



Journal of Automotive Engineering Technology

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

Artikel Hasil Penelitian

Perancangan dan Analisis Jig Pengelasan Setang BMX untuk Meningkatkan Presisi dan Efisiensi Produksi

Feby Namifa Pebriana¹, Amira Najla Hartini², Tasya Riski Mulyadi Tanjung³, Adinda Rahmah Shalihah⁴

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

ARTICLE INFO

Received : 04 February 2025
Revised : 05 April 2025
Accepted : 30 May 2025

KEYWORDS

Autodesk Inventor, jig welding, stang BMX, welding fixture, workshop otomotif

CORRESPONDENCE

E-mail Corresponding Author:

febypebriana16@gmail.com

E-mail Co-Author:

amiranajlanh@gmail.com

tasyariskimulyaditanjung@gmail.com

adindarahmah@stmi.ac.id

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



ABSTRACT

Perkembangan teknologi *manufaktur* pada bidang otomotif menuntut proses produksi yang lebih presisi, efisien, dan konsisten, terutama pada proses pengelasan komponen *tubular* seperti setang *BMX*. Namun, proses produksi setang *BMX* pada skala laboratorium masih banyak dilakukan secara manual sehingga sering terjadi pergeseran posisi material, ketidaksesuaian sudut sambungan, dan lamanya waktu pemasangan benda kerja. Penelitian ini bertujuan merancang *jig* pengelasan setang *BMX* yang sederhana, mudah digunakan, serta memungkinkan untuk diproduksi secara nyata di lingkungan kampus. Solusi yang ditawarkan berupa pengembangan *jig welding* dengan sistem *clamp horizontal dan vertikal* untuk menjaga kestabilan posisi setang selama proses pengelasan berlangsung. Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan desain *jig* yang aplikatif untuk kegiatan praktikum dan produksi sederhana pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif. Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan dan pengembangan (*design and development*) yang meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan desain menggunakan *Autodesk Inventor*, pemilihan material, produksi, dan pengujian fungsi *jig*. Material *locator* menggunakan baja *S45C* karena memiliki kekuatan yang baik untuk menopang benda kerja selama proses pengelasan.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur di bidang otomotif saat ini berjalan sangat cepat dan menuntut proses produksi yang semakin presisi, efisien, serta mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang konsisten. Dalam proses tersebut, penggunaan jig dan fixture menjadi salah satu hal yang sangat penting karena berfungsi membantu menahan dan memposisikan benda kerja agar proses produksi dapat berjalan lebih stabil. Keberadaan jig tidak hanya membantu meningkatkan ketelitian dimensi, tetapi juga mampu mengurangi kesalahan kerja operator dan mempercepat proses produksi. Hal ini sejalan dengan penelitian Fiedler et al., (2024) yang menjelaskan bahwa jig dan fixture memiliki peran besar dalam mendukung fleksibilitas dan efisiensi sistem manufaktur modern. Penelitian Indrawan et al., (2024) juga menunjukkan bahwa penggunaan jig dan fixture dapat mempercepat proses pemesinan sekaligus menghasilkan akurasi yang lebih baik. Pada proses pengelasan komponen tubular seperti stang BMX, kestabilan posisi material menjadi faktor yang sangat menentukan karena sedikit saja pergeseran dapat memengaruhi bentuk akhir produk. Sayangnya, pada proses produksi di lingkungan pendidikan maupun produksi skala kecil, pengerjaan stang BMX masih sering dilakukan secara manual tanpa alat bantu khusus sehingga hasilnya kurang konsisten dan membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama.

