

Perancangan Dan Pengembangan Meja Kerja Las Adjustable Ergonomis Dengan Sistem Exhaust Di Industri Kecil Menengah

Design and Development of an Ergonomic Adjustable Welding Workstation with an Exhaust System for Small and Medium Industries

Abdul Nasser Arifin¹, Sabdha Purna Yudha¹

¹Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Makassar, Indonesia

Info Artikel

Diserahkan:

20 april 2026

Direvisi:

28 April 2026

Diterima:

30 April 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan meja kerja las adjustable yang ergonomis dengan sistem exhaust terintegrasi untuk meningkatkan produktivitas dan keselamatan kerja operator pada industri kecil menengah di Makassar. Pendekatan yang digunakan adalah rancang bangun (engineering design) yang divalidasi melalui pengujian eksperimental terhadap lima operator dengan variasi antropometri. Parameter yang diamati meliputi tinggi meja optimal, waktu pengelasan pada metode root pass dan rigi-rigi, serta kinerja struktur yang dianalisis menggunakan metode elemen hingga. Hasil menunjukkan bahwa tinggi meja optimal berada pada rentang 93–101,4 cm untuk posisi 1G dan 82–98,8 cm untuk posisi 3G. Penggunaan meja adjustable menurunkan waktu pengelasan root pass dari 9 menit 11 detik menjadi 4 menit 32 detik, serta metode rigi-rigi dari 3 menit 45 detik menjadi 2 menit 5 detik. Analisis struktur menghasilkan tegangan maksimum 154,9 MPa dan displacement 0,1253 mm yang masih berada dalam batas aman. Sistem exhaust juga terbukti menurunkan paparan asap las di area kerja. Secara keseluruhan, rancangan yang diusulkan meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keselamatan operator.

Kata kunci: ergonomi, meja las adjustable, produktivitas, pengelasan, exhaust

ABSTRACT

This study aims to design and develop an ergonomic adjustable welding workstation equipped with an integrated exhaust system to improve productivity and occupational safety for operators in small and medium industries in Makassar. The research employed an engineering design approach followed by experimental validation involving five operators with varying anthropometric characteristics. The observed parameters included optimal table height, welding time for root pass and weaving methods, and structural performance evaluated using the finite element method. The results indicate that the optimal table height ranges from 93 to 101.4 cm for the 1G position and from 82 to 98.8 cm for the 3G position. The use of the adjustable workstation significantly reduced welding time, with the root pass decreasing from 9 minutes 11 seconds to 4 minutes 32 seconds and the weaving method from 3 minutes 45 seconds to 2 minutes 5 seconds. Structural analysis shows a maximum stress of 154.9 MPa and a displacement of 0.1253 mm, both within safe limits. In addition, the exhaust system effectively reduces welding fume exposure in the work area. Overall, the developed workstation enhances efficiency, ergonomics, and operator safety.

Keywords : ergonomics, adjustable welding workstation, productivity, welding, exhaust system

Corresponding author email: sabdha@atim.ac.id



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan proses fundamental dalam industri manufaktur, khususnya pada sektor industri kecil dan menengah (IKM), yang berperan penting dalam pembuatan dan perbaikan komponen logam. Namun demikian, aktivitas pengelasan juga memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap kesehatan dan keselamatan kerja operator. Permasalahan utama yang sering dijumpai di lingkungan kerja pengelasan IKM adalah penggunaan fasilitas kerja yang tidak ergonomis, postur kerja yang tidak alami, serta minimnya sistem pengendalian lingkungan kerja seperti ventilasi atau exhaust. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada kesehatan operator, tetapi juga berkontribusi terhadap penurunan produktivitas kerja secara keseluruhan.

