

Pengembangan Digital Measurement Software untuk Pengukuran Lebar Manik Las Berbasis Image Processing

Ario Sunar Baskoro, Muhammad Fakhri Andika, Mohammad Azwar Amat, Eko Prasetyo

ABSTRAK

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) merupakan salah satu teknologi pengelasan yang digunakan dalam berbagai macam industri dengan metode pengelasannya menggunakan elektroda tungsten untuk melelehkan logam. Pengelasan GTAW memiliki parameter input yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan. Parameter yang tidak tepat pun dapat menghasilkan cacat las yang dapat mengurangi kualitas sambungannya. Pada saat melakukan pengukuran hasil pengelasan dapat menggunakan sebuah mikroskop digital untuk mengukur lebar manik las. Proses pengukuran perlu dilakukan secara manual dengan mengukur spesimen las per segmen tangkapan kamera mikroskop. Sehingga penelitian ini mengembangkan sebuah algoritma pengukuran digital yang diharapkan dapat mempermudah proses pengukuran dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra. Pengukuran ini menggunakan mikroskop digital Dino-Lite untuk mengukur lebar manik las. Pengukuran ini menggunakan DinoCapture 2.0 untuk mengetahui rasio pembesaran kamera dan fokus kamera, lux meter untuk mengatur intensitas cahaya pada permukaan spesimen. Sedangkan untuk *software* yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python yang sudah banyak digunakan pada berbagai aplikasi termasuk machine vision. Dengan tambahan beberapa *library python*, maka dapat diukur geometri las dengan perhitungan jumlah pixel dari susunan intensitasnya. Pada pengukuran ini digunakan spesimen las yang bervariasi dari arus listrik 50 – 170 A dan polaritas berbeda DC dan AC. Dengan menggunakan algoritma yang dirancang, algoritma mampu mengukur beberapa spesimen secara akurat dengan persentase error terendah mencapai 0,08 %.

Keywords: *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), Pengukuran Digital, Pengolahan Citra, Lebar Manik Las, Python

PENDAHULUAN

Pengelasan dapat didefinisikan sebagai salah satu metode penggabungan (bersamaan dengan *forming*, *brazing*, dan *adhesive bonding*) sebuah material kerja berupa logam maupun non logam dengan memanfaatkan dua atau lebih bagian dengan menyatukan sisi kontak bagian-bagian tersebut dalam kondisi pemberian panas atau tekanan (atau keduanya). Proses penyatuan tersebut dilakukan dengan melelehkan benda kerja. Dengan adanya bantuan bahan pengisi (*filler*), maka paduan tersebut dapat menciptakan sebuah kolam las/*weld pool* yang didinginkan dapat membentuk sebuah manik las

dan mengikat dua bagian benda kerja (Vural, 2014).

Proses penyambungan logam dengan metode pengelasan telah banyak digunakan dalam berbagai dunia industri, antara lain sector industri kedirgantaraan, perkapalan dan konstruksi. Seiring berkembangnya teknologi pengelasan, bermunculan variasi metode-metode pengelasan khususnya untuk pengaplikasian yang spesifik tanpa mengurangi kualitas hasil lasan.

Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan di industri saat ini adalah metode pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), dimana GTAW memiliki karakteristik yang dapat dimanfaatkan untuk

