

Pengaruh Inovasi Alat Bantu pada Efisiensi dan Kualitas Pengelasan Sambungan Pipa Longitudinal dengan GMAW

Daffa Fadhillah¹, Riswanda², Heri Widianoro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012, Kotak Pos 1234

¹E-mail: daffa.fadhillah.tpk20@polban.ac.id;

²E-mail: riswanda@polban.ac.id

³E-mail: heriwidianoro@polban.ac.id

ABSTRAK

Proses pengelasan terutama pada sambungan pipa *longitudinal*, merupakan masalah kompleks. Industri besar seperti produsen pipa atau MRO (*maintenance, repair, and overhaul*), serta Industri Kecil dan Menengah (IKM) di bidang pengelasan sering menghadapi kendala dalam pengelasan manual, seperti *undercut, arc strikes* dan hasil las, yang memerlukan *welder* ahli. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi cacat pengelasan pada silinder logam. Metode yang digunakan adalah Pahl and Beitz, dimulai dengan perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail, dokumentasi, realisasi alat dan pengujian menggunakan mesin las Fronius Vario Star 317. Hasilnya adalah rancangan dan realisasi alat bantu pengelasan GMAW untuk sambungan pipa *longitudinal*. Pengujian dilakukan pada pipa Ø4 inci dengan tebal 4 mm, menggunakan arus 124 ampere dan kecepatan kawat umpan 2,8 mm/s, serta variasi kecepatan motor DC. Pengujian menunjukkan bahwa pengelasan dengan alat pada variasi kecepatan menghasilkan garis *longitudinal* yang lebih baik dibandingkan pengelasan manual. Kecepatan motor optimal pada *duty cycle* 23% menghasilkan pengelasan visual yang baik tanpa cacat, sedangkan pada *duty cycle* 24% terjadi *undercut*, dan pada 22% terjadi *overlap*.

Kata Kunci

GMAW, longitudinal, efisiensi, pipa, cacat

ABSTRACT

The welding process, especially for longitudinal pipe joints, is highly complex. Large-scale industries such as pipe manufacturers or MRO (maintenance, repair, and overhaul) services, as well as Small and Medium Enterprises (SMEs) in welding, often face challenges in manual welding, such as undercut, arc strikes, and weld distortion, necessitating skilled welders. This study aims to improve efficiency and reduce welding defects in metal cylinders and parallel plates. The methodology follows Pahl and Beitz, starting with planning, conceptual design, detailed design, documentation, realization of the tool, and testing using the Fronius Vario Star 317 welding machine. The outcome is the design and realization of a GMAW welding aid specifically for longitudinal pipe joints. Testing was conducted on 4-inch diameter pipes with a thickness of 4 mm, using a current of 124 amperes and a wire feed speed of 2.8 mm/s, with variations in DC motor speed. The tests showed that welding with the aid at varied speeds produced better longitudinal lines compared to manual welding, which resulted in inconsistent lines. The optimal motor speed at a 23% duty cycle produced visually good welds without defects, while a 24% duty cycle resulted in undercut, and a 22% duty cycle caused overlap.

Keywords

GMAW, longitudinal, efficiency, pipe, defective

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang konstruksi tidak terlepas dari pentingnya proses pengelasan, yang memiliki dampak signifikan dalam rekayasa dan

perbaikan logam. Pengelasan digunakan luas dalam konstruksi struktur, jembatan, perkapalan, pipa, bejana tekan, dan kendaraan [1]. Untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengelasan, berbagai inovasi terus dikembangkan, salah satunya melalui penggunaan *Gas Metal Arc*

Welding (GMAW).

GMAW, atau *Metal Inert Gas – Metal Active Gas* (MIG-MAG), adalah teknik pengelasan yang menggunakan kawat las sebagai elektroda [2]. Metode ini memindahkan panas dengan cepat dan memiliki konsentrasi busur tinggi serta elastisitas yang unggul dibandingkan teknik lainnya. Pengelasan GMAW memiliki konsentrasi busur yang tinggi dan elastisitas yang lebih baik dibandingkan dengan cara pengelasan lainnya [3]. Keberhasilan GMAW bergantung pada parameter seperti kecepatan pengelasan, arus, tegangan, kecepatan umpan kawat, dan aliran gas pelindung.

