

## Optimasi Efisiensi Mesin Sterilizer Kelapa Sawit Menggunakan Response Surface Metodologi Menuju Manufaktur Berkelanjutan

Nilu Nurlina, M. Fendy Kussuma, Julian Anindito, Tri Retno Setiyawati\*  
Industrial Engineering, Tidar University; email: [nila.nurlina@untidar.ac.id](mailto:nila.nurlina@untidar.ac.id),  
[kussumateknik@untidar.ac.id](mailto:kussumateknik@untidar.ac.id), [julian\\_w@untidar.ac.id](mailto:julian_w@untidar.ac.id), [setiyawati.retno@untidar.ac.id](mailto:setiyawati.retno@untidar.ac.id)

\* Corresponding author

### Abstrak

Minyak kelapa sawit merupakan minyak nabati yang memiliki peluang usaha sangat menjanjikan. Permintaan minyak kelapa sawit cenderung meningkat. Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar dunia. Buah kelapa sawit diolah menjadi minyak goreng melalui beberapa proses, salah satunya proses sterilisasi. Proses sterilisasi merupakan kunci keberhasilan pengolahan yang menentukan kualitas produk selain dari kualitas bahan baku. Pada umumnya, proses sterilisasi menggunakan mesin sterilizer yang termasuk dalam kategori mesin kritis, ketika mesin rusak produksi akan terhenti. Kegagalan proses sterilisasi yang diakibatkan karena kerusakan mesin menimbulkan ketidak efektifan proses dan kerugian perusahaan. Dalam rangka menghadapi persaingan yang semakin ketat dan meminimalisir kerugian, efisiensi penggunaan mesin perlu ditingkatkan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai optimum efisiensi mesin sterilizer dengan response surface methodology (RSM). Efisiensi peralatan didapatkan dari perhitungan kerugian menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Parameter OEE terdiri dari availability, performance, dan quality. Parameter tersebut dioptimasi menggunakan RSM untuk mengetahui efisiensi optimum yang dapat diberikan mesin. Nilai OEE mesin sterilizer yang seharusnya dihasilkan agar mesin dapat mencapai efisiensi optimum sebesar 76,19 dimana nilai availability, performance, dan quality mesin masing-masing harus mencapai 90,6147%, 91,2965%, dan 91,7045%.

**Kata Kunci:** efisiensi, kerugian, RSM, sterilizer minyak kelapa sawit.

### Abstract

**[Optimizing the Efficiency of Palm Oil Sterilizer using the Response Surface Methodology Towards Sustainable Manufacturing]** Palm oil is a vegetable oil that very promising business opportunities. Indonesia is the world's largest palm oil producer. Oil palm fruit is through several processes, one of them is the sterilization process. The sterilization process is the successful key processing which determines the product quality. In general, the sterilization process uses a sterilizer machine which is categorize as critical machine. The failure of the sterilization process caused ineffectiveness and company losses. In order to face increasingly fierce competition and minimize losses, the machine efficiency needs to be improved. The purpose of this study was to determine the optimum value for the efficiency of the sterilizer machine using the response surface methodology (RSM). Machine efficiency is calculated from losses using Overall Equipment Effectiveness (OEE) method. OEE parameters consist of availability, performance, and quality. These parameters are optimized using RSM to determine the optimum efficiency that can be provided by the engine. The sterilizer machine can be reached optimum efficiency if reached OEE 76,19%, where is the number of availability, performance, and quality should be 90,6147%, 91,2965%, dan 91,7045%.

**Keywords:** efficiency, loss, RSM, oil palm sterilizer.

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: *Operations Engineering & Management*

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Nurlina, N., Kusuma, M.F., Anindito, J., dan Setiyawati, T.R. (2023). Optimasi Efisiensi Mesin Sterilizer Kelapa Sawit Menggunakan Response Surface Metodologi Menuju Manufaktur Berkelanjutan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) 2023*, 426-433.