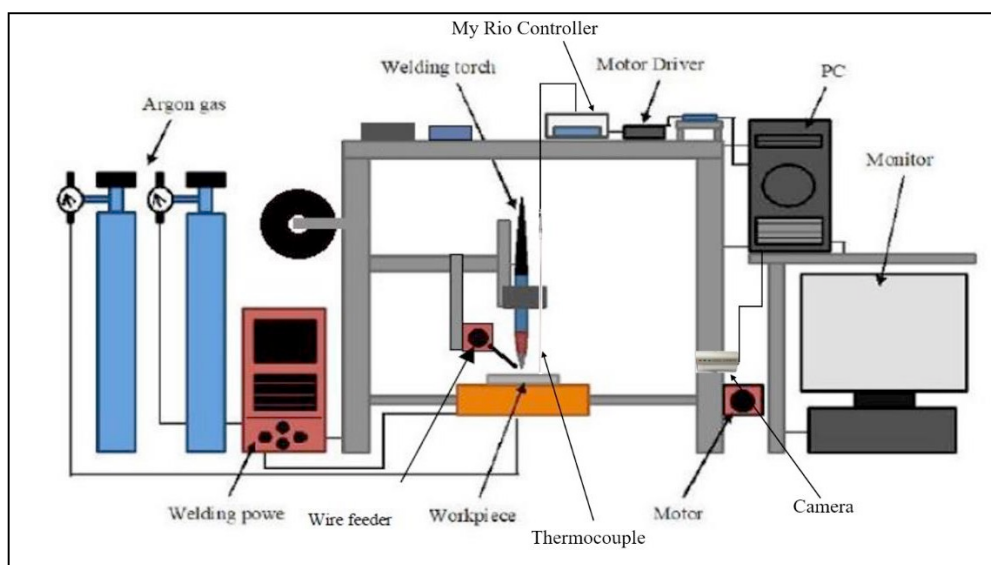
pengelasan material tipis baik *stainless steel* maupun *non-ferrous*, seperti aluminium, magnesium, dan *copper alloy* dengan elektroda non-consumable bermaterial tungsten guna memanaskan logam yang melindungi dari oksidasi udara kotor seperti gas helium (Messler, 2008)

Pada pengelasan GTAW terdapat parameter - parameter input yang dapat divariasikan sehingga dapat mempengaruhi hasil pengelasan yang ditinjau dari aspek *mechanical properties* dari sambungan las, antara lain *tensile strength*, *hardness* dan *impact*. Sehingga pemilihan parameter pengelasan yang tepat akan mengurangi atau menghindari timbulnya cacat las yang akan mempengaruhi kualitas hasil lasan, selain itu parameter juga berdampak langsung terhadap ukuran manik lasan seperti ketebalan dan lebar hasil lasan, serta kedalaman penetrasinya (Kutelu, dkk., 2018).

Penelitian ini menitikberatkan pada pengukuran lebar manik lasan karena lebar manik lasan dapat mempengaruhi sifat mekanik (*mechanical properties*) dari sambungan las. Pengukuran lebar manik lasan dilakukan terhadap pelat *stainless steel* 316 dengan *filler metal* ER1100 dan ER5356 dengan menggunakan mikroskop digital dan dibantu dengan pemrograman algoritma *image processing*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, diawali dengan langkah persiapan dengan mempersiapkan material uji berupa pelat SS316 berukuran 150mm x 50mm x 5mm, mesin las GTAW dan alat uji pendukung lainnya seperti terlihat pada Gambar 1.