Dalam proses pengelasan stang BMX, beberapa masalah yang cukup sering ditemui adalah perubahan sudut sambungan, pergeseran material saat pengelasan berlangsung, hingga proses pemasangan dan pelepasan benda kerja yang memakan waktu. Permasalahan tersebut terlihat sederhana, tetapi dapat menyebabkan dimensi produk menjadi tidak simetris dan meningkatkan kemungkinan terjadinya rework. Liu et al., (2022) menjelaskan bahwa sistem fixture sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil manufaktur, terutama pada komponen tubular dan berdinding tipis. Selain itu, Hu et al., (2024) menyebutkan bahwa jalur pengelasan yang tidak stabil dapat menurunkan kualitas sambungan serta memengaruhi kekuatan struktur produk. Dalam pengembangan komponen sepeda sendiri, desain stang tidak hanya dituntut kuat, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek ergonomi dan efisiensi proses produksi. Penelitian Yao et al., (2023) menunjukkan bahwa pengembangan desain stang sepeda modern memerlukan metode produksi yang efisien agar waktu dan biaya produksi dapat ditekan. Karena itu, diperlukan sebuah rancangan jig pengelasan stang BMX yang sederhana namun tetap efektif, mudah digunakan, dan mampu menjaga posisi material agar tetap stabil selama proses produksi berlangsung.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menganalisis jig pengelasan stang BMX dengan mempertimbangkan diameter stang, jarak antar penjepit, serta kemudahan proses pemasangan dan pelepasan benda kerja. Selain itu, penelitian ini juga berfokus pada bagaimana sebuah jig sederhana dapat membantu meningkatkan efisiensi waktu kerja tanpa mengurangi kualitas hasil pengelasan. Solusi yang ditawarkan adalah pengembangan jig yang dapat diproduksi secara mandiri di lingkungan kampus sehingga lebih mudah diterapkan pada kegiatan praktikum maupun pengembangan produk manufaktur. Penelitian Purbaningrum et al., (2023) menunjukkan bahwa penggunaan jig welding mampu membuat proses pengelasan menjadi lebih efisien dan menghasilkan sambungan yang lebih stabil dibandingkan pengerjaan manual. Sementara itu, Priyamangala et al., (2023) menyatakan bahwa desain jig yang baik dapat meningkatkan keseragaman produk dan mempermudah proses manufaktur. Dengan desain yang sederhana dan biaya pembuatan yang relatif rendah, jig ini diharapkan dapat menjadi solusi yang realistis dan aplikatif untuk kebutuhan laboratorium pendidikan.

State of the art pada penelitian ini terletak pada pengembangan jig pengelasan stang BMX yang dirancang khusus untuk kebutuhan produksi skala laboratorium. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak membahas fixture industri berskala besar atau sistem otomatis berbasis simulasi, penelitian ini lebih menekankan pada desain yang sederhana, mudah dibuat, dan mudah digunakan. Fiedler et al., (2024) membahas perkembangan konsep jig dan fixture modern dalam industri manufaktur, sedangkan penelitian Arnaoutis et al., (2023) lebih berfokus pada optimasi fixture menggunakan pendekatan parametrik. Liu et al., (2022) juga membahas fixture untuk komponen berdinding tipis, sementara Indrawan et al., (2024) meneliti penggunaan jig dan fixture pada proses milling. Namun, penelitian mengenai jig pengelasan khusus untuk stang BMX yang mempertimbangkan kemudahan assembly dan disassembly benda kerja masih sangat terbatas. Oleh sebab itu, novelty dari penelitian ini terletak pada perancangan jig stang BMX portable yang sederhana, praktis, dan memiliki potensi untuk benar-benar diterapkan dalam kegiatan produksi maupun praktikum di kampus.

