

Teknik Pemrosesan Gambar Digital pada Hasil Pengelasan TIG Aluminium Paduan untuk Aplikasi Pengukuran Lebar Manik Las

Mohammad Azwar Amat^{1,*}, Muhammad Luthfi¹

¹Perancangan Manufaktur, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia.

ABSTRAK – Proses deteksi tepian pada material aluminium 1100 hasil pengelasan *tungstent inert gas* (TIG) telah berhasil dikembangkan, kesulitan dalam proses deteksi tepi yang dikarenakan banyaknya pengotor dalam bentuk guratan vertikal pada *weld metal* bisa diatasi dengan menggunakan beberapa metode. Dari sekian metode yang digunakan *double thresholding* dan *hysteresis* memiliki peran dan kontribusi paling utama dalam proses pembersihan pengotor. Proses *hough transform* memerlukan pengaturan jumlah garis pertemuan untuk mendapatkan dua garis dengan nilai $\rho = (229, 146)$ dan $\theta = (1.582496, 1.553343)$. Metode 4 menjadi metode paling singkat pra-prosesnya hingga deteksi garis yaitu $GS > Gauss > Sobel > DT > Hys > HT$. Pada pengembangan selanjutnya pengembangan *interface* yang memudahkan untuk memvariasikan nilai *threshold* dan jumlah garis pertemuan kemudian proses kalibrasi skala pixel/mm atau pixel/cm perlu dilakukan.

Kata kunci: *Pengelasan, TIG, Manik las, Pengukuran otomatis, Pemrosesan gambar*

ABSTRACT – The process of edge detection on aluminum 1100 material as a result of welding tungstent inert gas (TIG) has been successfully developed, difficulties in the edge detection process due to the large number of impurities in the form of vertical streaks on the weld metal can be overcome using several methods. Of the many methods used, double thresholding and hysteresis have the most important role and contribution in the process of cleaning impurities. The hough transform process requires setting the number of meeting lines to get two lines with $\rho = (229, 146)$ and $\theta = (1.582496, 1.553343)$. Method 4 is the shortest method of pre-processing until line detection, namely $GS > Gauss > Sobel > DT > Hys > HT$. In further development, the development of an interface that makes it easy to vary the threshold value and the number of meeting lines, then the pixel/mm or pixel/cm scale calibration process needs to be carried out.

Keyword: *Weld, TIG, Weld bead, Automatic measurement, Image Processing*

Dikirim: 20 Juni 2023; Direvisi: 20 Juni 2023; Diterima: 20 Juni 2023

PENDAHULUAN

Pengelasan TIG atau dikenal sebagai *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), adalah sebuah proses pengelasan yang cukup populer digunakan untuk menyambung logam seperti baja dan aluminium [1]. Pengelasan TIG menggunakan elektroda tungsten yang tidak dapat dikonsumsi kemudian membuat busur panas yang dapat melelehkan logam dasar dan membentuk kolam las. Proses kolam las yang mendingin disebut sebagai proses solidifikasi, kemudian hasil lasan yang telah mengering akan memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda dari logam dasar. Hasil lasan ini disebut sebagai *weld bead* atau dalam bahasa disebut manik las [2]. Pada setiap penelitian pengelasan baik itu menggunakan TIG atau jenis pengelasan lainnya seperti MIG,

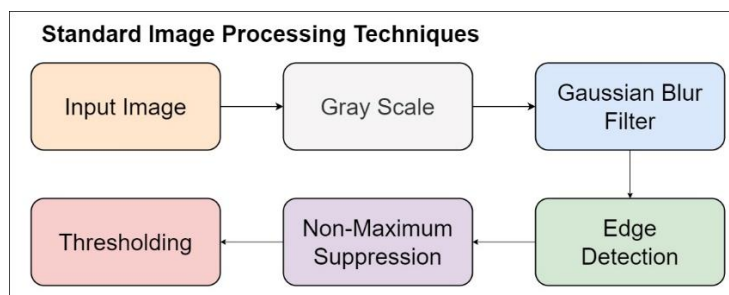
FSSW, RSW, SMAW atau Laser Welding, pengukuran manik las selalu menjadi variabel utama terukur untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh jika parameter las di variasikan [3-5].