Salah satu permasalahan krusial adalah postur kerja yang tidak ergonomis akibat keterbatasan desain workstation. Operator pengelasan sering bekerja dalam posisi jongkok, membungkuk, atau statis dalam durasi yang lama. Kondisi ini meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal (Musculoskeletal Disorders/MSDs), seperti nyeri punggung, leher, dan bahu, yang secara langsung memengaruhi kinerja dan efisiensi kerja [1], [6]. Selain itu, lingkungan kerja pengelasan juga dihadapkan pada paparan asap las yang mengandung partikel logam berbahaya seperti manganese, chromium, dan nickel yang berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan dan penyakit kronis [8], [9]. Fakta ini menunjukkan bahwa permasalahan dalam aktivitas pengelasan tidak hanya terbatas pada aspek teknis produksi, tetapi juga mencakup aspek ergonomi dan keselamatan kerja yang belum tertangani secara optimal.

Dalam konteks ergonomi, faktor-faktor yang memengaruhi kenyamanan dan keselamatan kerja meliputi kesesuaian dimensi alat kerja dengan antropometri operator, postur kerja, repetisi gerakan, serta beban kerja fisik. Ergonomi sendiri merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen sistem kerja untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem [3]. Penerapan prinsip ergonomi dalam desain workstation, seperti penyesuaian tinggi meja berdasarkan antropometri pengguna, terbukti mampu mengurangi risiko cedera dan meningkatkan efisiensi kerja [2], [4]. Oleh karena itu, desain fasilitas kerja yang adaptif dan adjustable menjadi sangat penting untuk mengakomodasi variasi karakteristik operator.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait perancangan workstation ergonomis pada proses pengelasan, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek postur kerja dan pengurangan risiko muskuloskeletal tanpa mengintegrasikan aspek keselamatan lingkungan kerja secara menyeluruh, khususnya dalam pengendalian paparan asap las. Penelitian lain juga cenderung mengkaji ergonomi dan sistem ventilasi secara terpisah, sehingga belum memberikan solusi yang komprehensif terhadap permasalahan nyata di lapangan. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (research gap) berupa kurangnya pengembangan sistem kerja pengelasan yang mengintegrasikan desain ergonomis dengan sistem pengendalian polutan udara dalam satu unit workstation yang terpadu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena menawarkan solusi yang lebih komprehensif melalui perancangan dan pengembangan meja kerja las adjustable yang ergonomis dan dilengkapi dengan sistem exhaust terintegrasi. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya mampu meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal, tetapi juga memperbaiki kualitas udara kerja dan meningkatkan keselamatan operator. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam menjembatani kesenjangan antara aspek ergonomi dan keselamatan lingkungan kerja, sekaligus memberikan solusi aplikatif yang sesuai dengan kebutuhan industri kecil dan menengah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa (*engineering design*) yang dikombinasikan dengan pengujian eksperimental. Tahapan penelitian mencakup perancangan, pembuatan prototipe, dan evaluasi kinerja alat.

Perancangan dilakukan menggunakan Autodesk Inventor dengan mempertimbangkan prinsip ergonomi dan kekuatan struktur. Mekanisme penyesuaian tinggi memanfaatkan dongkrak mekanis sehingga tinggi meja dapat disesuaikan dengan kebutuhan operator.

Pengujian melibatkan lima operator dengan variasi tinggi badan. Parameter yang diukur meliputi tinggi badan, tinggi meja yang dipilih, waktu pengelasan (root pass dan rigi-rigi), serta waktu finishing. Analisis struktur dilakukan menggunakan metode elemen hingga untuk memperoleh tegangan von Mises, displacement, dan faktor keamanan [13].

Efisiensi kerja dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{t_{tanpa} - t_{meja}}{t_{tanpa}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%)

t_{tanpa} = Waktu pengelasan tanpa meja

t_{meja} = Waktu pengelasan dengan meja

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Ergonomi Berdasarkan Antropometri

Tabel 1 menunjukkan hubungan antara tinggi badan operator dengan tinggi meja kerja optimal pada posisi pengelasan 1G dan 3G.