Penelitian ini juga didukung oleh beberapa penelitian terdahulu yang relevan, seperti penelitian Fiedler et al., (2024) mengenai perkembangan jig dan fixture modern, Chen & Liu, (2024) tentang teknologi fixture pada komponen tubular, Indrawan et al., (2024) terkait desain jig dan fixture pada proses milling, serta Priyamangala et al., (2023) mengenai perancangan jig dan fixture untuk ragam tipe 125. Selain itu, penelitian Purbaningrum et al., (2023) membahas implementasi jig welding pada frame base, Hu et al., (2024) meneliti simulasi pengelasan frame aluminium, Yao et al., (2023) membahas inovasi desain stang sepeda, dan Novak et al., (2023) melakukan karakterisasi mekanik handlebar grip sepeda. Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan jig memiliki pengaruh besar terhadap efisiensi produksi, kualitas pengelasan, dan konsistensi dimensi produk. Dari sini dapat dilihat bahwa pengembangan jig sederhana yang mudah diaplikasikan untuk kebutuhan pembelajaran maupun produksi ringan masih memiliki peluang yang sangat besar untuk dikembangkan lebih lanjut.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menghasilkan rancangan jig pengelasan stang BMX yang sederhana, ekonomis, dan mudah diproduksi di lingkungan kampus tanpa mengurangi fungsi utamanya dalam menjaga kestabilan dan efisiensi proses pengelasan. Selain dapat mendukung kegiatan praktikum pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi awal dalam pengembangan jig produksi tubular lainnya, khususnya untuk kebutuhan laboratorium pendidikan dan industri skala kecil.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan pengembangan (*design and development*) yang difokuskan pada pembuatan jig pengelasan untuk stang BMX (Satria et al., 2025). Metode ini dipilih karena penelitian yang dilakukan tidak hanya sebatas membuat desain di atas gambar atau software, tetapi juga sampai pada tahap menghasilkan jig yang benar-benar dapat digunakan dalam proses produksi. Dalam dunia manufaktur, khususnya pada proses pengelasan, keberadaan jig sangat membantu agar hasil kerja menjadi lebih rapi, presisi, dan konsisten. Ibrahim et al., (2022) menjelaskan bahwa penggunaan metode perancangan berbasis CAD pada jig dan fixture dapat membuat proses pengembangan produk menjadi

lebih terarah dan akurat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari identifikasi kebutuhan, proses desain, pemilihan material, produksi jig, hingga pengujian langsung pada proses pengelasan stang BMX.

Tahap pertama penelitian dimulai dengan mengamati proses pengelasan stang BMX yang masih dilakukan secara manual. Dari hasil pengamatan tersebut terlihat beberapa masalah yang cukup sering muncul, seperti posisi material yang mudah bergeser saat dilas, sudut sambungan yang kurang presisi, hingga proses pemasangan benda kerja yang memakan waktu cukup lama (S. Safril et al., 2025). Kondisi seperti ini tentu dapat memengaruhi kualitas hasil pengelasan dan membuat proses kerja menjadi kurang efisien. Selain melakukan observasi, penelitian ini juga didukung dengan studi literatur dari berbagai jurnal yang membahas desain jig welding dan fixture manufaktur. Menurut Naksri et al., (2021) memahami kebutuhan pengguna menjadi salah satu bagian penting dalam proses perancangan fixture karena berkaitan langsung dengan kenyamanan penggunaan, kestabilan benda kerja, dan efisiensi proses produksi. Hasil observasi dan studi literatur tersebut kemudian dijadikan dasar untuk menentukan spesifikasi jig yang akan dibuat.

Setelah kebutuhan utama diketahui, tahap berikutnya adalah membuat desain jig menggunakan software CAD. Pada tahap ini, desain dibuat dengan mempertimbangkan ukuran dan diameter stang BMX, posisi sambungan las, jarak antar penjepit, serta kemudahan saat proses pemasangan maupun pelepasan benda kerja. Penggunaan software CAD sangat membantu karena desain dapat divisualisasikan terlebih dahulu sebelum masuk ke tahap produksi, sehingga kesalahan dimensi bisa diminimalkan sejak awal. Ibrahim et al., (2022) menyebutkan bahwa penggunaan *computer-aided design* pada proses perancangan jig dan fixture dapat meningkatkan efisiensi pengembangan produk sekaligus mengurangi kemungkinan kesalahan desain. Selain itu, desain jig pada penelitian ini sengaja dibuat sederhana mungkin agar mudah diproduksi dan tetap cocok digunakan pada lingkungan laboratorium pendidikan.

Sesudah desain selesai, proses dilanjutkan ke tahap produksi jig. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah karena material ini cukup mudah ditemukan, biaya relatif terjangkau, dan memiliki kekuatan yang baik untuk menopang stang saat proses pengelasan berlangsung. Proses produksi meliputi pemotongan material, pengeboran, pengelasan rangka jig, hingga pemasangan sistem penjepit. Dalam proses ini, kestabilan konstruksi menjadi salah satu hal yang sangat diperhatikan agar jig tidak mudah berubah posisi ketika digunakan. Li et al., (2022) menjelaskan bahwa desain fixture yang baik harus mampu menjaga posisi benda kerja tetap stabil dan mengurangi deformasi selama proses pengelasan. Selain lebih sederhana, konstruksi seperti ini juga membuat jig lebih mudah dirawat dan digunakan kembali untuk proses produksi berikutnya.

