



Journal of Automotive Engineering Technology

ISSN (Print) XXXX-XXXX ISSN (Online) XXXX-XXXX

Research Article

Perancangan & Analisis Menggunakan CAE/FEA Pada *Locator Ikel* dan *Locator Head* untuk *Jig* Knalpot

Imam Hanafi¹, Raihanul Islam², Abdul Malik³, S.Safril⁴

^{1,2,3,4} Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik STMI Jakarta, Jl. Letjend Suprpto, Jakarta Pusat (10510), Indonesia

ARTICLE INFO

Received : 06 February 2025
Revised : 06 Maret 2025
Accepted : 30 May 2025

KEYWORDS

Analisis, *Jig*, *Welding*, Knalpot, CAE

CORRESPONDENCE

E-mail Corresponding Author:

imamhanafi0604@gmail.com

E-mail Co-Author:

raihanulislam816@gmail.com

Abdulbinaja257@gmail.com

safril@kemenperin.go.id

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



A B S T R A C T

Proses perakitan komponen *exhaust system* sepeda motor dalam skala industri menuntut akurasi posisi dan kepresisian tinggi guna menjaga efisiensi aliran gas buang, mengatur tekanan balik, serta mengoptimalkan kinerja mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perancangan dan menguji kekuatan struktural alat bantu produksi berupa *jig* penahan komponen knalpot selama proses pengelasan. Guna memastikan keandalan desain sebelum fabrikasi fisik, metode penelitian dilakukan melalui pendekatan simulasi *Computer-Aided Engineering* (CAE) berbasis elemen hingga menggunakan material baja karbon menengah S45C. Analisis mekanis difokuskan pada dua komponen kritis penopang beban utama, yaitu *locator ikel* dan *locator head*, dengan menerapkan pembebanan gaya tekan statis sebesar 2205 N berdasarkan standar *part* Misumi. Parameter evaluasi yang diuji meliputi distribusi tegangan *von Mises*, nilai deformasi (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*). Hasil simulasi CAE menunjukkan bahwa komponen *locator ikel* mengalami tegangan *von Mises* maksimum sebesar 10,54 MPa dengan konsentrasi di sekitar lubang baut, deformasi minimal 0,031 mm, dan *safety factor* sebesar 33,20. Sementara itu, *locator head* mencatat tegangan *von Mises* maksimum sebesar 5,334 MPa pada area leher komponen, deformasi total sebesar 0,047 mm, dan *safety factor* mencapai 65,61. Nilai tegangan maksimum kedua komponen berada jauh di bawah ambang batas kekuatan luluh (*yield strength*) material S45C sebesar 350 MPa. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa rancangan *jig* pengelasan ini memiliki integritas struktural mumpuni, aman dari risiko kegagalan material, dan sangat layak diimplementasikan pada lini produksi massal.