Pengukuran manik las pada umumnya menggunakan proses pengukuran manual menggunakan jangka sorong. Pengukuran lebar manik las dengan alat ukur manual memiliki tingkat eror standar deviasi yang tinggi diakibatkan *human error*. Subjektifitas pengukuran dikarenakan kelelahan, ketidakteelitian mata, referensi titik awal yang tidak konsisten, lupa, dan sebagainya menjadikan presisi dan akurasi berkurang. Kemudian pengukuran manik las yang berukuran panjang berkisar 8 – 12 cm, membuat pengambilan data harus dilakukan dengan metode disikrit yaitu *sampling partisi* dengan membagi panjang manik dengan jumlah data yang akan diambil. Pengambilan data juga cukup melelahkan dan memakan waktu jika jumlah data persampel minimal 10 titik [6-8]. Maka untuk menyelesaikan permasalahan ini dengan mengaplikasikan pemrosesan gambar (*image processing*) untuk proses pengukuran lebar manik dapat menghemat waktu, tenaga, mengurangi potensi subjektifitas pada proses pengukuran sehingga meningkatkan akurasi.

Teknik pemrosesan gambar atau *image processing technique* banyak digunakan untuk mengekstrak fitur yang berbeda dalam sebuah gambar. Karena setiap gambar digital mengandung objek dan informasi yang berbeda, sehingga perlu dilakukan ekstraksi informasi dari gambar tersebut. Untuk melakukan ini pengambilan informasi dari gambar dapat dilakukan berbagai macam teknik pemrosesan gambar untuk mendeteksi fitur dari objek tersebut [9]. Metode yang bisa digunakan untuk mengukur lebar manik las adalah mengekstraksi informasi tepi garis pengelasan menggunakan *line detection algorithm* [10]. Dengan menggunakan *line detection* tepi garis pengelasan bisa didapatkan kemudian dapat dilakukan pengukuran lebar manik dengan mengukur jarak antara dua tepi yang bersebrangan. Sehingga pada penelitian ini akan dikembangkan perangkat lunak untuk diaplikasi sebagai alat ukur lebar manik las dengan metode *line detection algorithm*.

METODOLOGI

Pada penelitian ini, metode pengolahan citra yang digunakan untuk mendeteksi jalur tepian garis *bead width* atau manik las dapat dilihat pada gambar 1. Metodologi yang digunakan meliputi: (a) *input image*, (b) *gray image*, (c) *gaussian blur filter*, (d) *sobel edge detection*, (e) *non-maximum suppression*, and (f) *thresholding*.



Gambar 1. Teknik standar pemrosesan gambar [10]

Gray Scale

Gambar yang akan diolah atau disebut sebagai *input image* memiliki tiga macam warna yaitu, merah atau *red*, hijau atau *green*, dan biru atau *blue*, ketiga warna ini sering disingkat dengan RGB. Dalam pemrosesan gambar, *grey scaling* selalu digunakan untuk memudahkan proses pengolahan informasi pada gambar. *Gray scale* memuat data informasi mengenai intensitas cahaya pada sebuah gambar. *Gray scale* memiliki warna *monochrom* yaitu hitam-putih (*black and white*) dengan skala hitam 0 dan putih 255. Terdapat beberapa metode rasio untuk menghitung *gray scale* yang disebut sebagai *colormetric calculations*, beberapa jenis diantaranya pada sistem video: PAL/NTSC; ATSC; HDR. Rumus yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan sistem PAL/NTSC dengan metode YUV atau YIQ sebagai berikut,

$$Y' = 0.299 * R' + 0.587 * G' + 0.114 * B' \quad (1)$$

Noise Reduction: Gaussian Blur Filter

Setelah gambar diubah menjadi skala abu-abu atau *gray scale*, masih masih terdapat *noise* atau pengotor informasi. Sehingga, langkah selanjutnya adalah mengurangi *noise* gambar dengan menggunakan metode *Gaussian Filter*. Metode ini menggunakan matriks berukuran *convolved* (5×5) dengan rumus sebagai berikut,

$$H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2}\right); x = \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}; y = \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \\ -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \\ -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \\ -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \\ -2 & -1 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Gradient Calculation: Edge Detection

Untuk mendeteksi tepian pada sebuah gambar teknik perhitungan gradien sangat populer, beberapa tipe operator untuk mencari tepian atau kontur sebuah gambar yaitu, sobel operator, prewitt operator dan robert's operator. Sobel dan Prewitt operator menggunakan kernel 3×3 , sedangkan Robert's cross operator menggunakan kernel 2×2 .