Tahap terakhir adalah pengujian jig yang telah selesai dibuat. Pengujian dilakukan secara langsung pada proses pengelasan stang BMX untuk melihat seberapa baik jig mampu menahan dan menjaga posisi benda kerja. (Djafar Shieddieque et al., 2021) Beberapa hal yang diamati pada tahap ini meliputi kestabilan material, kemudahan pemasangan dan pelepasan stang. Dari hasil pengujian tersebut kemudian dilakukan analisis secara deskriptif untuk mengetahui efektivitas jig yang telah dirancang dan melihat sejauh mana jig mampu membantu proses produksi menjadi lebih baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa rancangan jig pengelasan stang BMX yang dibuat menggunakan software Autodesk Inventor. Desain jig dibuat dengan mempertimbangkan kemudahan proses produksi, kestabilan benda kerja saat pengelasan, serta efisiensi penggunaan pada lingkungan laboratorium kampus Costa Oliveira et al. (2025) Pemilihan stang BMX sebagai objek penelitian didasarkan pada bentuk konstruksinya yang relatif sederhana dibandingkan komponen tubular lainnya, sehingga lebih memungkinkan untuk direalisasikan secara nyata pada proses produksi skala laboratorium. Selain itu, bentuk stang BMX memiliki konfigurasi sambungan yang cukup menantang untuk proses pengelasan karena membutuhkan keselarasan posisi yang baik agar hasil akhir tetap simetris. Menurut Naksri et al., (2021) penggunaan jig welding pada komponen tubular mampu meningkatkan konsistensi posisi sambungan dan mempermudah proses produksi berulang. Oleh karena itu, desain jig pada penelitian ini dibuat sederhana mungkin agar mudah diproduksi, mudah digunakan, dan tetap mampu menjaga presisi posisi stang selama proses pengelasan berlangsung.

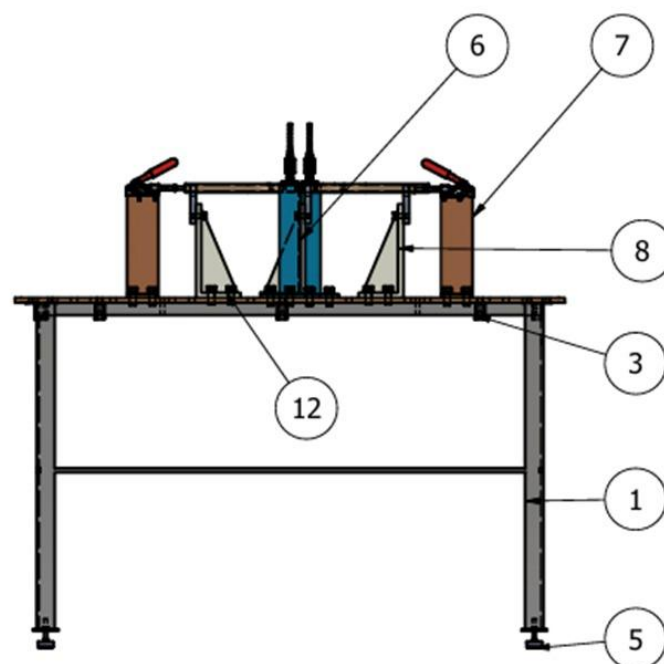
Desain jig terdiri atas meja utama, locator, clamp horizontal, dan clamp vertikal yang berfungsi menahan posisi stang BMX agar tetap stabil selama proses pengelasan. Material locator menggunakan baja S45C karena memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan aus yang cukup baik untuk menopang benda kerja secara berulang. Penggunaan material locator yang kuat sangat penting agar posisi stang tidak mudah berubah selama proses pengelasan berlangsung. Menurut Riaz et al., (2021), pemilihan material fixture yang memiliki kekuatan dan kestabilan tinggi dapat meningkatkan akurasi hasil manufaktur dan memperpanjang umur penggunaan jig.