PENDAHULUAN

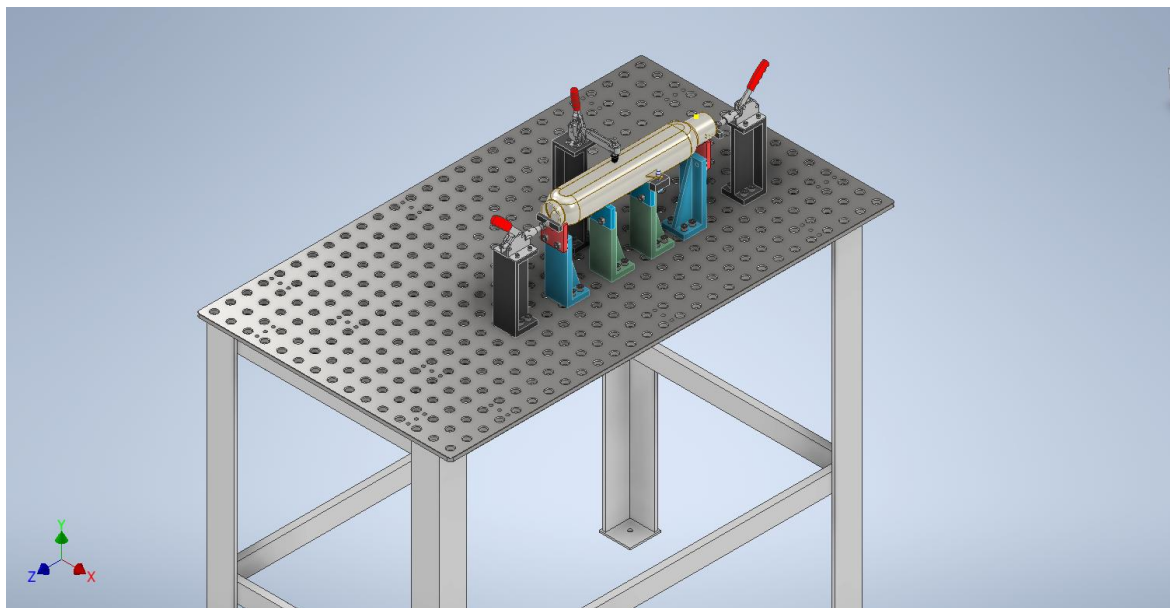
Sepeda motor bertransmisi manual masih banyak digunakan di Indonesia, terutama untuk transportasi sehari-hari (Arbiantara & Widodo, 2023). Sistem gas buang (*exhaust system*) merupakan komponen vital dalam siklus kerja mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) (Kiouranakis et al., 2025). Pada sistem pembuangan, knalpot berfungsi sebagai komponen vital, yang memengaruhi efisiensi aliran gas buang, mengatur tekanan balik dan pada akhirnya memengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan (Gülmez & Özmen, 2021). Dalam dunia otomotif, sistem gas buang merupakan komponen vital dalam siklus pembakaran dalam (Rauf, 2025). Knalpot berfungsi untuk memengaruhi efisiensi aliran gas buang, mengatur tekanan balik dan pada akhirnya menentukan kinerja mesin secara keseluruhan (Meditama, 2023). Oleh karena itu, diperlukan proses produksi yang presisi, salah satunya melalui perancangan alat bantu berupa *jig* untuk memastikan kualitas dan efisiensi pembuatan komponen knalpot (Pumayasa, 2025).

Produksi massal apa pun saling bergantung pada komponen lain untuk mempermudah perakitan (Nugraha et al., 2024). Produksi massal memerlukan cara yang tepat dan mudah dalam menempatkan benda kerja agar proses pengelasan lebih mudah (Faizin & Pratama, 2024). *Jig* adalah alat produksi yang digunakan untuk memegang, menahan dan menyokong benda kerja untuk dilakukan untuk proses pemasangan (Muttaqien et al., 2026). *Jig* perancang khusus komponen untuk diproses, dirakit dan proses permesinan (Fatimah et al., 2025).

Produksi pada hal ini, memastikan bahwa *jig* yang dirancang mampu memenuhi tuntutan kepresisian dan efisiensi tersebut, pendekatan konvensional yang mengandalkan metode *trial-and-error* pada fabrikasi fisik dinilai kurang efektif karena berisiko meningkatkan biaya produksi dan memperpanjang waktu pengembangan (Shalihah & Kiswanto, 2023). Oleh karena itu, penerapan teknologi *Computer-Aided Engineering* (CAE) berbasis Metode Elemen Hingga (*Finite Element Analysis/FEA*) menjadi solusi krusial dalam mengevaluasi perilaku mekanis struktur *jig* sebelum diwujudkan dalam bentuk fisik. Melalui simulasi CAE, distribusi tegangan, potensi deformasi material, serta faktor keamanan dari komponen kritis akibat pembebanan dinamis maupun statis selama proses pengelasan dapat diprediksi secara akurat (Nurhadi et al., 2025). Integrasi analisis virtual ini tidak hanya memvalidasi kekuatan batas luluh material yang digunakan, melainkan juga menjadi landasan optimasi desain yang menjembatani konsep teoretis menuju tahapan pemodelan geometris yang sistematis (Gurning, 2024).

