

Perancangan Sistem Deteksi Kolam Las Menggunakan *Machine Vision* pada Pengelasan Tungsten Inert Gas Baja SS304

Ario Sunar Baskoro^{1,*} dan Vandy Ilham¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia - Depok

*Korespondensi: ario@eng.ui.ac.id

Abstrak. Pengelasan adalah salah satu jenis proses manufaktur yang dilakukan untuk melakukan penyambungan logam. Salah satu jenis pengelasan adalah pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas). Elektroda yang digunakan adalah tungsten dan menggunakan gas pelindung berupa Argon. Pengelasan TIG biasanya digunakan untuk logam jenis stainless steel. Pengelasan memerlukan ketelitian yang tinggi karena akan menentukan kekuatan hasil pengelasan. Berangkat dari pentingnya keberadaan las TIG dan untuk meningkatkan kebutuhan kualitas hasil pengelasan maka dilakukanlah studi ini yaitu membuat sebuah prototipe sistem pengelasan yang beroperasi secara otomatis menggunakan *machine vision*. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Stainless Steel SS304 dengan ketebalan 2 mm dan kecepatan pengelasan 1 mm/s, 1.5 mm/s, dan 2 mm/s. Parameter acuan untuk dapat mengelas secara otomatis adalah sistem dapat mendeteksi lebar kolam las (*molten pool*) secara otomatis menggunakan pengolahan citra yang diambil oleh visual sensor yang dalam hal ini menggunakan kamera Charge-Coupled Device (CCD). Di dalam pemrosesan citra tersebut dilakukan kalibrasi nilai per pixel dan juga kalibrasi error pembacaan. Error yang terjadi dihitung dari perbandingan lebar manik atas hasil lasan aktual dibandingkan dengan hasil pembacaan visual sensor pada program pengolahan citra. Hasil perbandingan pengukuran lebar aktual vs lebar vision dengan performa terbaik terjadi pada variasi kecepatan 2 mm/s dengan lebar vision rata-rata 4,95 mm dengan error 0,31 mm dan standard deviasi sebesar 0,39 mm.

Kata kunci: las TIG, kolam las, *machine vision*, tungsten inert gas

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kondisi kekinian dunia industri khususnya di bidang manufaktur menunjukkan peningkatan yang nyata akan kebutuhan produk dengan kualitas tinggi dari tahun ke tahun. Pengertian dari kualitas tinggi adalah produk yang memiliki tingkat kesesuaian akan fungsi yang baik, dalam bidang manufaktur produk dikatakan berkualitas apabila produk tersebut tidak memiliki kecacatan dalam hal dimensi, serta memiliki kehandalan dan ketangguhan yang baik sehingga dapat menjalankan fungsinya dengan baik [1].

Keunggulan otomasi memungkinkan sebuah sistem untuk berpikir dan bekerja tanpa campur tangan manusia. Sistem otomasi dapat dirancang dengan sistem *closed loop* yaitu memiliki fungsi umpan balik yang dapat mengevaluasi hasil akhir dan melakukan penyesuaian pada proses. Dengan adanya penyesuaian mandiri tersebut sistem dapat dengan mudah beradaptasi dan tidak perlu diperintah ulang saat menghadapi kondisi yang berbeda-beda. Hal ini sangat menguntungkan pada dunia industri mengingat biaya produksi untuk produk yang memiliki banyak variasi dapat ditekan dengan menggunakan peralatan yang sama untuk hasil yang berbeda.