Tabel 1. Tinggi Badan dan Tinggi Meja Pengelasan

Operator	Tinggi Badan (cm)	1G (cm)	3G (cm)
OP 1	169	98,2	92,8
OP 2	158	98	93
OP 3	158	97,3	92
OP 4	152	93	82
OP 5	171	101,4	98,8

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa terdapat hubungan langsung antara tinggi badan operator dengan tinggi meja kerja yang digunakan. Operator dengan tinggi badan yang lebih tinggi cenderung membutuhkan posisi meja yang lebih tinggi untuk mencapai postur kerja yang ergonomis, sedangkan operator dengan tinggi badan yang lebih rendah membutuhkan penyesuaian tinggi meja yang lebih rendah agar tidak mengalami pembungkukan berlebihan.

Rentang tinggi meja pada posisi 1G berada pada 93–101,4 cm, sedangkan pada posisi 3G berada pada 82–98,8 cm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa posisi kerja pengelasan juga mempengaruhi kebutuhan tinggi meja. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penyesuaian workstation berdasarkan antropometri pengguna merupakan faktor utama dalam meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal [1], [2].

3.2 Analisis Produktivitas dan Efisiensi Kerja

Tabel 2 menunjukkan perbandingan waktu pengelasan antara penggunaan meja kerja adjustable dan tanpa menggunakan meja.

Tabel 2. Perbandingan Waktu Pengelasan

Metode	Tanpa Meja	Dengan Meja	Efisiensi (%)
Root Pass	9 menit 11 detik	4 menit 32 detik	50,6
Rigi-rigi	3 menit 45 detik	2 menit 5 detik	44,0

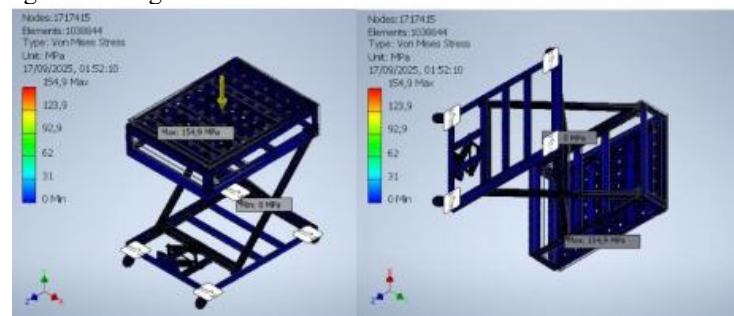
Berdasarkan Tabel 2, penggunaan meja kerja adjustable memberikan peningkatan efisiensi yang signifikan terhadap waktu pengelasan. Pada metode root pass, terjadi penurunan waktu sebesar 4 menit 39 detik atau peningkatan efisiensi sebesar $\pm 50,6\%$. Sementara itu, pada metode rigi-rigi terjadi penurunan waktu sebesar 1 menit 40 detik atau peningkatan efisiensi sebesar $\pm 44\%$.

Peningkatan efisiensi ini disebabkan oleh posisi kerja yang lebih stabil dan ergonomis, sehingga operator dapat mengurangi gerakan tidak perlu serta mempertahankan konsentrasi kerja dalam waktu yang lebih lama. Selain itu, kondisi kerja yang ergonomis terbukti mampu menurunkan tingkat kelelahan otot, yang berkontribusi langsung terhadap peningkatan produktivitas kerja operator [3], [6].

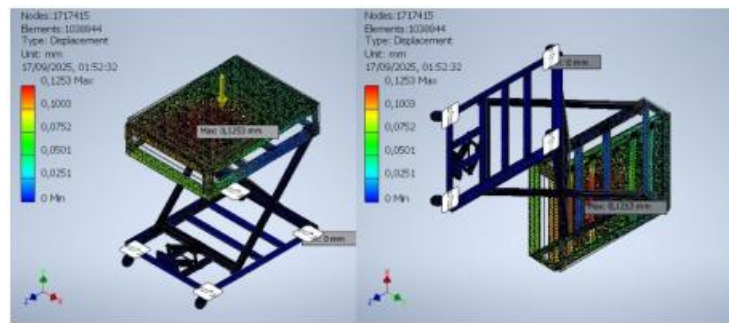
Hasil ini juga sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa intervensi ergonomi pada workstation dapat meningkatkan performa kerja dan efisiensi operasional secara signifikan pada aktivitas industri [4].