METODE

Perancangan desain *jig* knalpot ini dimulai dari identifikasi kebutuhan fungsional alat bantu, yakni kemampuan menahan dan memposisikan komponen knalpot secara presisi selama proses pengelasan berlangsung. Selanjutnya, dilakukan pemodelan geometri tiga dimensi menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD), yang memungkinkan visualisasi dan evaluasi geometri komponen secara menyeluruh sebelum masuk ke tahap fabrikasi fisik. Model 3D tersebut kemudian menjadi dasar dalam penetapan titik-titik penempatan komponen, penentuan dimensi kritis, serta perancangan antarmuka antar bagian *jig*. Hasil pemodelan CAD selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain 3D Jig Knalpot

Desain *jig* knalpot ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Komponen pertama adalah *locator ikel*, yang berfungsi sebagai penopang dan pengunci bagian badan knalpot agar posisinya tetap stabil selama pengelasan (Rizani et al., 2021). Komponen kedua adalah *locator head*, yang berperan dalam menahan dan memposisikan bagian kepala knalpot secara akurat sesuai dengan titik sambungan yang telah ditentukan. Kedua komponen tersebut dirancang sebagai elemen penopang beban utama yang menanggung gaya tekan statis dari benda kerja selama proses pengelasan berlangsung. Seluruh komponen *jig* ini menggunakan material baja karbon menengah S45C yang dipilih karena memiliki kekuatan mekanis yang tinggi, kemudahan dalam proses permesinan, serta ketersediaannya yang luas sebagai *part standard* Misumi dalam industri manufaktur.

Tabel 1 Komponen Utama Jig

NO	KOMPONEN UTAMA	JUMLAH
1	<i>Locator</i>	3
2	<i>Locator Ikel</i>	4
3	<i>Clamping</i>	3
4	Locator Head	4
5	<i>Base</i>	1
6	<i>Stand</i>	1

Desain *jig* knalpot ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu *locator ikel* sebagai penopang dan pengunci bagian badan knalpot, *locator head* sebagai penahan kepala knalpot, serta sistem *clamp* berupa *Toggle Clamp Vertical* yang mengunci posisi benda kerja secara cepat melalui mekanisme *over-center* (Rahmansyah et al., 2025). Seluruh komponen *jig* menggunakan material baja karbon menengah S45C sebagai *part standard* Misumi yang memiliki kekuatan mekanis tinggi dan kemudahan dalam proses permesinan. Guna menjaga performa dan umur pakai sistem *clamp*, aplikasi pelumas berbasis minyak mineral ringan atau *grease* dioleskan secara berkala pada seluruh pin engsel dan permukaan gesek komponen *clamp* untuk mengurangi gesekan, mencegah keausan dini, dan memastikan mekanisme penguncian tetap berfungsi optimal selama siklus operasional *jig* berlangsung (Azmi et al., 2023).

Tabel 2 Toggle Clamp Vertical

<i>Attaching Method</i>	<i>Flange Base</i>
<i>Tightening Force</i>	2205 N
<i>Clamp Screw Material</i>	Steel + Rubber Pad
<i>Tip Screw Position Adjustment</i>	Slide Adjustment
<i>Tip Screw Type</i>	Bolt with Rubber
<i>Tightening Force (Range Selectable)</i>	1050-2259 N
<i>Body Material</i>	Steel

Perancangan desain *jig* untuk pengelasan knalpot memerlukan pendekatan struktur dan merinci, dimulai dari identifikasi kebutuhan hingga validasi akhir. Dengan menggunakan alat bantu simulasi yaitu CAE, proses desain dapat dioptimalkan untuk menghasilkan *Jig welding* yang efektif, efisien dan aman. Analisis tegangan membantu memastikan *jig* dapat menahan beban mekanis selama pengelasan.

Tabel 3 Parameter analisis CAE dengan material S45C

Nama	S45C	Keterangan
General	<i>Density</i>	7,85g/cm ³
	<i>Yield Strength</i>	350 MPa
	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	570 MPa
	<i>Young's Modulus</i>	0.0172368932 GPa
Stress	<i>Poisson's Rasio</i>	0,3 ul
	<i>Shear Modulus</i>	0.0099973981 Gpa