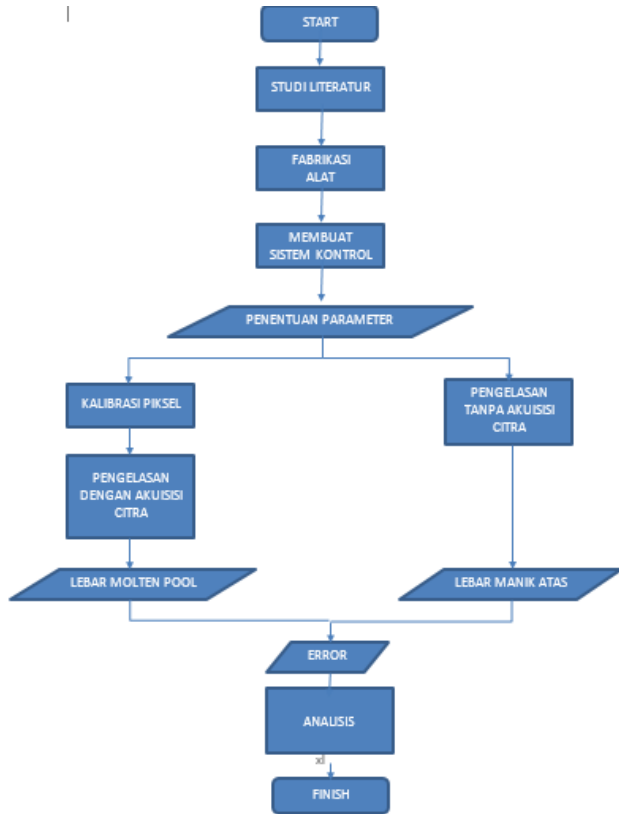
Pengelasan adalah salah satu jenis proses manufaktur yang dilakukan untuk melakukan penyambungan logam. Salah satu jenis pengelasan adalah pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas). Elektroda yang digunakan adalah tungsten dan menggunakan gas pelindung berupa Argon. Pengelasan TIG biasanya digunakan untuk logam jenis stainless steel. Pengelasan memerlukan ketelitian yang tinggi karena akan menentukan kekuatan hasil pengelasan [1-2]. Berangkat dari pentingnya keberadaan las TIG dan untuk meningkatkan kebutuhan kualitas hasil pengelasan maka dilakukanlah studi ini yaitu membuat sebuah prototipe sistem pengelasan yang beroperasi secara otomatis menggunakan *machine vision*.

Metode Penelitian

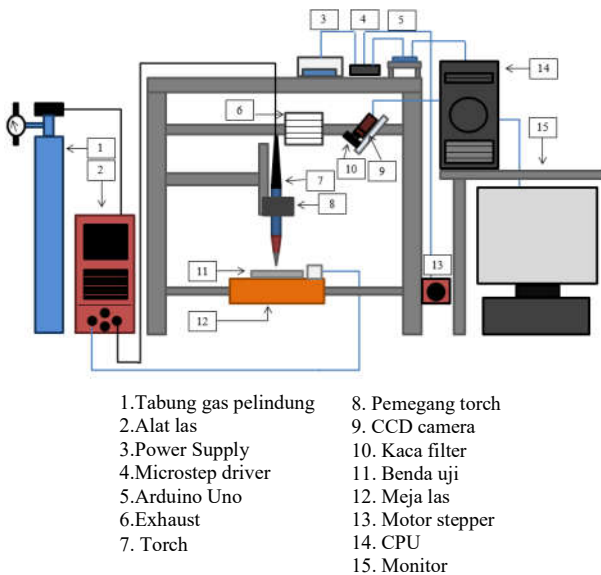
Diagram alir dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1. Dari diagram tersebut terlihat urutan yang mana ada berbagai tahapan hingga prototipe dapat berfungsi dengan baik. Selain itu berikut merupakan skema prototipe yang telah dibuat. Pada gambar 2 ditunjukkan skema alat pengujian yang juga telah digunakan pada penelitian sebelumnya [3]

Variasi parameter yang digunakan berupa besarnya arus dan kecepatan pengelasan. Variasi tebal plat stainless steel digunakan untuk melakukan

peninjauan yang berbeda, pada tebal plat 2 mm digunakan untuk melihat lebar manik atas dan manik bawah. Sementara pada tebal plat 3 mm digunakan untuk melihat besarnya penetrasi pengelasan.