## **1. Pendahuluan**

Kelangkaan minyak goreng yang terjadi di Indonesia sejak tahun 2021 diakibatkan oleh tidak seimbangnya antara ketersediaan pasokan yang menurun dan meningkatnya permintaan konsumen. Hal tersebut juga didorong adanya faktor kenaikan harga minyak nabati dunia. Bahan baku minyak goreng adalah tumbuh-tumbuhan salah satunya kelapa sawit (Chew et al. 2022). Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar didunia. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian, pada tahun 2021 Indonesia memproduksi 48,24 juta ton CPO minyak kelapa sawit (BPS 2021). Sebagai negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, Indonesia memiliki beberapa perusahaan perkebunan kelapa sawit baik yang dikelola pemerintah, rakyat maupun swasta. Perusahaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebanyak 2.446 perusahaan yang tersebar pada 26 Provinsi Indonesia (BPS 2021). Pertumbuhan industri kelapa sawit tersebut menarik perhatian dunia, khususnya produsen minyak nabati.

Salah satu proses penting dalam pengolahan minyak kelapa sawit adalah sterilisasi (Sukaribin and Khalid 2009). Sterilizer merupakan mesin untuk proses sterilisasi berupa bejana yang digunakan untuk menghentikan aktivitas mikroorganisme dengan cara memberikan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi pada waktu tertentu (Haq and Purba 2020; Latif Mubarak, Sofwan, and Bismantolo 2022). Mesin tersebut terdiri dari beberapa bagian diantaranya pintu sterilizer, lori, safety valve, rail track, water pump, dan beberapa panel.

Proses pengolahan minyak kelapa sawit berlangsung secara kontinyu. Mutu minyak kelapa sawit yang dihasilkan bergantung pada kesesuaian bahan baku dan proses pengolahan dengan standar yang ditetapkan. Permasalahan yang sering terjadi pada Perusahaan pengolah minyak kelapa sawit PT XYZ adalah kerusakan pada mesin Sterilizer ketika sedang digunakan produksi. Kerusakan yang sering terjadi pada bagian penyaring yang terletak didalam Sterilizer karena dari prseses produksi yang dikirim dari conveyor lalu naik menuju pintu atas mesin Sterilizer yang tingginya 10 meter lalu dijatuhkan TBS (Tandan Buas Segar) kelapa sawit yang beratnya 7-9kg per bijinya. Kerusak pada screw yang mengalami patah pada mesin Sterilizer karena sudah memasuki masa pergantian, terlalu banyak beban kelapa sawit yang ditahan dan mengendapnya bekas kelapa sawit yang selesai direbus.

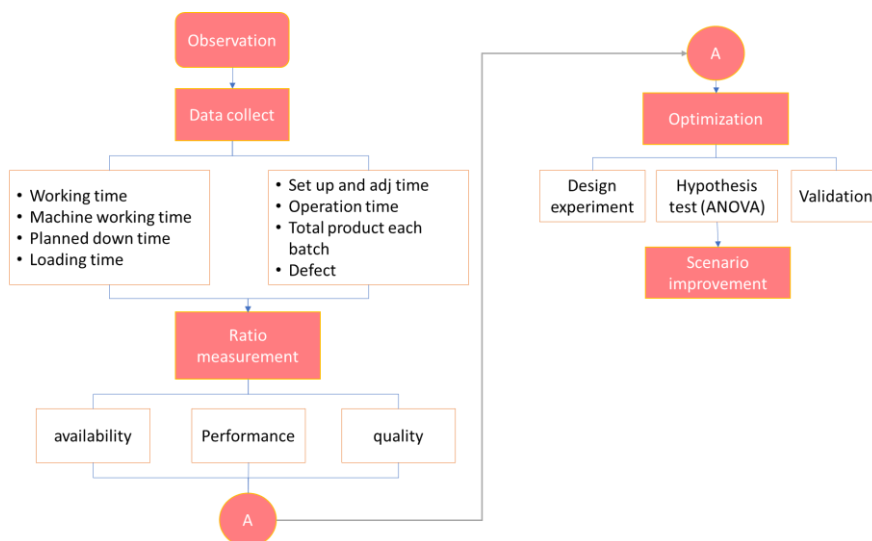
Mesin memegang peranan penting dalam keberhasilan proses produksi (Supriatna et al. 2020). Efektifitas proses dapat dinilai dari kinerja dan kehandalan mesin pada saat digunakan. Efektifitas mesin tidak hanya mempengaruhi optimalisasi mesin, namun juga menyebabkan pemborosan energi (Thiede 2023). Perhitungan OEE dapat digunakan untuk meningkatkan efektifitas mesin dengan investasi minimal (Antonio Mendonça, da Piedade Francisco, and de Souza Rabelo 2022; Dobra and Jósvai 2021; Tumbajoy, Muñoz-Añasco, and Thiede 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk optimasi efisiensi mesin sterilizer menggunakan RSM (Response Surface Methodology). Variable yang mempengaruhi nilai efisiensi adalah kualitas, *performance*, dan *availability* mesin. RSM merupakan metode yang mengkombinasikan ilmu