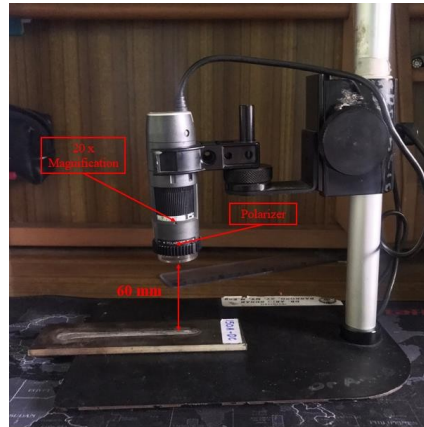


GAMBAR 1. Skema mesin las dan alat pengujian

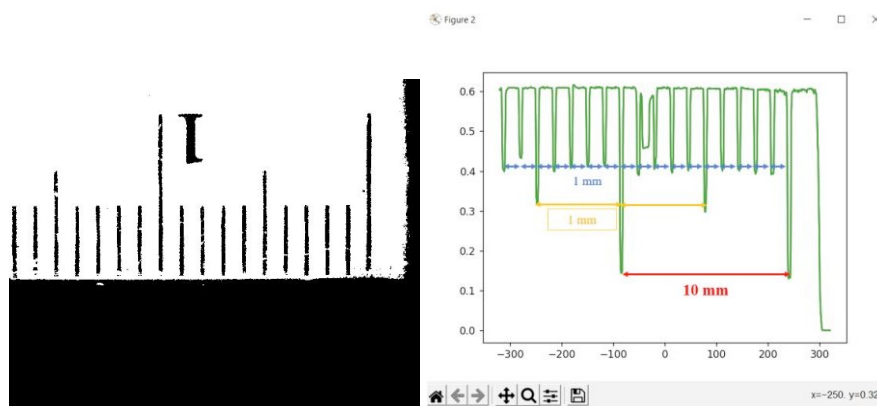
Selanjutnya dilakukan uji coba pengelasan dengan memvariasikan parameter pengelasan. Proses pengelasan GTAW diprogram secara otomatis dengan menggunakan dua buah filler metal yaitu ER5356 dan ER1100 yang terbuat dari aluminium pada pelat SS316 sebanyak 32 spesimen uji, sebuah gas pelindung argon pada flowrate konstan sebesar 11 L/menit, kecepatan pengelasan 3,125 mm/s dengan durasi pengelasan selama 30 detik. Langkah selanjutnya melakukan pengukuran lebar manik las dengan mikroskop digital Dino-lite dan algoritma pengukuran yang telah dirancang

terhadap 11 sampel dari 32 specimen uji yang memenuhi kriteria kualitas hasil lasan.

Pada tahapan pengolahan citra dan pengukuran lebar manik lasan terlebih dahulu dilakukan set up peralatan pengukuran untuk mengurangi kesalahan saat pengambilan gambar dan pengukuran lebar manik lasan. Selain itu untuk mendapatkan hasil pengukuran dengan algoritma yang akurat, maka diperlukan kalibrasi alat ukur dengan satuan/unit pixel dengan menggunakan penggaris baja yang diletakkan dibawah tangkapan mikroskop digital seperti terlihat pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Set up peralatan pengukuran



GAMBAR 3. Kalibrasi ukuran untuk mikroskop digital Dino-lite dan plot intensitasnya

Dari hasil kalibrasi alat ukur menjadi satuan/unit pixel diperoleh bahwa plot tersebut terdapat penurunan yang instan dan jika dibandingkan dapat dilihat bahwa plot tersebut menyerupai gambar aslinya dengan lonjakan dari skala kecil ke skala kecil lainnya akan

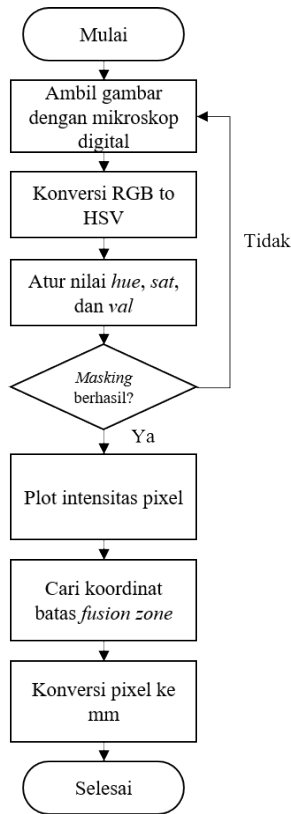
bernilai 1 mm, dan dari skala besar ke skala besar bernilai 10 mm. Untuk mendapatkan jarak 1 mm dalam satuan pixel, maka dilakukan nilai rata-rata panjang tiap 1 mm berdasarkan koordinatnya ke dalam Table 1 berikut ini.