Gambar 1. Metode pengukuran hasil pengelasan



Gambar 2. Skema alat pengujian

Tabel 1 menunjukkan variasi parameter yang digunakan dalam pengambilan data dan tabel 2 mengenai properties mekanik dari stainless steel yang digunakan.

Tabel 1. Variasi Kecepatan

Ketebalan Plat (mm)	Arus (A)	Kecepatan Las (mm/s)
		1
2	100	1.5
		2

Tabel 2. Sifat Material

Sifat	Nilai	Satuan
Massa Jenis	7850	kg/m ³
Specific Heat	343	W/m. ⁰ C
Isotropic Thermal Conductivity	60.5	J/kg. ⁰ C
Titik Leleh	1454	⁰ C

Sebelum melakukan pengujian alat maka perlu beberapa hal yang disiapkan, yaitu pembuatan mekanisme kontrol putaran motor stepper, pembuatan perangkat lunak untuk pencitraan dan deteksi tepi, kalibrasi sistem, pembuatan software dan pengujian itu sendiri. Selanjutnya adalah merancang perangkat lunak sistem pengendalian motor untuk menggerakkan pengelasan peralatan dengan kecepatan rotasi berdasarkan lebar kolom las.

Berikutnya adalah membuat perangkat lunak untuk mendeteksi gambar obyek berupa kolom las dan menyimpan data gambar untuk dicitrakan sehingga mendapat nilai lebar kolom las (*molten pool*) Aplikasi ini dibuat menggunakan Matlab.

Kemudian dilakukan proses kalibrasi sistem yang dimulai dengan mentransformasikan gambar kolom las, memasukkan parameter pengukuran yang dilakukan kamera dan memasukkan distorsi kamera sehingga didapatkan gambar ke obyek. Kemudian kamera dikalibrasi pada sebuah pola hitam putih. Serta dilakukan pengukuran dengan pencitraan dan hasil pengukuran dikalibrasi sehingga dihasilkan lebar kolom las dalam satuan milimeter (mm) seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kalibrasi Piksel

v (mm/s)	W actual (mm)	W vision (pixel)	mm / 1 pixel
2	4.95	52	0.0952

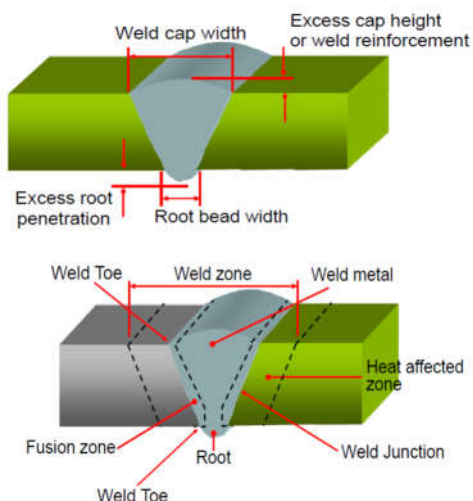
Dalam studi kali ini digunakan mesin TIG welding untuk melakukan pengelasan. Tabel 4 berikut adalah spesifikasi pengelasan yang digunakan.

Pengukuran hasil pengelasan dapat dilakukan dengan cara memahami pengertian bagian-bagian manik las seperti ditunjukkan pada gambar 3. Pengukuran lebar manik atas dilakukan dengan menghitung panjang weld cap width, manik bawah dengan menghitung panjang root bead width. Sampel diukur ± 10 mm dari ujung bead seperti

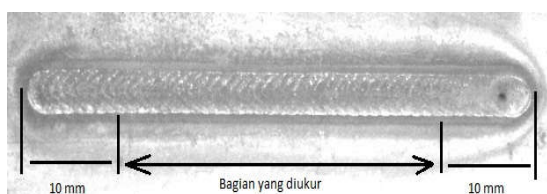
pada gambar 4. Hal ini bertujuan agar data pengukuran yang didapatkan stabil.