matematika dan statistika untuk memodelkan dan menganalisis masalah engineering (Kumar et al. 2023). RSM digunakan untuk memprediksi respons (Kumar et al. 2023; Kumar Sahoo et al. 2021; Patil, Rudrapati, and Poonawala 2021; Sangwan and Kant 2017; Saravanan et al. 2020). Respon yang didapatkan dari penelitian ini adalah nilai efisiensi mesin yang dihitung dengan OEE. Data penelitian didapatkan dari pengamatan langsung selama tiga bulan pada PT XYZ yang bergerak pada bidang produksi kelapa sawit.

## 2. Metode

Penelitian ini berbasis observasi lapangan dengan data yang didapatkan dari pengamatan pada perusahaan pengolah minyak kelapa sawit. Observasi dilakukan pada stasiun sterilisasi yang menggunakan mesin *sterilizer* dalam kurun waktu 3 (tiga) bulan. Metodologi penelitian ini terlihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

Observasi digunakan untuk pengambilan data yang selanjutnya dijadikan input perhitungan OEE. Data diperoleh dari pengukuran dilapangan setiap satu siklus proses sterilisasi selama 2 bulan. Data yang diamati adalah data yang digunakan untuk mengukur parameter efisiensi mesin eksisting. Parameter mesin yang digunakan untuk mengukur nilai efisiensi adalah rasio *availability*, *performance*, dan *quality*. Hasil perhitungan tiga parameter tersebut dijadikan sebagai input perhitungan OEE. Langkah selanjutnya adalah menghitung parameter optimum menggunakan RSM. Pada RSM ini teridentifikasi terdapat 3 faktor dan dua level sebagai input perhitungan. Faktor yang digunakan adalah *availability*, *performance*, dan *quality*. Sementara, terdapat dua level yang digunakan yaitu nilai minimum dan maksimum dari masing-masing parameter.

### 1) Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan metode yang digunakan untuk menjaga mesin/peralatan tetap dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. OEE dapat ditingkatkan dengan mengurangi atau menghilangkan pemborosan proses produksi. Parameter pengukuran OEE terdiri dari pengukuran rasio *availability*, *performance*, dan *quality*. Nakajima (1998) telah membuat rumusan perhitungan untuk menghitung OEE berdasarkan parameter *availability*,

*performance dan quality.*

$$Availability\ ratio = \frac{Operation\ time}{Loading\ time} \times 100\% = \frac{Loading\ time - planned\ down\ time}{Loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Persamaan 1. *Availability ratio* digunakan untuk menghitung ketersediaan mesin pada saat digunakan proses produksi.

$$Performance = \frac{Processed\ Amount\ x\ ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan 2. *Performance* merupakan rasio yang menggambarkan kemampuan mesin/peralatan menghasilkan produk.

$$Quality = \frac{Processed\ amount - defect\ amount}{Processed\ amount} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Persamaan 3. *Quality* merupakan rasio jumlah produk yang cacat dan tidak cacat. Apabila tiga parameter sudah didapatkan nilainya, langkah selanjutnya adalah menghitung OEE dengan rumus 4 sebagai berikut.

$$OEE = availability \times performance \times quality \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Faktor yang dapat menurunkan efisiensi dikategorikan dalam 6 kerugian (*six big losses*) yang terbagi dalam 3 kerugian besar yaitu downtime loss (*equipment failures loss, setup and adjustment loss*), speed loss (*idling dan reduced speed loss*) serta defect loss (*rework loss dan reduced speed loss*).

## 2) Response surface Methodologi (RSM)

Response surface methodologi digunakan untuk mendapatkan parameter yang mampu menghasilkan nilai optimal. Parameter/faktor yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 yaitu *availability, performance dan quality.*

Data tersebut diolah dengan bantuan software minitab dan dianalisis keterkaitan antar faktor dengan *analysis of variance*. Apabila didapatkan hubungan antar faktor yang saling mempengaruhi, maka dilanjutkan pada tahap optimasi dengan software minitab. Pada penelitian ini fungsi tujuan optimasi adalah maksimasi nilai OEE.