TABEL 1. Panjang 1 mm dalam unit pixel

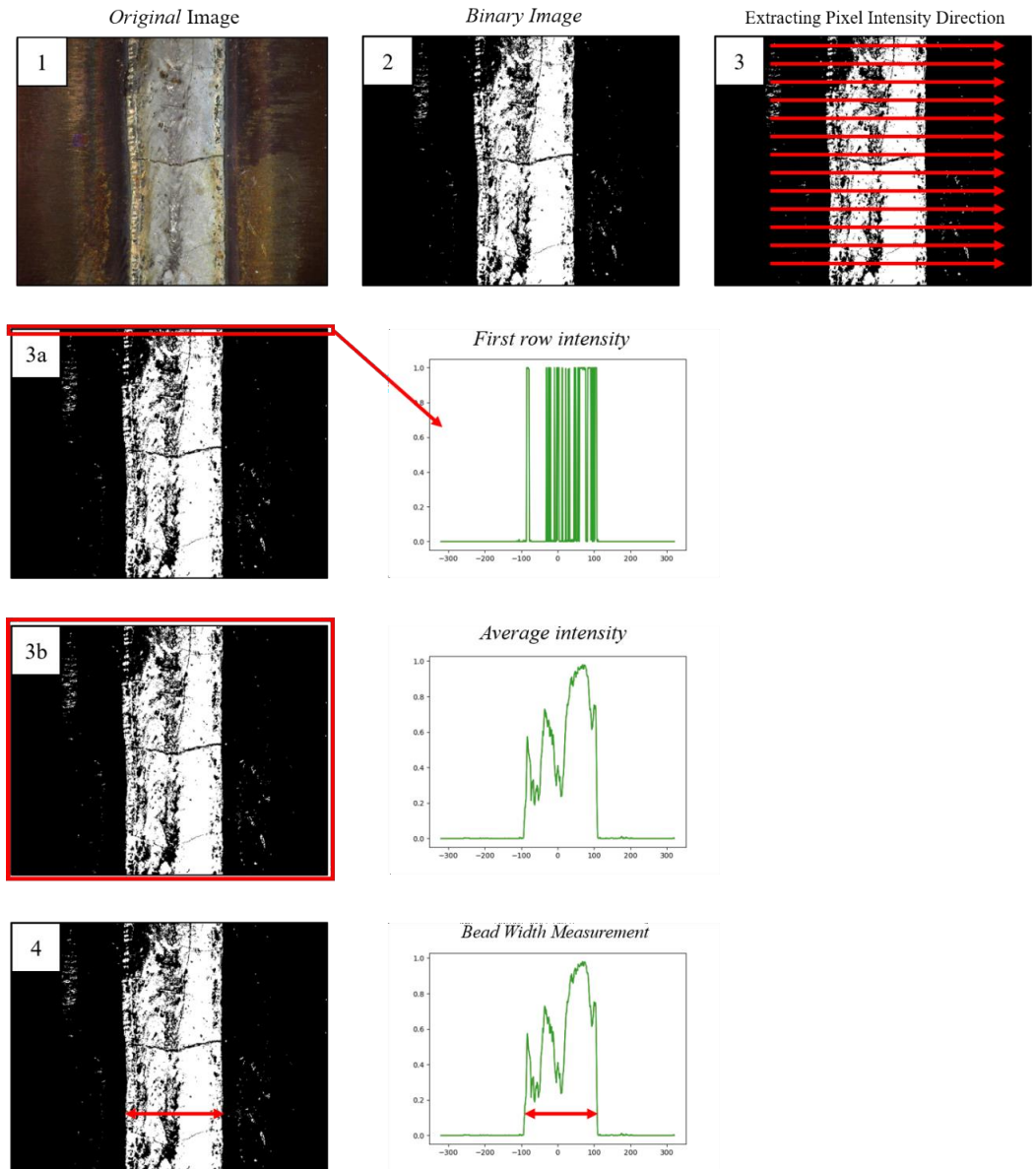
Posisi (sumbu-x) untuk satuan 1 mm		Panjang (px)
-310	-279	31
-213	-182	31
-182	-150	32
-150	-117	33
-53	-20	33
-20	14	34
14	45	31
111	143	32
143	175	32
175	206	31
Rata-Rata		32,1

Dari Table 1 dapat disimpulkan bahwa rata-rata ukuran 1 mm dalam unit pixel dengan parameter yang ditentukan tersebut bernilai 32 pixel.

Secara keseluruhan, proses pengolahan gambar menggunakan algoritma dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 4 berikut ini. Sedangkan untuk ilustrasi tahapan pengolahan citra ditunjukkan pada Gambar 5.