Permasalahan pengelasan, termasuk cacat pada permukaan, dapat diminimalkan dengan pengelasan yang baik [4]. Pengelasan manual membutuhkan keterampilan khusus untuk menghasilkan kualitas yang baik, terutama pada sambungan pipa *welded*. Para pelaku usaha industri besar maupun industri kecil dan menengah (IKM) lebih banyak menggunakan jenis sambungan pipa *welded* karena harga produksi lebih murah, proses pembuatan lebih sederhana dan memiliki konsistensi ukuran yang lebih pasti [5].

Sambungan pipa *longitudinal*, bagian dari sambungan pipa *welded* adalah sambungan pipa lurus memanjang. Mengatasi kendala dalam pengelasan GMAW sambungan pipa *longitudinal*, penelitian ini mengembangkan alat bantu pengelasan semi otomatis. Alat ini menggunakan motor dengan sistem kontrol sebagai penggerak longitudinal dan pengaturan manual untuk memosisikan *torch/welding gun*. Kelemahan bila pengelasan busur dilakukan secara manual, kualitas lasan sangat tergantung kepada keterampilan pengelas [6]. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pengelasan, mengurangi cacat, dan mengatasi kesalahan manusia dibandingkan metode manual.

2. METODOLOGI

Penyelesaian perancangan alat pada penelitian yang dilakukan mengacu metode Pahl and Beltz dengan dimulai dari tahap perencanaan, perancangan konsep dan perancangan detail [7]. Hasil perancangan tersebut dilanjutkan dengan merealisasikan alat dan pengujian alat sebagai bentuk inovasi.

2.1 Data Perancangan

Perancangan yang dilakukan diperuntukkan sebagai sarana media pembelajaran khususnya pengelasan di laboratorium las POLBAN atau *Welding Training Center* (WTC) dan diharapkan dapat diproduksi massal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang bergerak dalam sektor konstruksi dan manufaktur. Hal ini dapat mengurangi cacat las dan meningkatkan kualitas sambungan pipa *longitudinal* pada pengelasan manual.

2.1.1 Perencanaan

Tahap perencanaan merupakan tahap awal ketika proses perancangan Tugas Akhir dilakukan dengan luaran berupa daftar tuntutan yang menjadi acuan. Langkah-langkah pada perencanaan yang dilakukan mengkaji kebutuhan pengguna dan produk eksisting. Metode yang diambil untuk mengkaji kebutuhan pengguna pada rancangan ini adalah wawancara, survei atau observasi dan kajian alat eksisting mengkaji alat yang sudah ada di pasaran serta kajian paten. Proses wawancara dan survei dilakukan di bengkel las Anugrah Teknik Kota Cimahi.

Kajian alat eksisting Mesin yang diproduksi oleh perusahaan dari Cina bernama Nanjing Byfo Machinery memiliki kapasitas mesin yaitu maksimal ketebalan pengelasan dari 0.4-1.2 mm dan panjang lengan maksimal 400 mm dengan harga ± Rp. 55.000.000,00 pada *marketplace* Alibaba.com [8]. Mesin ini dapat digunakan untuk sambungan pipa longitudinal serta memiliki bobot 520 Kg, dimensi mesin 650x1650x1680 mm dan menggunakan bantuan energi listrik untuk mengoperasikan mesin tersebut.

Kajian paten yang didapati dari Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual dengan judul Alat Bantu Pengelasan Tabung oleh Prof. Dr. I Made Arsana, S.Pd., M.T. dengan nomor paten IDS000002693 [9] merupakan sebuah alat bantu untuk memfasilitasi pengelasan tabung dengan mengatur pergerakan melingkar vertikal sesuai dengan diameter tabung. Alat bantu ini mengadopsi sistem transmisi *roll gear* dan didorong oleh motor *servo* (motor torsi) untuk memungkinkan daya yang dihasilkan oleh proses transmisi dapat menggerakkan dan memutar benda kerja (tabung) dengan rotasi yang sesuai.