## 3) Improvement

Hasil RSM tersebut dijadikan dasar dalam perancangan skenario perbaikan untuk mewujudkan manufaktur berkelanjutan. Skenario perbaikan dapat dilakukan dengan mengurangi pemborosan yang mengakibatkan nilai OEE tidak dapat maksimal.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Efisiensi mesin dapat ditentukan berdasarkan nilai OEE peralatan. Nilai OEE ditentukan berdasarkan parameter *availability, performance dan quality.* Parameter *availability* didapatkan dari pengukuran hasil pengamatan berupa *machine working time, loading time, dan operation time.* Parameter *performance* didapatkan dari pengukuran hasil pengamatan jumlah produk

yang diproduksi dan waktu operasi. Sementara, nilai parameter *quality* didapatkan dari pengukuran hasil pengamatan jumlah produksi dan produk cacat yang dihasilkan selama produksi berjalan.

Setelah mendapatkan nilai untuk masing-masing parameter, selanjutnya dilakukan optimasi dengan RSM. Respon yang ingin didapatkan adalah efektifitas mesin yang dapat dihitung menggunakan rumus 4. Perhitungan RSM menggunakan bantuan software minitab 19.

**Tabel 1.** Data Pengamatan dan Nilai Respon (OEE)

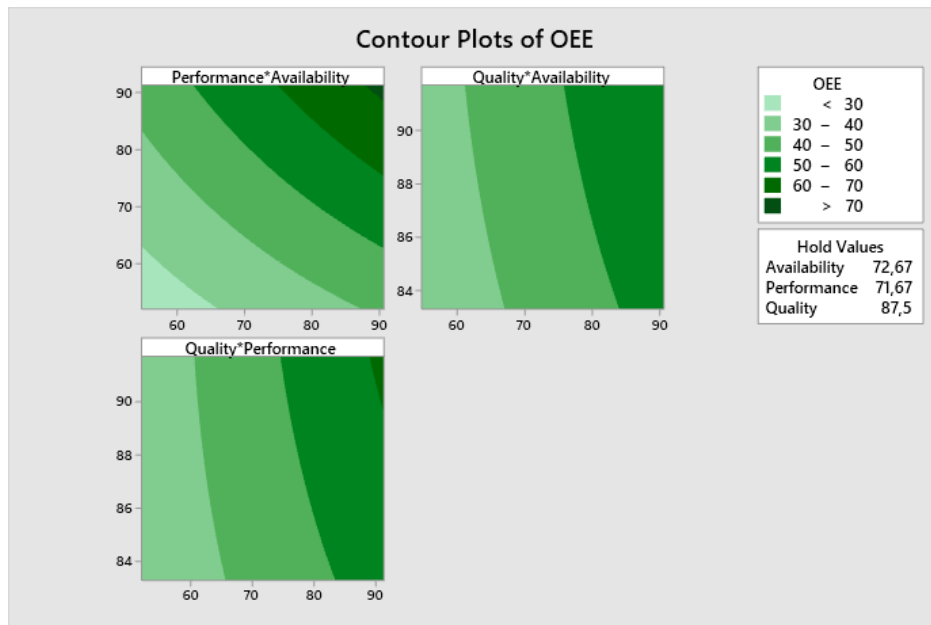
RunOrder	Availability	Performance	Quality	OEE
1	62%	60%	85%	32%
2	83,34%	60%	85%	43%
3	62%	83,34%	85%	44%
4	83,34%	83,34%	85%	59%
5	62%	60%	90%	33%
6	83,34%	60%	90%	45%
7	62%	83,34%	90%	47%
8	83,34%	83,34%	90%	63%
9	54,73%	71,67%	87,50%	34%
10	90,61%	71,67%	87,50%	57%
11	72,67%	52,04%	87,50%	33%
12	72,67%	91,30%	87,50%	58%
13	72,67%	71,67%	83,30%	43%
14	72,67%	71,67%	91,70%	48%
15	72,67%	71,67%	87,50%	46%
16	72,67%	71,67%	87,50%	46%
17	72,67%	71,67%	87,50%	46%
18	72,67%	71,67%	87,50%	46%
19	72,67%	71,67%	87,50%	46%
20	72,67%	71,67%	87,50%	46%

Berdasarkan data tabel 1 didapatkan hasil analisis *variance* menggunakan software minitab 19 sebagai berikut.