GAMBAR 4. Diagram alir algoritma pengukuran

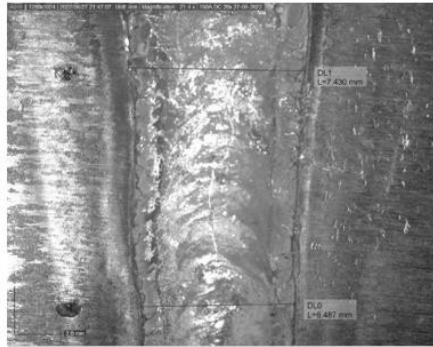


GAMBAR 5. Ilustrasi tahap pengolahan citra

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran specimen pengelasan SS316 dengan menggunakan mikroskop digital Dino-

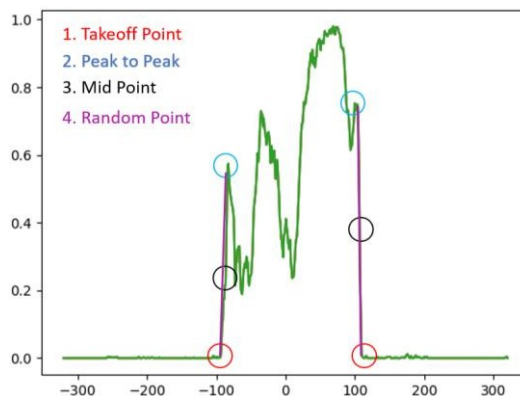
lite AM 4515ZT dengan jarak lensa ke permukaan pelat berjarak 60 mm, rasio magnifikasi 20 kali, resolusi gambar yang sama sebesar 1280 x 1024 pixel, dan 96 dpi, diperoleh hasil foto pada Gambar 6.



GAMBAR 6. Contoh tangkapan kamera mikroskop digital Dino-lite

Foto pada Gambar 6 merupakan foto yang telah dimodifikasi dimana *annotation* dihilangkan (resolusi, tanggal, unit rasio magnifikasi, dll) untuk mempermudah proses pengolahan citra. Untuk satu gambar specimen, diambil 10 titik untuk penarikan garis dimensi yang akan menjadi lebar manik lasan.

Pengukuran lebar manik lasan menggunakan algoritma diperlukan beberapa pendekatan untuk mempermudah pengukuran yaitu untuk menghitung lebar manik dari *takeoff point*, *peak to peak*, *mid point* dan *random point*. Ilustrasi dari pendekatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.

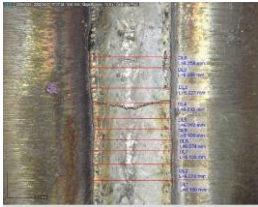
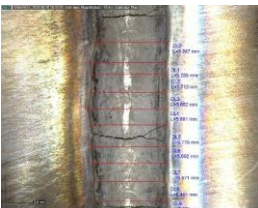


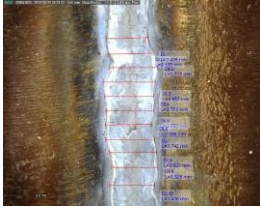
GAMBAR 7. Titik-titik pengukuran lebar manik dengan plot 150A DC ER1100

Berikut disampaikan hasil tangkapan mikroskop digital Dino-lite pada specimen

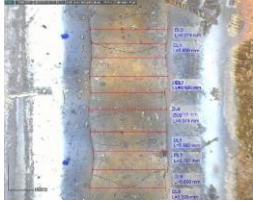
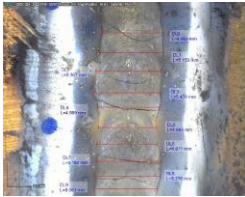
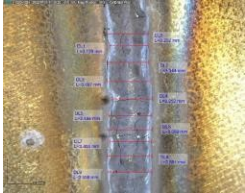
polaritas DC dengan dua jenis *filler metal* yang disajikan dalam bentuk Tabel 2 dan 3.

