen (misalnya *power supply*),
- kondisi sistem pendukung (*blower*, *nozzle*, sistem pendingin),
- serta kondisi operasional dan prosedur kerja.

2.3. Analisis Data

Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas mesin secara menyeluruh berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality Rate* (Haddad et al., 2021). *Availability* mengukur ketersediaan mesin untuk beroperasi dibandingkan dengan waktu yang

direncanakan, dengan memperhitungkan waktu *downtime* akibat kerusakan atau *setup* mesin, di mana tingginya *downtime* mesin *Incinerator Reciprocating CRE-500* akibat kerusakan pada *power supply* dapat menurunkan nilainya. *Performance* menilai kecepatan aktual produksi mesin dibandingkan dengan kecepatan ideal, yang dapat terpengaruh oleh faktor teknis seperti penurunan efisiensi *blower* atau sumbatan pada *nozzle* bahan bakar. Sementara itu, *Quality Rate* mengukur proporsi hasil produksi yang memenuhi standar kualitas, yang dalam konteks *incinerator* ditentukan oleh seberapa sempurna limbah terbakar tanpa menghasilkan residu berbahaya. Secara keseluruhan, OEE berfungsi untuk mengidentifikasi sumber kerugian produktivitas dan menjadi dasar dalam pelaksanaan program *Total Productive Maintenance (TPM)*, sehingga perhitungan nilai OEE mampu memberikan gambaran kuantitatif yang jelas mengenai tingkat efektivitas mesin dalam kondisi actual (Ardiansyah & Nuriyanto, 2025).

Setelah diperoleh hasil perhitungan OEE, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi akar penyebab ketidakefektifan mesin dengan metode *Root Conflict Analysis (RCA+)*. Metode ini tidak hanya menelusuri penyebab langsung suatu masalah, tetapi juga menganalisis kontradiksi dalam sistem berdasarkan prinsip *Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)* (Pratikno et al., 2023). Melalui pemetaan sebab-akibat, kontradiksi yang menjadi akar masalah dapat ditemukan, misalnya peningkatan kecepatan pembakaran yang justru menimbulkan risiko ketika sistem pendingin tidak mampu mengimbangi kenaikan suhu. Dengan *RCA+*, faktor teknis seperti kerusakan *power supply*, pendinginan yang tidak optimal, serta sumbatan jalur bahan bakar dianalisis secara menyeluruh untuk merumuskan solusi inovatif dan tuntas (Souchkov, 2017).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan OEE

3.1.1. Perhitungan Availability

Perhitungan *availability*, seperti terlihat pada Tabel 1, digunakan untuk mengukur seberapa besar waktu yang dijadwalkan untuk pembakaran benar-benar digunakan oleh mesin atau peralatan untuk beroperasi. Dalam menentukan nilai *availability* dimulai dengan mencari total waktu pembakaran, *operating time*, *downtime*, waktu *set up*. Berikut adalah rumus perhitungan nilai *performance rate*:

$$PE = \text{waktu siklus ideal} \times \frac{\text{total produksi}}{\text{total operating time}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Perhitungan Availability Desember 2024

Hari Ke-	Waktu Set Up (Menit)	Downtime (Menit)	Total Waktu Produksi (Menit)	Total Operating Time (Menit)	Availability
1	52	0	420	368	87.62%
2	59	0	420	361	85.95%
3	50	0	370	320	86.49%
4	39	9	420	372	88.57%
5	43	0	340	297	87.35%
6	59	213	420	148	35.24%
7	52	0	420	368	87.62%
8	59	0	420	361	85.95%
9	40	50	420	330	78.57%
10	48	0	340	292	85.88%
11	59	0	420	361	85.95%
12	50	0	370	320	86.49%
13	59	0	420	361	85.95%
14	40	30	420	350	83.33%
15	48	0	340	292	85.88%
16	49	0	420	371	88.33%
17	50	0	370	320	86.49%
18	52	0	420	368	87.62%
19	52	180	420	188	44.76%
20	43	102	340	195	57.35%
Rata - Rata					80,07%

Hasil perhitungan menunjukkan Availability Rate rata-rata sebesar 80,07%. Nilai ini belum mencapai standar ideal ($\geq 90\%$). Penyebab utama penurunan Availability adalah tingginya downtime pada hari ke-6, ke-19, dan ke-20, akibat kerusakan komponen kritis seperti power supply dan motor blower.