Berdasarkan kajian tahap perencanaan yang dilakukan maka terdapat luaran berupa daftar

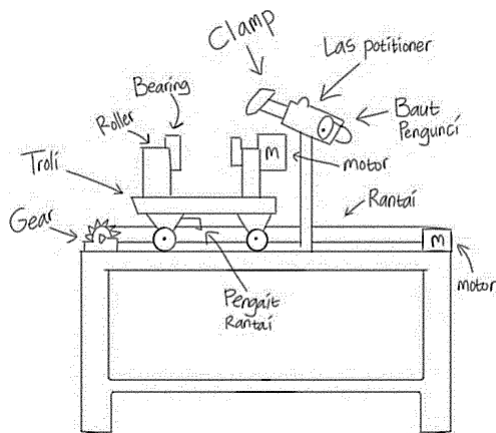
tuntutan dari rancangan ini. Berikut pada Tabel 1 merupakan daftar tuntutan.

Tabel 1 Daftar tuntutan

Daftar Tuntutan
1. Geometri:
Panjang maksimal 2000 mm Lebar maksimal 1000 mm Tinggi maksimal 1500 mm
2. Energi:
Penggerak motor listrik Tenaga 0.1 HP
3. Material:
Tebal maksimal 10 mm <i>Mild-Steel</i> Tidak mudah berkarat
4. Keamanan:
Keselamatan operator Ketahanan mesin
5. Pengoperasian & Perawatan:
Mudah digunakan Mudah dirawat

2.1.2 Perancangan Konsep

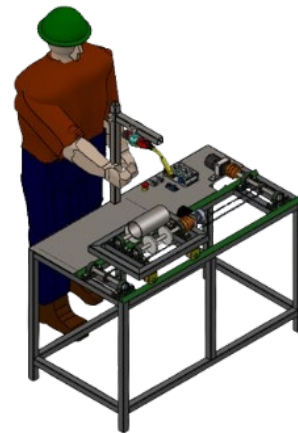
Tahap perancangan konsep ini dilakukan perancangan konsep desain berupa konsep bentuk sesuai kebutuhan dan kesesuaian data spesifikasi dan fitur yang diperoleh. Desain konsep tersebut berisi tabel morfologi, variasi konsep, penilaian variasi konsep, tabel evaluasi kriteria teknik dan ekonomi, tabel penilaian evaluasi kriteria teknik serta ekonomi dan diakhiri dengan diagram pemilihan variasi konsep yang mendekati ideal atau sesuai daftar tuntutan. Berikut Gambar 1 mengenai konsep terpilih.



Gambar 1 Konsep terpilih

2.1.3 Perancangan Detail

Tahap ini dilakukan perancangan detail untuk mengembangkan dari tahap perancangan konsep menjadi bentuk yang lebih konkret dan rinci. Pada tahap ini, fokus utama adalah merealisasi ide-ide dan memilih solusi yang paling layak untuk implementasi agar dalam melakukan realisasi alat dapat berjalan baik. Langkah yang dilakukan pada perancangan detail yaitu memilih dan menghitung komponen standar serta merancang komponen nonstandar sehingga mendapatkan pemodelan detail dan memudahkan pada proses pembuatan alat. Gambar 2 merupakan 3D modelling yang akan dibuat.



Gambar 2 Hasil perancangan detail

2.2 Realisasi Alat

Hasil perancangan yang telah dibuat dan didokumentasikan dapat direalisasikan sehingga alat dapat digunakan. Langkah pertama adalah pembelian komponen standar dan bahan baku dari pasar umum berdasarkan *bill of materials*. Selanjutnya, gambar kerja disesuaikan dengan pengukuran ulang dimensi komponen standar yang telah dibeli. Pembuatan komponen nonstandar dilakukan secara mandiri menggunakan alat dan mesin yang tersedia. Alat diuji sementara untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik jika ada yang tidak berfungsi, perlu dilakukan perbaikan pada komponen nonstandar. Setelah fungsi berjalan dengan baik, instalasi kelistrikan dan kontrol dilakukan, termasuk pemasangan sensor *limit switch* dan perakitan keseluruhan. Alat bantu pengelasan pipa siap digunakan dan dilanjutkan pada tahap uji coba. Gambar 3 merupakan alat jadi.