TABEL 2. Hasil pengukuran workpiece arus DC ER1100

Spesimen	Foto Manik Las	Lebar Manik (mm)
ER1100		6,1
		5,7

90 A		3,6
------	---	-----

TABEL 3. Hasil pengukuran workpiece arus DC ER5356

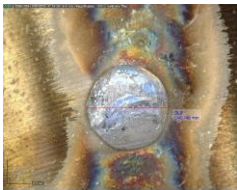
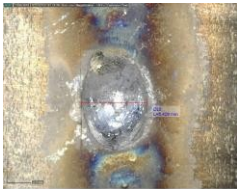
Spesimen	Foto Manik Las	Lebar Manik (mm)
160 A		6
130 A		5,1
110 A		3,4

ER5356

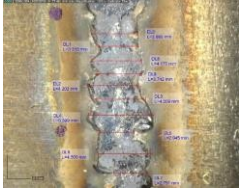
Selanjutnya pada pengelasan dengan polaritas AC untuk kedua buah *filler metal*, terdapat beberapa specimen yang gagal untuk di las, dikarenakan tidak terbentuknya manik lasan yang konsisten. Hal ini terjadi disebabkan busur

listrik terlalu panas sehingga filler metal meleleh terlalu cepat dan tidak dapat menyatu dengan workpiece yang akhirnya terjadi penggumpalan di sepanjang jalur pengelasan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5.

TABEL 4. Hasil pengukuran workpiece arus AC ER1100

Spesimen	Foto Manik Las	Lebar Manik (mm)
85 A		Tidak dapat diukur
77 A		Tidak dapat diukur

ER1100

75 A		4
------	---	---

TABEL 5. Hasil pengukuran workpiece arus AC ER5356

Spesimen	Foto Manik Las	Lebar Manik
110 A		Tidak dapat diukur
85 A		Tidak dapat diukur

ER5356

Berdasarkan data Tabel 4 dan 5 dapat terlihat bahwa pengelasan dengan arus DC lebih baik dibandingkan dengan arus AC. Hal ini terlihat pada arus DC tidak terjadi kegagalan dalam proses pengelasan sehingga lebar manik lasan untuk arus DC sudah pasti dapat diukur.

Jika dilihat dari hasil penggunaan *filler* yang sama, arus AC mendapatkan hasil pengukuran

lebar manik lasan lebih lebar dibandingkan arus DC.

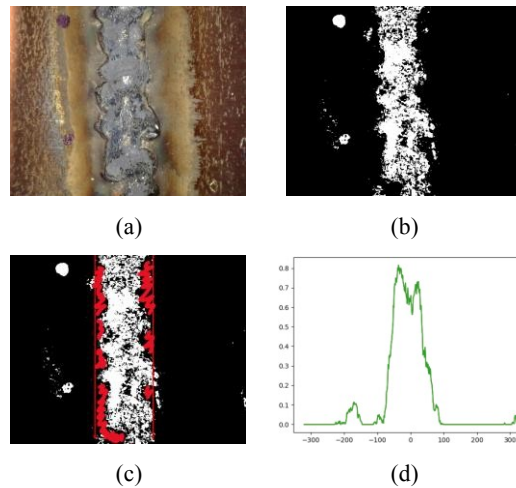
Pengukuran lebar manik las menggunakan algoritma dengan empat pendekatan yaitu *take of point*, *peak to peak*, *midpoint* dan *random point*, dan nilai rata-rata *error percentage* dari pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6. Lebar manik las menggunakan filler ER1100

Titik Pengukuran	Lebar manik las (mm)							Rata-Rata (%)
	150A DC	135A DC	90A DC	150A DC	130A DC	110A DC	75A AC	
<i>Take off</i>	3,7	4,9	42,7	22,7	19,1	17,1	37,1	21,0
<i>Random Point</i>	1,6	1,1	16,7	15,8	6,1	8,8	0,6	7,2
<i>Peak to Peak</i>	3	6,1	11,8	30	18,4	1,2	49,3	17,1
<i>Mid Point</i>	0,1	0,6	15,4	3,7	0,3	7,9	5,7	4,8