Tabel 1. Parameter Desain

No.	Parameter Desain	Nilai
1.	Diameter Setang BMX	22 mm

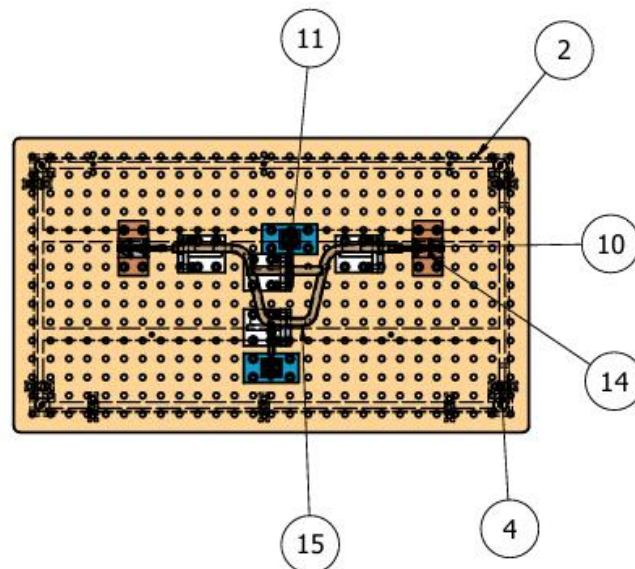
2.	Jarak clamp horizontal kiri ke kanan	620 mm
3.	Jarak clamp vertikal	159 mm
4.	Tinggi total jig	1247,152 mm
5.	Tinggi meja kerja	895 mm
6.	Material locator	Baja S45C
7.	Software desain	Autodesk Inventor

Pada desain yang dibuat, jarak antar clamp horizontal ditentukan sebesar 620 mm mengikuti lebar stang BMX yang digunakan. Penentuan jarak ini sebenarnya tidak hanya berdasarkan ukuran stang saja, tetapi juga mempertimbangkan kenyamanan operator saat memasang maupun melepas benda kerja dari jig. Jika clamp dibuat terlalu rapat, proses pemasangan akan terasa sulit dan memperlambat pekerjaan. Namun jika terlalu longgar, posisi stang menjadi kurang stabil saat pengelasan dilakukan. Hal serupa juga diterapkan pada clamp vertikal dengan jarak 159 mm yang disesuaikan dengan posisi sambungan utama di bagian tengah stang. Dengan jarak tersebut, bagian tengah stang dapat terkunci lebih baik tanpa membuat proses assembly dan disassembly menjadi rumit. Menurut Matli et al., (2025), tata letak clamp pada welding fixture memang perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kestabilan benda kerja dan kemudahan proses kerja agar efisiensi produksi.



Gambar 1. Tampak depan jig setang sepeda

Dari desain terlihat bahwa konstruksi jig dibuat cukup sederhana tanpa banyak komponen tambahan yang rumit. Hal ini sengaja dilakukan agar proses pembuatan jig nantinya lebih mudah direalisasikan di workshop kampus. Selain itu, desain sederhana juga membuat proses penggunaan dan perawatannya menjadi lebih praktis. Tinggi total jig dibuat sebesar 1247,152 mm dengan tinggi meja kerja 895 mm agar posisi operator saat bekerja tetap nyaman dan tidak terlalu membungkuk ketika melakukan pengelasan. Kenyamanan kerja seperti ini sering kali terlihat sepele, padahal sangat memengaruhi fokus dan kestabilan saat proses pengelasan berlangsung. Menurut Mali & Vyavahare, (2015), desain workstation dan fixture yang ergonomis dapat membantu meningkatkan kenyamanan operator sekaligus menjaga kestabilan proses kerja pada aktivitas manufaktur. Penggunaan clamp horizontal dan vertikal secara bersamaan juga membuat posisi stang lebih terkunci dari berbagai arah sehingga risiko pergeseran saat pengelasan dapat dikurangi.