**Tabel 2.** Analysis of Variance (ANOVA)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Availability	1	628,97	628,974	13184,90	0,000
Performance	1	762,48	762,485	15983,62	0,000
Quality	1	24,81	24,815	520,18	0,000

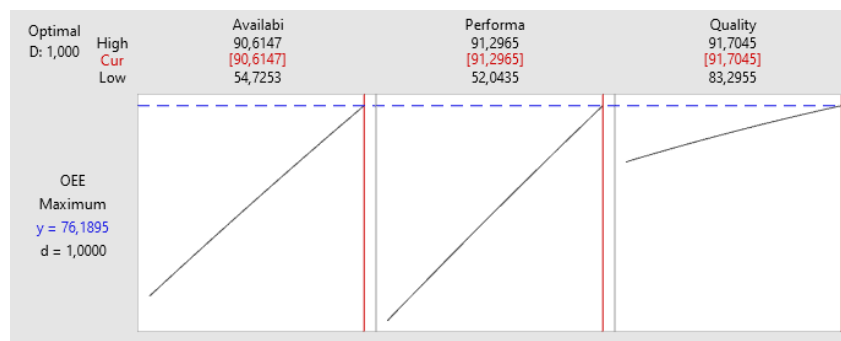
Tabel 2 merupakan hasil ANOVA didapatkan data bahwa dengan level of confidence sebesar 5% memiliki P value kurang dari 0,05. Hal tersebut memberikan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh signifikan antara variabel terhadap nilai OEE. Analisis hubungan antara variabel terhadap nilai OEE dilanjutkan dengan optimasi RSM dengan bantuan software minitab 19.



**Gambar 2.** Countur Plots OEE

*Contour plots* menunjukkan bahwa peningkatan nilai performansi, quality, dan *availability* mengakibatkan nilai OEE mesin sterilizer meningkat. Pada countour plots Gambar 2 terlihat bahwa semakin gelap area plot menunjukkan pengaruh signifikan.

Kombinasi level dan faktor optimal untuk mendapatkan efisiensi mesin sterilizer maka dihitung dengan RSM menggunakan software minitab 19.



**Gambar 3.** Grafik Response Optimization

Berdasarkan hasil analisa yang dapat dilihat pada gambar 3 Grafik Response Optimization, didapatkan kombinasi antara faktor dan level yang dapat menghasikan nilai OEE optimum. Fungsi tujuan dari percobaan ini adalah maksimasi yang sesuai dengan teori OEE dimana semakin tinggi nilai OEE mesin, maka semakin efisien mesin tersebut digunakan. Nilai OEE optimum mesin sterilizer yang seharusnya dihasilkan oleh mesin sebesar 76,19 dengan nilai dari availability, performansi, dan quality mesin masing-masing adalah 90,6147%, 91,2965%, dan 91,7045%. Apabila perusahaan ingin menjaga keberlanjutan usahanya maka minimal perusahaan harus dapat mencapai nilai OEE sebesar 76,19%.

Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi pemborosan proses produksi.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian dilakukan selama kurang lebih tiga bulan dengan subjek pengamatan berupa mesin sterilizer pengolah minyak kelapa sawit di PT XYZ. Berdasarkan pengumpulan data didapatkan nilai *availability*, *performance* dan *quality* peralatan. Efisiensi peralatan didapatkan dari perhitungan kerugian menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Selanjutnya dilakukan optimasi nilai efisiensi dimana nilai *availability*, *performance* dan *quality* merupakan variable bebas dan nilai efisiensi merupakan variable respon. Hubungan antara variable dianalisis dengan ANOVA dimana didapatkan hasil bahwa ketiga variable tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai efisiensi mesin dengan P value kurang dari 0,05. Analisis hubungan antara variabel terhadap nilai OEE dilanjutkan dengan optimasi RSM dengan bantuan software minitab 19. Hasil optimasi dengan metode RSM menghasilkan *Contour plots* yang menunjukkan peningkatan nilai *performance*, *quality*, dan *availability* mengakibatkan nilai OEE mesin sterilizer meningkat. Nilai OEE optimum mesin sterilizer yang seharusnya dihasilkan oleh mesin sebesar 76,19 dengan nilai dari *availability*, *performance*, dan *quality* mesin masing-masing adalah 90,6147%, 91,2965%, dan 91,7045%.