3.1.2 Perhitungan Performance Rate

Perhitungan *Performance Rate* (lihat Tabel 3) digunakan untuk mengukur apakah mesin telah bekerja dengan kecepatan yang maksimal, memperhitungkan kecepatan pembakaran sebenarnya dibandingkan waktu rencana pembakaran. Pada penelitian ini, waktu siklus ideal ditentukan dari jenis limbah B3 yang dimasukkan ke dalam mesin. Data ini didapatkan dari tim perencanaan mesin *incinerator* PT. XYZ.

Tabel 2. Perhitungan *Performance* Desember 2024

Hari Ke-	Waktu Siklus	Total Produksi (Kg)	Total <i>Operating Time</i> (Menit)	<i>Performance Rate</i>
1	0.368	1000	368	81.52%
2	0.361	999	361	83.02%
3	0.376	850	320	79.69%
4	0.368	1009	372	81.37%
5	0.333	900	297	90.91%
6	0.296	500	148	67.57%
7	0.368	1000	368	81.52%
8	0.365	988	361	82.11%
9	0.388	850	330	77.27%
10	0.365	800	292	82.19%
11	0.364	990	361	82.27%
12	0.344	930	320	87.19%
13	0.361	998	361	82.94%
14	0.411	850	350	97.14%
15	0.343	850	292	87.33%
16	0.412	900	371	97.04%
17	0.322	1000	320	93.75%
18	0.368	1000	368	81.52%
19	0.188	1000	188	53.19%
20	0.216	900	195	92.31%
Rata - rata				83.09%

Pada tabel diatas, rata rata performance rate adalah sebesar 83,09%. Apabila nilai performance rate mencapai 95%, maka proses telah berjalan dengan kecepatan maksimal berdasarkan waktu siklus dan total produksi (Aprina, 2019). Performance rate diatas > 95% sehingga belum mencapai dari standar yang seharusnya.

3.1.3 Perhitungan Quality Rate

Perhitungan *quality* (lihat Tabel 3) digunakan untuk mengukur unit yang dibakar oleh mesin *incinerator*, apakah sudah memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan dengan membandingkan hasil pembakaran yang memenuhi standar dan total pembakaran.

Tabel 3. Perhitungan *Quality* Desember 2024

Hari Ke-	Total Produksi (Kg)	Produk Cacat (Kg)	<i>Quality Rate</i>
1	1000	30	97.00%
2	999	100	89.99%
3	850	103	87.88%
4	1009	100	90.09%

Hari Ke-	Total Produksi (Kg)	Produk Cacat (Kg)	Quality Rate
5	900	30	96.67%
6	500	300	40.00%
7	1000	140	86.00%
8	988	40	95.95%
9	850	310	63.53%
10	800	60	92.50%
11	990	30	96.97%
12	930	99	89.35%
13	998	50	94.99%
14	850	300	64.71%
15	850	50	94.12%
16	900	102	88.67%
17	1000	44	95.60%
18	1000	151	84.90%
19	1000	108	89.20%
20	900	104	88.44%
Rata - rata			86,33%

Hasil menunjukkan Quality Rate rata-rata sebesar 86,33%, yang masih jauh dari standar ideal 99%. Penyebab utama defect adalah pembakaran yang tidak sempurna akibat ketidakstabilan suhu dan distribusi udara dalam ruang bakar, terutama saat mesin mengalami performa yang menurun.