Dari Tabel 6 diperoleh informasi bahwa nilai *error percentage* terkecil sebesar 0,088241062 % terjadi pada *midpoint* spesimen 150A DC ER1100 dan nilai terbesarnya 49,3 % pada *peak to peak* spesimen 75A AC ER1100. Selanjutnya Tabel 6 menginformasikan pengukuran lebar manik lasan dengan nilai *error* terendah terjadi pada titik tengah antara *takeoff point* dengan *peak to peak point*. Titik pengukuran random point relative lebih rendah dibandingkan nilai titik yang lain, hal ini disebabkan pengambilan

nilai *random point* diukur antara puncak dengan titik lonjakan, sehingga memungkinkan titik yang diambil mendekati titik tengah atau titik paling akurat. Sedangkan nilai *error* tertinggi terdapat pada *takeoff point*, hal ini disebabkan akibat dari pengukuran dengan profil manik las yang tidak merata (tidak konsisten) seperti pada manik las 75A AC ER1100. Gambar 7 memperlihatkan pengaruh profil manik lasan terhadap pengukuran.



GAMBAR 8. Pengolahan citra manik lasan 75A AC ER1100

Pada Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa dalam membuat plot intensitas pixel dilakukan dari batas atas menuju baris bawah, sedangkan garis vertikal ditetapkan sebagai koordinat pengukuran lebar, maka akan banyak area kosong (berwarna hitam) yang dihitung sebagai fusion zone.

Selain itu, pada spesimen menggunakan *filler metal* ER5356 yang memiliki kandungan

magnesium, ketika dilas akan memproduksi warna keputihan pada sekitar manik las sehingga proses *masking* pada spesimen tersebut jauh lebih sulit dan tidak rapih karena algoritma tidak dapat membedakan atribut warna dari manik las dengan kandungan magnesium *filler metal*, seperti terlihat pada Gambar 9.



GAMBAR 9. Pengolahan citra manik lasan 130A DC ER5356

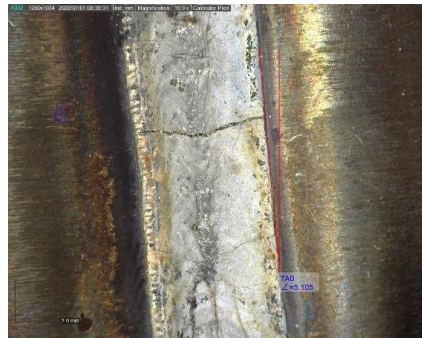
Aspek lain yang mempengaruhi hasil pengukuran dengan algoritma adalah kemiringan spesimen terhadap kamera mikroskop. Pada penelitian ini menggunakan

dua sudut kemiringan yaitu pada 5° dan 10° untuk manik 150A DC ER1100 dengan hasil pengukuran algoritma ditunjukkan pada Tabel 7.

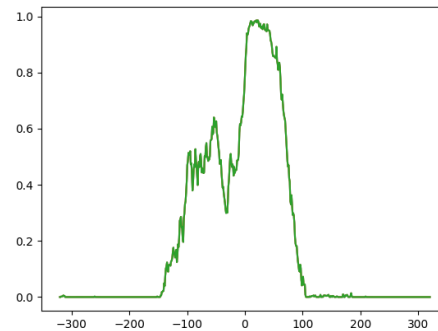
TABEL 7. Pengukuran dengan sudut kemiringan pada manik 150 DC

Kemiringan 5°					
	Koordinat		Jarak Pixel	Px to mm	Error
Take Off	-144	104	248	7,6	26,6
Random Point	-130	60	190	6	3
Peak to Peak	-99	53	152	4,8	22,4
Tengah-Tengah	-121,5	78,5	200	6,3	2,1
Kemiringan 10°					
	Koordinat		Jarak Pixel	Px to mm	Error
Take Off	-179	108	287	9	46,6
Random Point	-150	50	200	6,3	2,1
Peak to Peak	-100	20	120	3,8	38,7
Tengah-Tengah	-139,5	64	203,5	6,4	3,9