#### Daftar Pustaka

- Antonio Mendonça, Pedro, Roberto da Piedade Francisco, and Diogo de Souza Rabelo. 2022. "OEE Approach Applied to Additive Manufacturing Systems in Distributed Manufacturing Networks." *Computers & Industrial Engineering* 171:108359. doi: 10.1016/J.CIE.2022.108359.
- BPS. 2021. *Direktori Perusahaan Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik.
- Chew, Chien Lye, Liang Ee Low, Wen Yi Chia, Kit Wayne Chew, Zhen Kang Liew, Eng Seng Chan, Yi Jing Chan, Pei San Kong, and Pau Loke Show. 2022. "Prospects of Palm Fruit Extraction Technology: Palm Oil Recovery Processes and Quality Enhancement." *Food Reviews International* 38(S1):893–920.
- Dobra, Péter, and János Jósvai. 2021. "Enhance of OEE by Hybrid Analysis at the Automotive Semi-Automatic Assembly Lines." *Procedia Manufacturing* 54:184–90. doi: 10.1016/J.PROMFG.2021.07.028.
- Haq, Idad Syaeful, and Maulana Ahsan Purba. 2020. "Kajian Penyebab Kerusakan Door Packing Pada Tabung Sterilizer Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA) Di Sungai Kupang Mill." *Jurnal Vokasi Teknologi Industri* 2(2).
- Kumar, Rishab, Prinshu, Aditya Kumar Mishra, Subhankur Dutta, and Amit Kumar Singh. 2023. "Optimization and Prediction of Response Characteristics of Electrical Discharge Machining Using AHP-MOORA and RSM." *Materials Today: Proceedings* 80:333–38. doi: 10.1016/J.MATPR.2023.02.138.
- Kumar Sahoo, Sarat, A. Bara, P. Bhaskar, K. K. Sai, L. S. Rajiv, and S. L. Singh. 2021. "Optimization of Process Parameters Based on RSM and GRA Method for Machining of Inconel-600 by Electric Discharge Machining." *Materials Today: Proceedings* 44:2551–55. doi: 10.1016/J.MATPR.2020.12.629.
- Latif Mubarak, Abdul, A. Sofwan, and Putra Bismantolo. 2022. "ANALISA PERFORMA KERJA STERILIZER OF CRUDE PALM OIL Analysis of the Work Performance of the Sterilizer of Crude Palm Oil." 6(1).
- Patil, Arun, Ramesh Rudrapati, and N. S. Poonawala. 2021. "Examination and Prediction of

- Process Parameters for Surface Roughness and MRR in VMC-Five Axis Machining of D3 Steel by Using RSM and MTLBO." *Materials Today: Proceedings* 44:2748–53. doi: 10.1016/J.MATPR.2020.12.700.
- Sangwan, Kuldip Singh, and Girish Kant. 2017. "Optimization of Machining Parameters for Improving Energy Efficiency Using Integrated Response Surface Methodology and Genetic Algorithm Approach." *Procedia CIRP* 61:517–22. doi: 10.1016/J.PROCIR.2016.11.162.
- Saravanan, S., A. V. Balan, S. Dinesh, and V. Vijayan. 2020. "Electrochemical Machining Behaviour of AA6063-TiC Composites by Using Response Surface Methodology." *Materials Today: Proceedings* 21:592–94. doi: 10.1016/J.MATPR.2019.06.721.
- Sukaribin, Nazarulhisyam, and Kaida Khalid. 2009. "Effectiveness of Sterilisation of Oil Palm Bunch Using Microwave Technology." *Industrial Crops and Products* 30(2):179–83.
- Supriatna, Ade, Moses Laksono Singgih, Erwin Widodo, and Nani Kurniati. 2020. "Overall Equipment Effectiveness Evaluation of Maintenance Strategies for Rented Equipment." *International Journal of Technology* 11(3):619–30. doi: 10.14716/ijtech.v11i3.3579.
- Thiede, Sebastian. 2023. "Advanced Energy Data Analytics to Predict Machine Overall Equipment Effectiveness (OEE): A Synergetic Approach to Foster Sustainable Manufacturing." *Procedia CIRP* 116:438–43. doi: 10.1016/j.procir.2023.02.074.
- Tumbajoy, Luisa M., Mariela Muñoz-Añasco, and Sebastian Thiede. 2022. "Enabling Industry 4.0 Impact Assessment with Manufacturing System Simulation: An OEE Based Methodology." *Procedia CIRP* 107:681–86. doi: 10.1016/J.PROCIR.2022.05.045.