3.1.4 Rekapitulasi OEE

Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang terlihat pada Tabel 4, digunakan untuk mengukur *efektivitas* mesin secara menyeluruh melalui tiga komponen utama, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. OEE memberikan gambaran seberapa efektif mesin beroperasi dibandingkan dengan kondisinya. Berikut ialah hasil rekapitulasi perhitungan OEE dalam waktu 1 bulan yaitu di bulan Desember:

Tabel 4. Rekapitulasi OEE bulan Desember 2024

Hari Ke-	Availability	Performance	Quality Rate	OEE
1	87.62%	81.52%	97.00%	69.29%
2	85.95%	83.02%	89.99%	64.21%
3	86.49%	79.69%	87.88%	60.57%
4	88.57%	81.37%	90.09%	64.93%
5	87.35%	90.91%	96.67%	76.76%
6	35.24%	67.57%	40.00%	9.52%
7	87.62%	81.52%	86.00%	61.43%
8	85.95%	82.11%	95.95%	67.71%
9	78.57%	77.27%	63.53%	38.57%
10	85.88%	82.19%	92.50%	65.29%
11	85.95%	82.27%	96.97%	68.57%
12	86.49%	87.19%	89.35%	67.38%
13	85.95%	82.94%	94.99%	67.71%
14	83.33%	97.14%	64.71%	52.38%
15	85.88%	87.33%	94.12%	70.59%
16	88.33%	97.04%	88.67%	76.00%
17	86.49%	93.75%	95.60%	77.51%
18	87.62%	81.52%	84.90%	60.64%
19	44.76%	53.19%	89.20%	21.24%
20	57.35%	92.31%	88.44%	46.82%

8. Nilai Availability rate rendah
9. Nilai downtime yang cukup tinggi
10. Kebocoran ruang bakar
11. Kerusakan sirkulasi cairan bahan bakar
12. Kerusakan kabel power
13. Kerusakan kipas
14. Keretakan pada dinding ruang bakar
15. Siklus pemanasan dan pendinginan dinding terlalu sering
16. Konsleting kabel
17. Kabel tergesek logam
18. Bearing rusak
19. Bearing aus
20. Getaran mesin tidak seimbang
Positif
1. Menghemat Biaya (Karena tidak ada sensor)
2. Bahan bakar basah mudah disimpan
3. Mengurangi waktu set up dengan tidak mengganti filter pada kipas
4. Hemat energi jika menggunakan baling baling ringan
5. Tidak mudah menarik debu jika tidak sering melakukan pelumasan
6. Mengurangi waktu set up dengan tidak mengganti filter bahan bakar
Kontradiksi
1. Jika tidak mengganti filter bahan bakar akan mengurangi waktu set up tapi sirkulasi cairan bahan bakar akan rusak
2. Jika tidak melakukan pelumasan secara rutin pada kipas akan tidak mudah menarik debu tapi bearing menjadi cepat Aus
3. Jika tidak mengganti filter pada kipas akan mengurangi waktu set up tapi getaran kipas jadi tidak seimbang
4. Jika menggunakan baling baling ringan akan hemat energi tapi getaran kipas menjadi tidak seimbang
5. Jika menggunakan bahan bakar basah akan aman untuk disimpan tapi kebutuhan biaya bahan bakar lebih banyak
6. Jika tidak menggunakan sistem atau sensor maintenance otomatis akan menghemat biaya tapi gangguan teknis minor tidak terdeteksi
Tidak Dapat di Ubah
1. Lingkungan penuh partikel
2. Suhu Lingkungan Terlalu Tinggi

Kontradiksi operasional (poin 1, 2, 3, dan 4) menyoroti dilema antara efisiensi jangka pendek dan kesehatan sistem jangka panjang. Misalnya, menghindari penggantian filter atau pelumasan rutin memang menghemat waktu dan upaya di awal, namun hal ini secara langsung mempercepat kerusakan komponen seperti sirkulasi bahan bakar, bearing, dan keseimbangan kipas. Hal ini menciptakan risiko kegagalan sistem yang lebih besar dan biaya perbaikan yang jauh lebih mahal di kemudian hari. Sementara itu, kontradiksi ekonomi (poin 5 dan 6) menggambarkan konflik antara penghematan biaya di awal dan kerugian finansial yang lebih besar di masa

mendatang. Penggunaan bahan bakar yang lebih murah (meski boros) atau tidak menggunakan sensor pemeliharaan otomatis memang mengurangi biaya langsung, tetapi ini bisa menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar atau kegagalan teknis yang tidak terdeteksi, yang pada akhirnya memerlukan biaya perbaikan dan operasional yang jauh lebih tinggi.