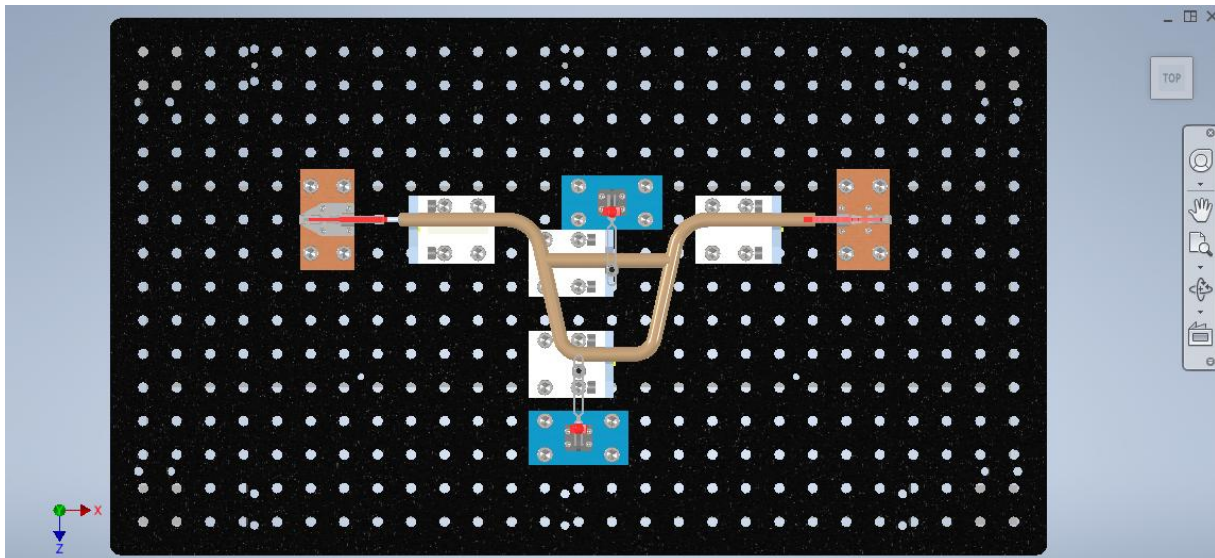
Gambar 2. Tampak atas jig setang sepeda

Tabel 2. Part List jig setang sepeda

ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL
1	1	Stand Meja	Stainless Steel
2	1	Alas Meja	Steel ASTM A572
3	7	Mounting Bracket	Steel ASTM A36
4	7	Bolt M11	Misumi
5	4	Stand Foot	Misumi
6	2	Dudukan Clamp Horizontal	S45C
7	2	Dudukan Clamp Vertikal	S45C
8	4	Locator Body	S45C
9	4	Locator Head	S45C
10	2	Clamp Horizontal	Misumi
11	2	Clamp Vertikal	Misumi
12	32	Bolt M16 x 30	Misumi
13	8	Bolt M12 x 20	Misumi
14	16	Bolt M6 x 10	Misumi
15	1	Setang Sepeda BMX	Steel, Alloy

Jika dilihat dari tampak depan, susunan clamp pada sisi kiri dan kanan dibuat simetris agar distribusi gaya penjepitan menjadi lebih merata. Desain seperti ini membantu menjaga bentuk stang tetap seimbang selama proses pengelasan berlangsung. Clamp horizontal berfungsi menahan gerakan ke arah samping, sedangkan clamp vertikal membantu mengunci posisi bagian tengah stang agar tidak terangkat atau berubah posisi ketika terkena panas pengelasan. Kombinasi kedua clamp tersebut membuat proses pengelasan terasa lebih stabil dan mempermudah operator dalam menjaga keselarasan sambungan

Setiawan et al., (2023) menjelaskan bahwa penggunaan sistem penjepit ganda pada welding fixture dapat meningkatkan kestabilan benda kerja dan mengurangi kesalahan posisi selama proses pengelasan dilakukan.



Gambar 4. Tampak Atas

Pada tampak atas terlihat bahwa posisi locator dan clamp dibuat mengikuti bentuk dasar stang BMX sehingga area sambungan pengelasan masih mudah dijangkau oleh operator. Penempatan locator pada beberapa titik juga membantu menjaga bentuk stang tetap simetris selama proses produksi berlangsung. Selain fokus pada kestabilan, desain ini juga mempertimbangkan efisiensi waktu kerja, terutama pada proses pemasangan dan pelepasan stang dari jig. Semakin mudah proses assembly dan disassembly dilakukan, maka waktu produksi juga bisa menjadi lebih singkat. Seloane et al., (2020) menyebutkan bahwa desain fixture yang sederhana dan mudah dioperasikan mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi waktu setup pada proses manufaktur.