Tabel 4. Spesifikasi alat las

Mesin Las	GeKaMac PoWeR TIG 2200 AC/DC
Polaritas	DCEN
Gas Lindung	Argon 8-10 Liter/minute
Elektroda	EWP 2,4 mm diameter
Benda Kerja	SS 304
Arus	60 A
Kecepatan Pengelasan	1-2 mm/s
Jarak elektroda ke benda kerja	2 mm
Frekuensi	-
Mesin Las	GeKaMac PoWeR TIG 2200 AC/DC
Polaritas	DCEN
Gas Lindung	Argon 8-10 Liter/minute
Elektroda	EWP 2,4 mm diameter
Benda Kerja	SS 304
Arus	60 A
Kecepatan Pengelasan	1-2 mm/s
Jarak elektroda ke benda kerja	2 mm
Frekuensi	-



Gambar 3. Weld cap width dan root bead width [4]



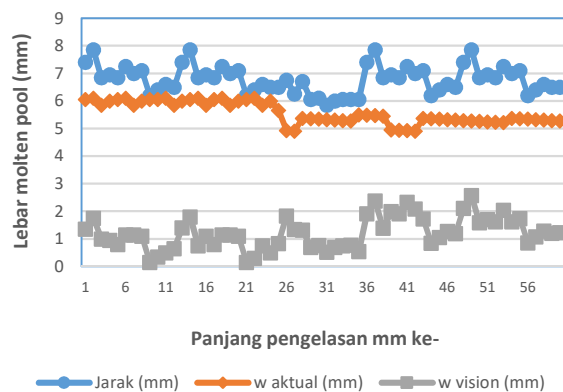
Gambar 4. Metode pengukuran hasil pengelasan [5]

Hasil dan Pembahasan

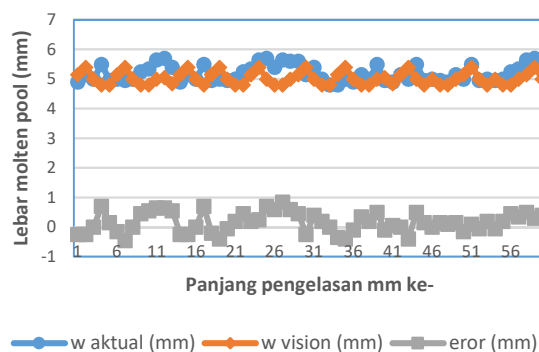
Hasil pengujian berupa hasil pengelasan oleh sistem dianalisis untuk beberapa kali pengambilan sampel untuk menilai akurasi dimensi lebar manik las. Setelah melakukan pengelasan dengan citra dan eksperimen, hasilnya kemudian dibandingkan untuk mengukur tingkat kebenaran dari simulasi yang dilakukan. Data yang dibandingkan berupa lebar manik atas dengan memvariasikan parameter berupa kecepatan saat pengelasan. Gambar 5 ditunjukkan contoh pelat hasil pengelasan pada kecepatan 2 mm/s. Gambar 6-8 ditunjukkan hasil perbandingan pengukuran kolam las (*molten pool*) pada kecepatan 1, 1.5 dan 2 mm/s. Error yang dihasilkan berupa selisih lebar manik las atas, dari hasil citra dan eksperimen kemudian dikaji dan dianalisis untuk diambil sebuah kesimpulan.