Dari semua kontradiksi yang telah diuraikan, terlihat bahwa keputusan untuk mengabaikan perawatan rutin atau memilih solusi yang "hemat" di awal sering kali berujung pada konsekuensi yang lebih merugikan secara operasional dan finansial dalam jangka panjang (Fahri & Harahap, 2025). Secara keseluruhan, meskipun terkadang terasa lebih praktis atau ekonomis untuk mengabaikan hal-hal kecil, tindakan tersebut justru meningkatkan risiko kerusakan yang serius dan tak terduga (Handra & Hanandoko, 2025). Oleh karena itu, investasi pada perawatan preventif dan penggunaan komponen yang tepat, meskipun awalnya terasa memakan waktu atau biaya, sesungguhnya adalah strategi yang lebih bijaksana untuk memastikan keberlanjutan, keandalan, dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Sebagai solusi yang diusulkan, perusahaan perlu mengadopsi pendekatan preventive maintenance yang terstruktur dan berbasis data, misalnya dengan menjadwalkan perawatan rutin menggunakan indikator kinerja utama (KPI) seperti mean time between failure (MTBF) dan mean time to repair (MTTR) (Mukunzi & Palmqvist, 2025; West et al., 2024). Selain itu, pemilihan komponen harus mempertimbangkan aspek kualitas dan kesesuaian spesifikasi teknis, bukan hanya harga awal. Implementasi sistem monitoring berbasis teknologi (misalnya sensor atau IoT) juga dapat menjadi alternatif untuk mendeteksi potensi kerusakan lebih dini (Hamzah et al., 2025; Hayati et al., 2025). Dengan demikian, investasi pada perawatan preventif dan penggunaan komponen yang tepat, meskipun awalnya terasa memakan waktu atau biaya, merupakan strategi yang lebih bijaksana untuk memastikan keberlanjutan, keandalan, dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

4. Kesimpulan

Nilai OEE pada mesin *incinerator Reciprocating CRE-500* tergolong rendah dan berada < 85% yaitu rata - rata nilai OEE pada bulan Desember sebesar 59,36%. Hal ini disebabkan oleh *Quality Rate*, *Performance* dan *Availability Rate* yang rendah yaitu 80,1%, 83,09% dan 86,3% sehingga menghasilkan nilai OEE yang rendah.

Berdasarkan hasil analisis diagram RCA+ terhadap kinerja mesin, ditemukan bahwa nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) berada di bawah standar global. Permasalahan ini muncul akibat rendahnya *Quality Rate* dan *Availability Rate* yang masing-masing memiliki akar penyebab tersendiri namun saling berkaitan. Selain itu, terdapat 6 *kontradiksi* dalam akar masalah yang ditandai oleh tanda (- +). Adapun permasalahan yang tidak dapat diubah sebanyak 2 akar permasalahan.

Kontradiksi ini menunjukkan pentingnya pendekatan yang seimbang antara efisiensi biaya dan keandalan sistem. Oleh karena itu, solusi yang diusulkan perlu mempertimbangkan kedua sisi tersebut, Pendekatan ini sejalan dengan prinsip perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) dalam kerangka kerja Total Productive Maintenance (TPM) dan peningkatan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE).

Daftar Pustaka

1. Annisafitri, R. M., Prabowo, P. W., & Rachmanto, T. A. (2025). Analisis Sistem Pengelolaan Limbah B3 di Industri Minuman Ringan Kabupaten Sidoarjo Universitas Pembangunan Nasional " Veteran " Jawa Timur , Indonesia Bentala Hijau Indonesia , Indonesia. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(1), 131-145. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/venus.v3i1.725>
2. Aprina, B. (2019). ANALISA OVERALL RESOURCE EFFECTIVENESS UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING DAN OPERATIONAL EXCELLENCE Pasar konstruksi dan sektor bahan bangunan Indonesia telah berkembang secara signifikan , didorong oleh pesatnya. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 2(1).
3. Ardiansyah, M. R., & Nuriyanto. (2025). Analisis Total Productive Maintenance (TPM) dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Blowing. *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(3).
4. Fahri, F., & Harahap, B. (2025). Analisis Efektivitas Preventive Maintenance dengan Metode Periodic Inspection untuk Meningkatkan Kinerja pada Unit WA800-3. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 3(3), 246-267.
5. Ginste, L. Van De, Aghezzaf, E., & Cottyn, J. (2023). The role of equipment flexibility in Overall Equipment Effectiveness (OEE) -driven process improvement. *Procedia CIRP*, 107(March), 289-294. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.047>

6. Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56-64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
7. Hamzah, M. F., Suppa, R., & Dasril. (2025). Sistem Monitoring Cairan Infus Berbasis Internet Of Things. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 13(1).
8. Handra, V. F., & Hanandoko, T. B. (2025). Penerapan Reliability Centered Maintenance dalam meningkatkan kinerja mesin sewing. *Jurnal Teknik Industri Dan Manajemen Rekayasa*, 3(2), 96-108.
9. Hatipoğlu, A., Subran, M., Korkmaz, F. F., Kaya, M. O., & Fidanboyulu, K. (2020). Verification of Patent Solution Proposed for Munition Release Systems Using TRIZ-Based Root Conflict Analysis (RCA+) Approach. *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.33793/acperpro.03.01.30>
10. Hayati, K., Pratikno, F. A., Gesan, P., Anwar, P., & Susantiningdyah, H. (2025). Optimizing Water Quality in Carp Farming through an IoT-based Dissolved. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 9(4), 2132-2140.
11. Lie, M. A. (2025). Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Metode OEE pada Industri Makanan: Studi Kasus di PT "Y." *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.47134/jme.v2i1.3966>
12. Mohammadi, A., Yang, J., Borgianni, Y., & Zeng, Y. (2022). Barriers and enablers of TRIZ: a literature analysis using the TASKS framework. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 22. <https://doi.org/10.1108/JEDT-01-2022-0066>
13. Mukunzi, G., & Palmqvist, C. (2025). ScienceDirect The Effectiveness of Preventive Maintenance in Railways. *Transportation Research Procedia*, 86, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.04.041>
14. Panudju, A. A. T. (2025). Peningkatan Efektifitas Mesin dengan Metode Overall Equipment Effectiveness. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 4(1), 428-436.
15. Permana, A., Muzakki, I., & Pambudi, R. (2024). Analisis Pengukuran Efektivitas Pengolahan Minyak Bumi dengan Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Studi Kasus : PPSDM Migas Cepu). *Swara Patra : Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 14(1), 21-30.
16. Pratikno, F. A., Zamzani, M. I., & Setiowati, N. O. (2023). Application of Root Conflict Analysis (RCA+) to Identify Contradiction in Manufacturing Process. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 722-729. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2448>
17. Souchkov, V. (2017). Application of Root Conflict Analysis (RCA plus) to formulate inventive problems in the maritime industry. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin-Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej W Szczecinie*, 51(123), 9-17. <https://doi.org/10.17402/225>
18. Syahputra, A. S., Mulasari, S. A., & Sukei, T. W. (2025). Tantangan Implementasi dan Efektivitas Insinerator dalam Upaya Penanganan Limbah Medis : Kajian Pustaka. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*, 12(2), 393-401.
19. Vaneker, T., & Laoh, S. (2021). Improving the Construction of RCA+ contradiction Trees. *TRIZ Future Conference*, 209-219.
20. West, J., Siddhpura, M., & Evangelista, A. (2024). Improving Equipment Maintenance – Switching from Corrective to Preventative Maintenance Strategies. *Buildings*, 14(3581), 1-16.
21. Widiarani, S., Priana, W., & Wahed, M. (2021). Analisis Sektor Unggulan Perekonomian Kota Balikpapan Dan Kota Samarinda. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.46799/jsa.v2i5.239>
22. Yandriyani, D., Sitanggang, M. L., & Masri, I. (2024). The effect of low overall equipment effectiveness (OEE) on working hours and production costs of supplement products. *Jurnal Info Sains : Informatika Dan Sains*, 14(01), 529-538. <https://doi.org/10.54209/infosains.v14i01>