Secara keseluruhan, desain jig pengelasan stang BMX yang dihasilkan sudah mampu memenuhi kebutuhan dasar proses produksi, yaitu menjaga posisi benda kerja tetap stabil, mempermudah proses pemasangan dan pelepasan material, serta memiliki konstruksi yang sederhana untuk diproduksi di lingkungan kampus. Dari hasil desain ini juga terlihat bahwa jig sederhana tetap dapat memberikan fungsi yang cukup efektif selama perancangannya mempertimbangkan posisi clamp, kestabilan benda kerja, dan kenyamanan penggunaan. Penggunaan material S45C pada locator juga membuat jig memiliki kekuatan yang cukup baik untuk digunakan berulang kali pada kegiatan praktikum maupun produksi skala kecil. Dengan desain yang sederhana namun tetap fungsional, jig ini diharapkan bisa menjadi langkah awal dalam pengembangan alat bantu produksi tubular yang lebih aplikatif di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan, penelitian ini berhasil menghasilkan desain jig pengelasan stang BMX yang sederhana dan fungsional sesuai tujuan penelitian. Jig mampu menjaga kestabilan posisi stang selama proses pengelasan serta mempermudah proses pemasangan dan pelepasan benda kerja. Penggunaan clamp horizontal, clamp vertikal, serta material S45C pada locator memberikan kestabilan yang cukup baik sehingga desain jig ini berpotensi untuk diproduksi dan digunakan pada kegiatan praktikum maupun produksi sederhana di lingkungan kampus.

Desain jig yang dihasilkan masih dapat dikembangkan lebih lanjut, seperti dengan menambahkan sistem pengunci yang lebih fleksibel atau penggunaan material yang lebih ringan agar lebih efisien. Penelitian selanjutnya juga dapat melakukan pengujian langsung terhadap kualitas hasil pengelasan dan ketahanan jig dalam penggunaan jangka panjang. Dengan pengembangan tersebut, jig pengelasan stang BMX ini diharapkan dapat menjadi alat bantu produksi yang lebih aplikatif dan mendukung proses pembelajaran pada bidang Teknologi Rekayasa Otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

Arnaoutis, V., Rosic, B. V., & Lutters, E. (2023). Parametric design evolution for production setups; a case study for welding fixtures. *Procedia CIRP*, 120, 1522–1527. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.208>