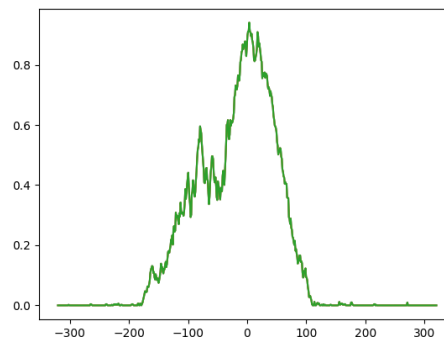
Jika dituangkan dalam bentuk foto dan grafik pengujian akan terlihat seperti pada Gambar 10



GAMBAR 10. Plot manik 150A DC ER1100 dengan kemiringan 5°



GAMBAR 11. Plot manik 150A DC ER1100 dengan kemiringan 10°



Dari kedua Gambar 10 dan 11 terlihat peningkatan *error percentage* yang signifikan,

serta pada intensitas pixel menjadi lebih lancip saat sudut kemiringan bertambah.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Arus input pengelasan mempengaruhi lebar manik lasan, Hal ini ditunjukkan dengan arus DC 150A ER1100 memiliki nilai lebar manik lasan terbesar yaitu 6,1 mm, sedangkan pada arus DC 160 ER5356 terjadi lebar manik lasan sebesar 6 mm.
2. Arus input pengelasan AC semakin besar arus maka lebar manik lasan tidak dapat diukur, dimana arus AC 85A dan 77A ER1100 tidak dapat diukur. Hal ini terjadi karena panas yang terdapat pada busur api menyebabkan filler metal meleleh terlalu cepat dan tidak menyatu dengan workpiece, sehingga membuat manik lasan yang terbentuk tidak konsisten (terjadi penggumpalan) yang menyebabkan kesulitan dalam mengidentifikasi bentuk manik lasan.

3. Penggunaan jenis filler metal sangat berpengaruh terhadap besarnya arus input pengelasan dan hasil lebar manik lasan.
4. Algoritma yang dirancang mampu mengukur lebar manik las GTAW untuk pelat SS316 dengan persentase *error* terendah sebesar 0,1 %, *error* tertinggi sebesar 49,1 %, dan titik paling akurat untuk mengambil koordinat pengukuran berada pada *midpoint* yaitu dengan nilai *error* sebesar 4,8 %

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengembangan Universitas Indonesia melalui pendanaan riset PUTI Q2 tahun 2022 dengan surat kontrak nomor NKB-680/UN2.RST/HKP.05.00/2022. dan seluruh pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan support untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanie, J., Oguocha, I.N.A., Yannacopoulos, S. (2012). Effect of submerged arc welding parameters on microstructure of SA516 steel weld metal, *Canadian Metallurgical Quarterly*, 51(1), 48–57.
- Kumar, V. (2011). Modeling of Weld Bead Geometry and Shape Relationships in Submerged Arc Welding using Developed Fluxes, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. 5(5), 461-470.
- Kutelu, B., Seidu, S., Eghabor, G., & Ibitoye, A. (2018). Review of GTAW Welding Parameters. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 06, 541-554.
- Lathabai, S. (2011). *Fundamentals of Aluminium Metallurgy: Joining of aluminium and its alloys*, Woodhead Publishing Ltd..
- Messler, R.W. (2004). *Principles of welding: processes, physics, chemistry, and metallurgy*. Wiley-VCH.
- Messler, R. W. (2008). *Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy*: Wiley.
- Phillips, D. H. (2016). *Welding Engineering: An Introduction, First Edition*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Singh, P. K., Kumar, P., Singh, B., and Singh, R. K., (2015). A review on TIG welding for optimizing process parameters on dissimilar joints” *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(2), 125-128.
- Vural, M. (2014). *Comprehensive Materials Processing. Welding Processes and Technologies*. Elsevier.
- Vyas, A. H. and Patel, R. M. (2017). A review paper on TIG welding process parameters, *International Journal for Scientific Research and Development*, 5(2), 1301–1304.

PENULIS:

Ario Sunar Baskoro

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Indonesia, Depok.

Email: ario@eng.ui.ac.id

Muhammad Fakhri Andika

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Indonesia, Depok.

Mohammad Azwar Amat

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Indonesia, Depok.

Eko Prasetyo

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Indonesia, Depok.