Gambar 3 Alat jadi

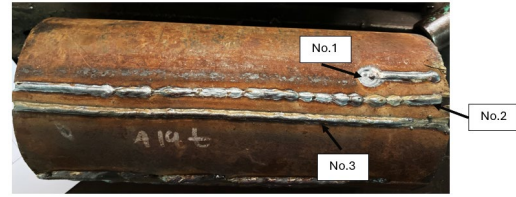
2.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan alat dapat berfungsi dengan baik serta dapat melakukan optimalisasi alat agar hasil dari pengelasan dapat lebih baik. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengelasan POLBAN menggunakan mesin GMAW merek Vario Star 317 dengan pengelasan MAG karena menggunakan gas pelindung CO² serta menggunakan metode visual untuk pengujian yang dilakukan. Proses pengujian alat berdasarkan SOP yang telah dibuat sebelumnya dengan memerhatikan keselamatan dan menghasilkan pengelasan yang baik. Acuan pengujian dilakukan pada pengelasan tali las pada material baja ASTM A36 adalah sekitar 120 ampere karena memiliki nilai kekerasan material yang baik [10]. Data pengujian yang diperoleh menggunakan arus dan kecepatan kawat umpun yang sama yaitu 124 ampere dan 2.8 mm/s sehingga hanya berbeda pada variasi kecepatan motor DC. Pada Tabel 2 merupakan data yang diperoleh untuk sambungan *longitudinal*.

Tabel 2 Data pengujian

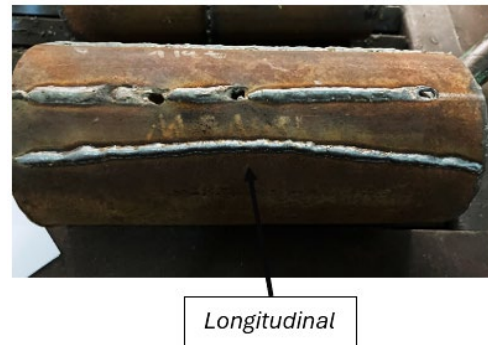
No.	Duty Cycle	Kecepatan Motor
1	22%	26 mm/detik
2	24%	29 mm/detik
3	23%	27.5 mm/detik

Pengamatan visual yang telah dilakukan dibandingkan dengan metode manual yang dilakukan oleh *welder* tanpa menggunakan alat bantu. Gambar 4 menunjukkan hasil pengelasan menggunakan alat.



Gambar 4 Hasil pengujian alat

Gambar 5 merupakan pengujian yang dilakukan secara manual dengan dilakukan sebanyak 2 kali.



Gambar 5 Hasil pengujian manual

3. HASIL & PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat merujuk pada serangkaian detail dan karakteristik teknis alat yang dijelaskan secara rinci. Spesifikasi alat dari hasil perancangan ini didapatkan setelah melalui tahap awal yaitu tahap perancangan sampai tahap terakhir yaitu tahap perancangan detail. Berikut Tabel 3 merupakan detail spesifikasi alat dari hasil perancangan yang telah dibuat.

Tabel 3 Spesifikasi alat

No.	Keterangan	Spesifikasi Teknis
1	Kapasitas	Dimensi maksimal Ø200 mm x 500 mm dan tebal 10 mm.
2	Dimensi	1280x680x1402 mm
3	Berat	603215 gram = 60.3 Kg
4	Penggerak	Motor DC 0.07 HP 24 Volt
5	Kecepatan Pengelasan	12-140 mm/detik

3.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terdapat acuan untuk sambungan *longitudinal* yang dapat dibandingkan dengan metode manual.