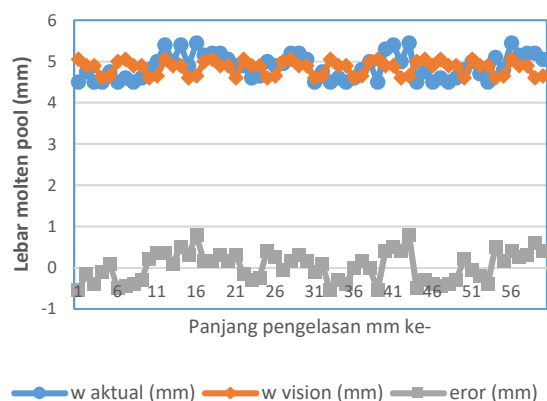
Gambar 5. Pelat hasil pengujian (v=2mm/s)



Gambar 6. Grafik perbandingan pengukuran *molten pool* hasil lasan dengan kecepatan 1 mm/s



Gambar 7. Grafik perbandingan pengukuran *molten pool* hasil lasan dengan kecepatan 1.5 mm/s



Gambar 8. Grafik perbandingan pengukuran *molten pool* hasil lasan dengan kecepatan 2 mm/s

Tabel 5. Rata-rata hasil akhir pembacaan

v (mm/s)	w actual (mm)	w vision (pixel)	w vision (mm)	Error (mm)	Standard deviation (mm)
1	6,55	56,00	5,57	1,21	0,39
1,5	5,20	54,00	5,03	0,30	0,21
2	4,95	52,00	4,85	0,31	0,17
Rata-rata	5,56	54,00	5,15	0,61	0,26

Tabel 5 merupakan rata-rata hasil pembacaan dari lebar kolom las actual dan melalui image processing/vision. Terjadi error yang mirip pada variasi kecepatan 2 dan 1,5 mm/s yaitu hanya terpaut 0,18 mm pada pembacaan vision dalam mm dan 2 pixel pada pembacaan pixel, pada variasi kecepatan 1mm/s terjadi perbedaan yang signifikan baik dari error maupun lebar kolom las (*molten pool*) yang terbentuk dengan variasi kecepatan yang lain. Perbedaan antara variasi kecepatan tidak terlepas dari properties material, hasil yang dihasilkan akan sangat mungkin untuk berbeda jauh apabila material yang digunakan berbeda pula. Dilihat dari hasil yang didapat dapat diketahui pula bahwa kecepatan pengelasan berbanding terbalik dengan lebar kawah las (*molten pool*) yang terjadi, hal ini disebabkan oleh perambatan panas yang berlangsung saat proses pengelasan, sifat konduktivitas termal material.

Kesimpulan

- Kecepatan pengelasan berbanding terbalik dengan lebar manik yang dihasilkan
- Besarnya arus pengelasan berbanding lurus dengan lebar manik yang dihasilkan.
- Lebar molten pool berdasarkan pembacaan vision didapat dari pengkalibrasian dari nilai pixel ke

nilai panjang dalam milimeter yaitu bernilai 0,0951 mm/pixel

- Hasil perbandingan pengukuran lebar actual vs lebar vision dengan performa terbaik terjadi pada variasi kecepatan 2 mm/s dengan lebar vision rata-rata lebar pembacaan 4,95 mm dengan error 0,31 mm dan standar deviasi sebesar 0,39 mm

Referensi

- [1] Welding and Joining Technology, Japan Welding Society, Tokyo, 2010.
- [2] Sri Widharto, Menuju Juru Las Tingkat Dunia, PT Pradnya Paramita, 2007.
- [3] Ario Sunar Baskoro, Tuparjono, Erwanto, Frisman S, Yogi A., Winarto.2011. Improvement of tungsten inert gas (TIG) welding penetration using the effect of electromagnetic field, Applied Mechanics and Materials, Volume 493, 2014, Pages 558-563.
- [4] Yogi Ardian. 2012. Analisis Peningkatan Penetrasi Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Pada Material Stainless Steel Dengan Memanfaatkan Medan Elektromagnetik. Skripsi.
- [5] Fauzian, A. 2013. Simulasi Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Pada Plat Stainless Steel Untuk Memprediksi Lebar Manik Las Dan Kedalaman Penetrasi Pengelasan. Skripsi