3.3 Analisis Kinerja Struktur

Analisis struktur dilakukan menggunakan metode elemen hingga untuk mengevaluasi kekuatan dan kestabilan meja kerja yang dikembangkan.

**Gbr. 1.** Hasil simulasi analisis von mises stress

Gbr. 1 menunjukkan distribusi tegangan von Mises pada struktur meja kerja saat menerima beban operasional. Berdasarkan hasil simulasi, terlihat bahwa distribusi tegangan tidak terpusat secara ekstrem pada satu titik tertentu, melainkan tersebar secara relatif merata pada bagian struktur utama. Hal ini menunjukkan bahwa desain meja kerja mampu mendistribusikan beban secara efektif, sehingga mengurangi risiko terjadinya kegagalan lokal pada struktur. Nilai tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 154,9 MPa masih berada di bawah batas kekuatan material, sehingga struktur dinyatakan aman untuk digunakan dalam kondisi kerja normal [13].



Gbr. 2. Hasil simulasi analisis displacement

Gbr. 2 menunjukkan hasil simulasi displacement atau deformasi struktur akibat beban yang diberikan. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa nilai displacement maksimum hanya sebesar 0,1253 mm, yang menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi sangat kecil dan tidak signifikan terhadap stabilitas meja kerja. Deformasi yang minimal ini mengindikasikan bahwa struktur memiliki kekakuan yang baik, sehingga mampu mempertahankan bentuk dan fungsi selama proses pengelasan berlangsung.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa desain meja kerja tidak hanya memenuhi aspek ergonomi, tetapi juga memiliki kekuatan dan kestabilan struktur yang baik sehingga aman digunakan dalam kondisi operasional.

3.4 Analisis Sistem Exhaust dan Keselamatan Kerja

Implementasi sistem exhaust pada meja kerja memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi paparan asap pengelasan di area kerja. Asap las yang mengandung partikel logam berbahaya diketahui dapat menyebabkan gangguan kesehatan, terutama pada sistem pernapasan [8], [9].

Dengan adanya sistem exhaust, konsentrasi polutan di sekitar operator dapat dikurangi sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan nyaman. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penerapan kontrol teknik seperti ventilasi lokal efektif dalam meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan industri [5].

Selain itu, peningkatan kualitas lingkungan kerja juga berdampak pada peningkatan performa operator secara keseluruhan [7].

Meskipun hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi dan keselamatan kerja yang signifikan, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada jumlah sampel operator yang terbatas serta belum dilakukannya pengukuran kuantitatif terhadap konsentrasi asap las. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan analisis kualitas udara berbasis pengukuran partikel serta simulasi aliran udara menggunakan pendekatan Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk mengoptimalkan kinerja sistem exhaust.

3.5 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perbaikan desain workstation berbasis ergonomi mampu meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal [3], [4]. Namun demikian, penelitian ini memiliki keunggulan dengan mengintegrasikan sistem exhaust secara langsung pada meja kerja.

Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas kerja, tetapi juga memperbaiki kualitas lingkungan kerja secara simultan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada satu aspek saja.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan meja kerja las adjustable yang ergonomis dengan sistem exhaust terintegrasi untuk industri kecil menengah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan meja kerja adjustable mampu meningkatkan efisiensi waktu pengelasan hingga $\pm 50,6\%$ pada metode root pass dan $\pm 44\%$ pada metode rigi-rigi. Selain itu, desain meja mampu menyesuaikan variasi antropometri operator sehingga meningkatkan kenyamanan dan stabilitas kerja. Analisis struktur menunjukkan bahwa desain aman digunakan dengan nilai tegangan maksimum sebesar 154,9 MPa dan displacement yang sangat kecil. Integrasi sistem exhaust juga terbukti efektif dalam mengurangi paparan asap las, sehingga meningkatkan keselamatan kerja operator. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi berupa pengembangan sistem kerja pengelasan yang ergonomis, efisien, dan aman, serta berpotensi untuk diterapkan secara luas pada industri kecil menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik ATI Makassar yang telah memberikan fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Chandra and P. K. Arora, "Study on ergonomic risk assessment of welding workers using RULA," *Evergreen*, vol. 11, no. 2, pp. 1240–1247, 2024, doi: 10.5109/7183430.
- [2] M. D. Alam, M. S. Rahman, and M. A. Hossain, "Optimization of ergonomic parameters in overhead welding operations," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 39, no. 1, pp. 1–10, 2025, doi: 10.1007/s12206-025-0101-5.
- [3] M. Muharam and M. A. Puspasari, "Design of welding workstation to reduce musculoskeletal disorders using ergonomic approach," *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol. 5, no. 9, pp. 1200–1210, 2024, doi: 10.59141/jist.v5i9.3314.
- [4] S. A. Tasik, R. Hidayat, and N. Kurniawan, "Ergonomic intervention in welding workstation design to improve productivity," *Jurnal Ilmu Sistem dan Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 45–53, 2025.
- [5] S. Sheikhi, M. R. Dehghani, and H. R. Shahverdi, "Improving occupational safety in welding environments using engineering control," *Processes*, vol. 13, no. 9, p. 3017, 2025, doi: 10.3390/pr13093017.
- [6] N. Cherry, J. Meyer, and L. Adisesh, "Musculoskeletal disorders among industrial workers: A systematic review," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 3, pp. 1–15, 2025, doi: 10.3390/ijerph20030045.
- [7] M. A. Jumali, R. Setiawan, and A. Rahman, "Implementation of occupational safety in welding industry for improving worker productivity," *Jurnal Tibuana*, vol. 7, no. 1, pp. 25–32, 2025.
- [8] P. Kumar, A. Morawska, and L. Bivolarova, "Indoor air quality and occupational exposure in industrial environments," *Science of the Total Environment*, vol. 857, p. 162163, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162163.
- [9] C. Nishida and K. Yatera, "Occupational exposure to welding fumes and respiratory health," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 5, p. 2788, 2022, doi: 10.3390/ijerph19052788.
- [10] A. Nalugya, D. Kiggundu, and J. Ssempebwa, "Use of personal protective equipment among welders and associated factors," *Health Psychology and Behavioral Medicine*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2022, doi: 10.1080/21642850.2022.2106987.
- [11] J. Mabrouki, M. Azrour, D. Dhiba, Y. Farhaoui, and S. El Hajjaji, "IoT-based monitoring system for industrial environments," *Big Data Mining and Analytics*, vol. 4, no. 1, pp. 25–32, 2021, doi: 10.26599/BDMA.2020.9020018.
- [12] A. Radhika, K. V. Kumar, and A. Prakash, "Optimization techniques in engineering system design," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 208, p. 115002, 2025, doi: 10.1016/j.rser.2024.115002.
- [13] S. B. Kjaer and F. Blaabjerg, "Design optimization of engineering systems using simulation approach," in *IEEE Conference Proceedings*, 2003, doi: 10.1109/PESC.2003.1216616.
- [14] M. Rusdi, F. A. Samman, and R. S. Sadjad, "Engineering system design using electronic control approach," in *ICOIACT 2019*, pp. 756–760, 2019, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938571.
- [15] J. E. M. Simulation, "Ergonomic design and simulation of welding workbench," *Journal of Engineering Manufacturing Systems*, vol. 13, no. 2, pp. 100–108, 2024.