- Chen, L., & Liu, J. (2024). Research on online intelligent welding system based on resistance spot welding of aluminum galvanized steel. *Advances in Mechanical Engineering*, 16(3). <https://doi.org/10.1177/16878132241236568>
- Costa Oliveira, F. A., Borges, P. F., Coelho, A., Amaral, P. M., & Cruz Fernandes, J. (2025). Manufacturing of Diamond Tool Segments via Microwave–Hybrid Sintering. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/jmmp9110370>
- Djafar Shieddieque, A., Setiawan, D., Rahdiana, N., Studi Teknik Mesin, P., & Tinggi Teknologi Wastukencana, S. (2021). Purwakarta, 41151 4 Program Studi Teknik Industri Otomotif. *Politeknik STMI Jakarta Jl Letjen Suprpto*, 1(2), 41361. <http://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/JTMMX>
- Fiedler, F., Ehrenstein, J., Hölting, C., Blondrath, A., Schäper, L., Göppert, A., & Schmitt, R. (2024). Jigs and fixtures in production: A systematic literature review. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 72, pp. 373–405). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.10.006>
- Hu, Y., Pei, W., Ji, H., Yu, R., & Liu, S. (2024). Tungsten Inert Gas Welding of 6061-T6 Aluminum Alloy Frame: Finite Element Simulation and Experiment. *Materials*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/ma17051039>
- Ibrahim, A. D., Hussein, H. M. A., Ahmed, I., Nasr, E. A., Kamrani, A., & Abdelwahab, S. A. (2022). Computer-Aided Design of Traditional Jigs and Fixtures. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Number 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12010003>
- Indrawan, R., Aditya Purnomo, D., Bisono, F., Wiro Karuniawan, B., & Anita Fajardini, R. (2024). *Design and Fabrication of Jig and Fixture for Milling Operations in the Manufacturing Sector* (Vol. 26, Number 4).
- Li, Y., Li, Y., Ma, X., Zhang, X., Fu, D., & Yan, Q. (2022). Study on Welding Deformation and Optimization of Fixture Scheme for Thin-Walled Flame Cylinder. *Materials*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/ma15186418>
- Liu, H., Wang, C., Li, T., Bo, Q., Liu, K., & Wang, Y. (2022). Fixturing technology and system for thin-walled parts machining: a review. In *Frontiers of Mechanical Engineering* (Vol. 17, Number 4). Higher Education Press Limited Company. <https://doi.org/10.1007/s11465-022-0711-5>
- Mali, S. C., & Vyavahare, R. T. (2015). International Journal of Current Engineering and Technology An Ergonomic Evaluation of an Industrial Workstation: A Review. In 1820| *International Journal of Current Engineering and Technology* (Vol. 5, Number 3). <http://inpressco.com/category/ijcet>
- Matli, P. R., Guttikonda, M., Gopal, K. R., & Lingala, S. S. R. (2025). Processing, Microstructure and Performance of Aluminium Metal Matrix Composites for Engineering Applications—A Review. *Progress in Composite Materials*, 1(1). <https://doi.org/10.53941/pcm.2025.100006>
- Naksri, C., Chuchom, S., & Chaiprapat, S. (2021). Design of Fixture for Welding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1163(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1163/1/012007>
- Novak, N., Plesec, V., Harih, G., Cupar, A., Kaljun, J., & Vesenjaj, M. (2023). Development, fabrication and mechanical characterisation of auxetic bicycle handlebar grip. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35418-8>
- Priyamanggala, A., Yazid Diratama, M., Cahyadi Jurusan Teknik Manufaktur, R., & Manufaktur Bandung, P. (2023). *Perancangan Jig and fixture Untuk Pembuatan Ragum Tipe 125* (Vol. 25, Number 1).
- Purbaningrum, S. P., Johannes, J., Imansuri, F., Salati, D., & Solih, E. S. (2023). Implementasi Jig Welding Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelasan Frame Base. *Journal of Community Services in Sustainability*, 2(1), 55–64. <https://doi.org/10.52330/jocss.v2i1.277>
- Riaz, A. A., Hussain, G., Ullah, N., Wei, H., Alkahtani, M., & Khan, M. N. (2021). An investigation on the effects of tool rotational speed and material temper on post-ISF tensile properties of Al2219 alloy. *Journal of Materials Research and Technology*, 10, 853–867. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.12.055>
- S. Safril, Wan Hamzah, W. A., & Mustakim. (2025). Investigation of different compressor speeds to improve the performance of residential air conditioning system using hybrid nanolubricant. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 10554–10564. <https://doi.org/10.15282/jmes.19.1.2025.10.0827>
- Satria, A., Adinda Rahmah Shalihah, Fadhil Fadhlurrohman Nurhadi, Ridho Hans Gurning, & Sanurya Putri Purbaning. (2025). Structure Analysis of Warren Truss Bridge Using 3D CAD Software. *Jurnal Inotera*, 10(2), 241–250. <https://doi.org/10.31572/inotera.vol10.iss2.2025.id486>
- Seloane, W. T., Mpofu, K., Ramatsetse, B. I., & Modungwa, D. (2020). Conceptual design of intelligent reconfigurable welding fixture for rail car manufacturing industry. *Procedia CIRP*, 91, 583–593. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.217>
- Setiawan, I., Setiawan, R., Zahabiyah, R., Lestari, T. D., Triantoro, V. W., Farrel, V., H., Y. A., & Puspita, W. Y. (2023). Penerapan Jig & Fixture pada Produksi Massal di Industri Manufaktur. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 7(2), 104. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v7i2.3165>

Yao, K. C., Huang, W. T., Xu, J. R., Huang, S. H., Tsai, C. T., Ho, W. S., & Liao, C. C. (2023). Application of the TRIZ Innovation System Method to Bicycle Handlebars. *Machines*, *11*(5). <https://doi.org/10.3390/machines11050507>