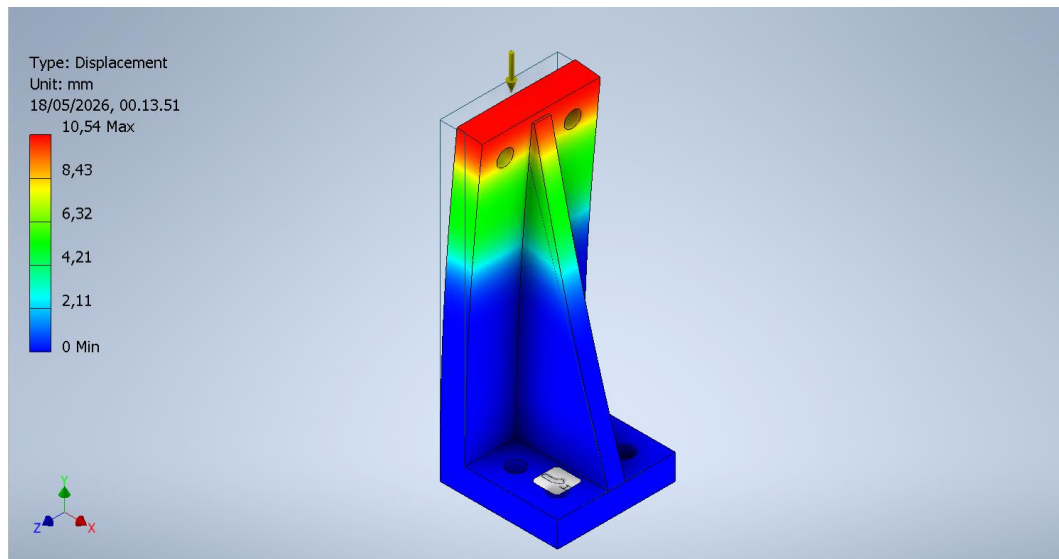
Parameter pada *jig* menggunakan material S45C pada Tabel 2, yang Dimana *constraint* pada *locator ikel* dan *locator head*. Analisis ini menggunakan tekanan gaya sebesar 2205 N (nilai berdasarkan *part standart* misumi). Hal ini untuk untuk mengetahui apakah hasil daran rancangan ini dapat menahan beban tanpa mengalami deformasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dipaparkan hasil analisis simulasi CAE terhadap dua komponen utama *jig* knalpot, yaitu *locator ikel* dan *locator head*. Simulasi dilakukan menggunakan material S45C dengan pembebanan sebesar 2205 N sesuai standar part Misumi. Parameter yang

dievaluasi meliputi tegangan *von Mises*, deformasi maksimum, dan *safety factor* guna memastikan integritas struktural komponen selama proses pengelasan berlangsung.