Pada sambungan *longitudinal* yang diuji menggunakan alat menghasilkan pengelasan yang baik secara visual karena tidak terdapat cacat pengelasan seperti *undercut*, *arc strikes*, distorsi las dan bintik-bintik hitam atau *spatter* jika dibandingkan dengan pengelasan secara manual selain menghasilkan tarikan las yang kurang baik terdapat lubang karena pengelasan terindikasi *overheat* dan terdapat bintik-bintik hitam atau *spatter* karena *torch* terlalu dekat dengan benda kerja. Dapat dilihat perbandingan tersebut pada Gambar 6 di bawah.



Gambar 6 Perbedaan hasil alat dengan manual

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil realisasi dan pengujian alat yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat yang dibuat menghasilkan dimensi 1280x680x1402 mm dan berat 60.2 Kg sehingga masih dapat diletakkan pada ruangan yang tidak terlalu besar. Memiliki harga alat sebesar Rp. 3.065.000 sehingga masih terjangkau untuk Industri Kecil dan Menengah (IKM) yang bergerak pada bidang pengelasan serta telah sesuai dengan daftar tuntutan yang dibuat sebelumnya.
2. Proses pengelasan secara *longitudinal* menggunakan sistem troli yang dapat memiliki variasi kecepatan motor menggunakan PWM *speed controller* yang diatur dengan menaikkan atau menurunkan nilai persentase 0% s/d 100% *duty cycle* sehingga menghasilkan variasi kecepatan 12 s/d 140 mm/detik.
3. Proses realisasi alat dan pengujian menghasilkan alat yang dibuat sesuai dengan rancangan memiliki kecepatan gerak yang jauh lebih stabil dibandingkan dengan gerakan manual. Acuan variasi kecepatan yang baik pada benda kerja pipa $\varnothing 4$ inchi ($\pm \varnothing 100$ mm) dengan tebal 4 mm untuk sambungan *longitudinal* apabila kecepatan motor 27.5 mm/detik.

5. SARAN

Dalam pengujian perlu memerhatikan ukuran jarak antara *torch* atau *welding gun* dengan benda kerja pada waktu mengatur las *positioner* sehingga hasil uji visual perbedaan las masing-masing kecepatan akan terlihat dengan lebih jelas dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. M. B. dan D. Y. Riswanda, "Desain Dan Pembuatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Pada Proses GMAW Dengan Variasi Kecepatan Menggunakan Sistem Transmisi," dalam *Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, Bandung.
- [2] E. Yohanes, *Analisis Ketangguhan Sambungan Las Gmaw Aluminium Paduan 5083 Dengan Variasi Kampuh Dan Arus Pengelasan*. Bandar Lampung: UNIVERSITAS LAMPUNG.
- [3] H. W. T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [4] H. K. dan W. M. B. Riswanda, "Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan Pipa Baja Karbon Rendah Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Menggunakan Alat Bantu Otomatis," *Bandung*.
- [5] Sofia, "Perbedaan Pipa Welded dan Pipa Seamless," *SMS PERKASA*, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.smsperkasa.com/blog/perbedaan-pipa-welded-dan-pipa-seamless>.
- [6] R. Siswanto, *Teknologi Pengelasan*. Banjarmasin: UNIVERSITAS LAMPUNG MANGKURAT Press.
- [7] G. Pahl, W. Beitz, dan J. F. K. H. Grote, *Engineering Design A Systematic Approach*. London: Springer.
- [8] Alibaba, "BYFOCNC hvac round duct welding roller seam welding machine," *Nanjing Byfo Machinery Co., Ltd.* [Daring]. Tersedia pada: https://www.alibaba.com/product-detail/BYFOCNC-Hvac-Round-Duct-Welding-Roller_1600977679703.html?spm=a2700.pccp_s_detail.0.0.447913a0cmP210&s=p.
- [9] I. M. Arsana, "Alat Bantu Pengelasan Tabung," *Indonesia Paten IDS000002693*.
- [10] S. dan M. Juwanda, "Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36," *Journal of Welding Technology*, vol. 3, no. 1.