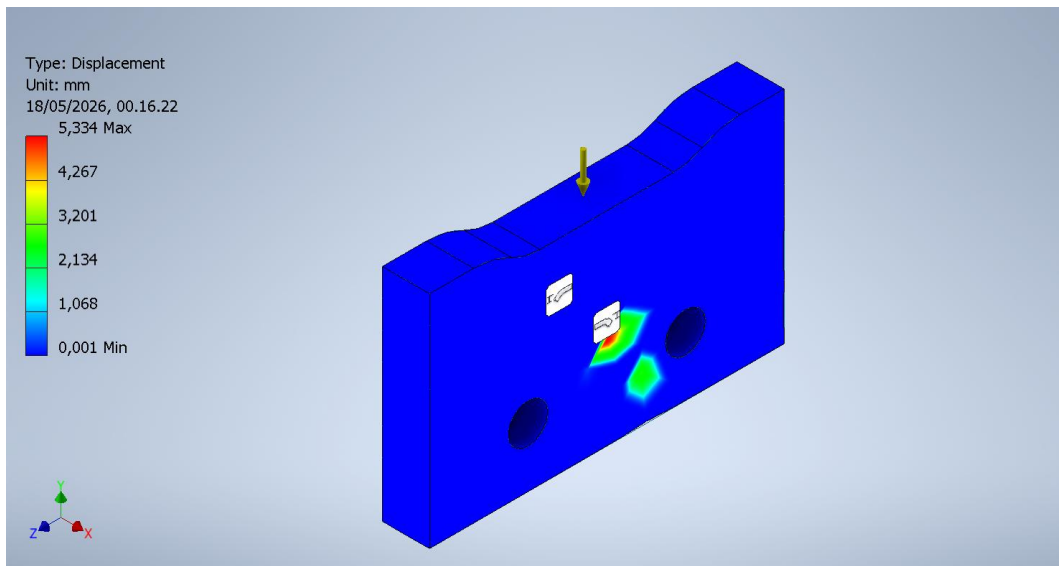
Locator Ikel



Gambar 1 Hasil simulasi CAE locator ikel

Bersarkan hasil simulasi CAE komponen *locator ikel* dikenai beban gaya sebesar 2205 N sesuai standart misumi.hasil analisa menunjukkan bahwa tegangan *von mises* maksimum yang terjadi pada *locator ikel* sebesar 10,54 MPa pada sekitar lubang baut yang menjadi titik konsesntari. Nilai ini masih berada dibawah *yield strength* material S45C sebesar 350 MPa, Sehingga komponen dinyatakan aman dari Risiko deformasiplastis. Deformasi maksimum yang terjadi Adalah 0,031 mm, yang menunjukkan kekuatan struktur yang baik. *afety factor* yang diperoleh sebesar 33,20, melebihi nilai minimum yang disyaratkan yaitu 2,0, sehingga rancangan *locator ikel* dinilai sangat layak untuk digunakan pada proses pengelasan knalpot.

Locator Head



Gambar 2 Hasil simulasi CAE locator head

Hasil simulasi CAE pada komponen *locator head* dengan material S45C dan pembebanan 2205 N menunjukkan tegangan *von Mises* maksimum sebesar 5,334 MPa yang terkonsentrasi pada bagian leher komponen, yakni daerah dengan penampang terkecil yang menanggung beban langsung dari benda kerja. Meskipun nilai tegangan ini lebih tinggi dibandingkan *locator ikel*, nilai tersebut tetap jauh di bawah *yield strength* material S45C sebesar 350 MPa. Deformasi total maksimum tercatat sebesar 0,047 mm, yang masih dalam batas toleransi dimensi yang dapat diterima. *Safety factor* yang diperoleh adalah 65,61 yang masih melebihi nilai minimum yang disyaratkan sebesar 2,0. Dengan demikian, komponen *locator head* dinyatakan aman dan mampu menahan beban pengelasan secara berkelanjutan tanpa mengalami kegagalan struktur.

Tabel 4 Hasil simulasi CAE

Parameter	Locator Ikel	Locator Head
Material	S45C	S45C
Beban gaya	2205 N	2205 N
Von mises stress maks	10,54 MPa	5,334 MPa
Deformasi maksimum	0,031 MM	0,047
Safety factor	33,20	65,61
Yield strength material	350 MPa	350 MPa
Status keamanan	Aman	Aman

Berdasarkan seluruh hasil simulasi CAE yang telah dilakukan, rancangan *jig & fixture* untuk proses pengelasan komponen knalpot dinyatakan layak secara struktural. Kedua komponen utama, yaitu *locator ikel* dan *locator head*, mampu menahan beban pengelasan sebesar 2205 N dengan nilai *safety factor* masing-masing 33,20 dan 65,61, jauh melebihi batas minimum yang disyaratkan. Tegangan maksimum pada kedua komponen berada di bawah *yield strength* material S45C sebesar 350 MPa, serta deformasi yang terjadi tergolong minimal sehingga tidak mengganggu akurasi posisi benda kerja selama proses pengelasan berlangsung. Dengan demikian, penggunaan material S45C pada rancangan *jig* knalpot ini terbukti tepat dan dapat direkomendasikan untuk diterapkan pada produksi massal komponen *exhaust system* sepeda motor.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis simulasi *Computer-Aided Engineering* (CAE) menggunakan material baja karbon menengah S45C, rancangan *jig & fixture* untuk pengelasan komponen knalpot (*exhaust system*) sepeda motor dinyatakan aman, sangat layak, dan memiliki keandalan struktural yang tinggi. Hasil pengujian mekanis dengan beban gaya statis sebesar 2205 N menunjukkan bahwa tegangan *von Mises* maksimum pada *locator ikel* (10,54 MPa) dan *locator head* (5,334 MPa) berada jauh di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material sebesar 350 MPa, sehingga struktur terbebas dari risiko deformasi plastis. Selain itu, tingkat kekakuan (*stiffness*) alat bantu ini sangat baik dengan nilai deformasi minimal masing-masing sebesar 0,031 mm dan 0,047 mm, yang berada dalam batas toleransi untuk menjamin stabilitas serta kepresisian geometris benda kerja selama proses pengelasan. Keandalan desain ini diperkuat oleh perolehan faktor keamanan (*safety factor*) yang sangat tinggi, yaitu 33,20 untuk *locator ikel* dan 65,61 untuk *locator head*, melampaui standar minimum keselamatan teknik sebesar 2,0. Dengan demikian, visualisasi desain ini terbukti valid secara mekanis dan siap direkomendasikan sebagai acuan standar implementasi pada lini produksi massal industri manufaktur otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbiantara, D., & Widodo, E. (2023). *Analysis of the Effect of Bore Up Variation on Engine Performance*. 8(2).
- Azmi, W. H., Nadia, N., Zawawi, M., & Ramadhan, A. I. (2023). *Binary Ratios for the Automotive Air-conditioning System*. 6(3), 485–496.
- Faizin, K., & Pratama, D. (2024). *RANCANG BANGUN JIG AND FIXTURE BOR DAN GERINDA PORTABLE*.
- Fatimah, S. N., Setijogiarto, N. E., & Mulyana, F. (2025). *Analisis Kekuatan Komponen Kritis Pada Perancangan Jig And Fixture Untuk Unloading Bearing Shockbreaker Menggunakan Metode FEA*. 1149–1154.
- Gülmez, Y., & Özmen, G. (2021). Effects of Exhaust Backpressure Increment on the Performance and Exhaust Emissions of a Single Cylinder Diesel Engine. *Journal of Eta Maritime Science*, 9(3), 177–191. <https://doi.org/10.4274/jems.2021.25582>
- Gurning, R. H. (2024). *Analysis of the Effect of Quay Container Crane Available on Dwelling Time at Jakarta International Container Terminal*. 2, 65–70. <https://doi.org/10.52330/jtm.v22i2.309>
- Kiouranakis, K. I., de Vos, P., Zoumpourlos, K., Coraddu, A., & Geertsma, R. (2025). Methanol for heavy-duty internal combustion engines: Review of experimental studies and combustion strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 214, 115529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115529>
- Meditama, R. F. (2023). *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*. 7(1), 280–288.
- Muttaqien, M. Y., Arif, A., Mesin, J. T., Teknologi, F., & Itenas, I. (2026). *Scientica Scientica*. 4, 278–282.
- Nugraha, A., Ismartaya, K., Daffa, M., Madewa, P., Nugroho, Y., & Rinanto, A. (2024). *Al Jazari Perancangan Checking Fixture Untuk Pengecekan Komponen Garnish Rear Door Side Produk Pt. Xyz*. 9, 1–6.
- Nurhadi, F. F., Purbaningrum, S. P., & Solih, E. S. (2025). *Rancang Bangun dan Analisis Jig Welding Pengelasan Siku Sebagai Alat Bantu Praktikum Produksi Jig & Fixture di Politeknik STMI Jakarta*. X(2), 13091–13099.
- Purnayasa, I. W. (2025). *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*. 13(2), 154–160.
- Rahmansyah, N. R., Al-fathir, A., Fatabillah, J., & Rohman, M. H. (2025). *Design of Multi-Station Welding Jig Design for*

Welding Practicum. 1–10.

- Rauf, W. (2025). MOTOR BAKAR DAN PROSES PEMBAKARAN. In *CV WIDINA MEDIA UTAMA*. CV WIDINA MEDIA UTAMA.
- Rizani, N. C., Hermanto, R., Studi, P., Mesin, T., Industri, F. T., Selatan, J., & Procedure, S. O. (2021). *Analisa proses produksi jig untuk perakitan pintu depan mobil x*. 23(2).
- Shalihah, A. R., & Kiswanto, G. (2023). *Preliminary Design of 2D Ultrasonic Vibration Assisted Micro-milling (UVAMM) Using Piezoelectric Stack Actuator BT - Advances in Automation, Mechanical and Design Engineering* (G. Carbone, M. A. Laribi, & Z. Jiang (eds.); pp. 269–276). Springer Nature Switzerland.