Sobel Operator

$$Ks_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}; Ks_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Prewitt Operator

$$Kp_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}; Kp_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Robert's Operator

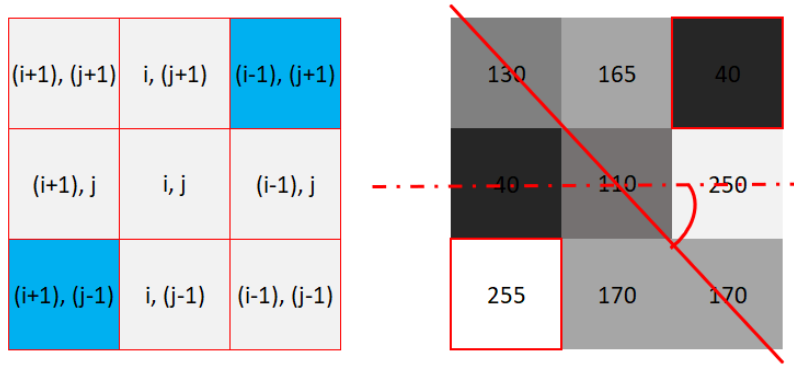
$$Kr_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}; Kr_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Setiap operator akan di *convolve* dengan gambar (*image*) untuk menghasilkan nilai G_x dan G_y kemudian menghitung magnitud G (*gradient*) untuk setiap koordinat dan kemiringan (*slope*) θ dari gradien. Berikut persamaan yang digunakan,

$$G_{ij} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}; \theta_{ij} = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3)$$

Non-Maximum Suppression

Non-maximum suppression (NMS) adalah teknik yang biasa digunakan dalam pemrosesan gambar (*image processing technique*) untuk menekan nilai atau fitur yang tidak maksimal dalam gambar atau peta fitur yang diberikan. Ini sering diterapkan pada berbagai tugas pemrosesan gambar, seperti deteksi tepi, deteksi sudut, dan ekstraksi fitur. Ide dasar di balik NMS dalam pemrosesan gambar adalah untuk mengidentifikasi dan mempertahankan hanya fitur maksimal lokal atau fitur yang menonjol sambil menekan atau menghilangkan sisanya. Contoh pada gambar dibawah ini dimana sudut yang didapatkan hasil dari perhitungan *edge detection* persamaan (3) digunakan pada NMS adalah -47° pada quadran empat dan daerah lokal yang ditekan menjadi intensitas 255 adalah daerah berwarna biru ($i-1, j+1$) dan ($i+1, j-1$). Wilayah sudut dibagi menjadi sudut 0 (rentang $0 - 22.5$ dan $157.5 - 180$), sudut 45 (rentang $22.5 - 67.5$), sudut 90 ($67.5 - 112.5$), sudut 135 (rentang $112.5 - 157.5$). Untuk sudut negatif selalu ditambahkan 180 derajat.



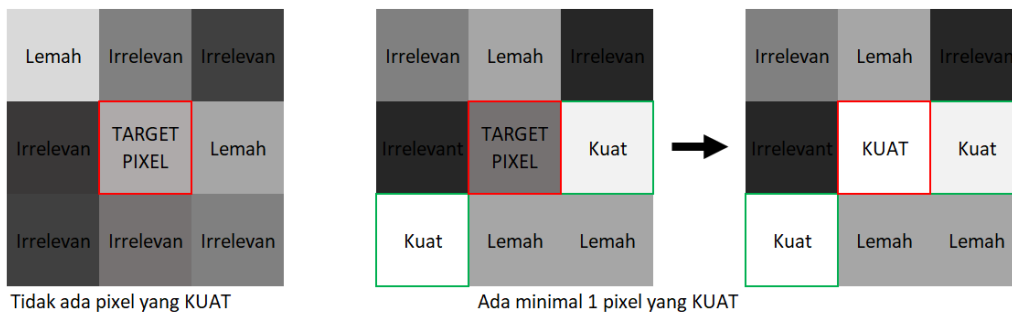
Gambar 2. Contoh penerapan metode NMS pada matriks *convolve* 3x3

Double Thresholding

Metode *thresholding* memisahkan gambar menjadi wilayah biner berdasarkan intensitas piksel. Ini dapat digunakan untuk segmentasi gambar atau ekstraksi fitur. Teknik *thresholding* yang umum termasuk global *thresholding*, adaptive *thresholding*, dan *thresholding* Otsu. Pada aplikasi ini menggunakan teknik *double thresholding* dimana rasio dibagi menjadi dua yaitu, *low threshold* dan *high threshold* sehingga terdapat tiga segmentasi yaitu intensitas kuat, lemah, dan tidak memiliki kaitan atau *irrelevant*. Nilai *threshold* bisa divariasikan secara bebas.

Edge Tracking by Hysterisis

Berdasarkan hasil *double thresholding*, teknik *hysterisis* mengubah piksel dengan kategori lemah menjadi kuat, dengan syarat matriks *convolve* 3x3 yang sedang diproses memiliki satu satu buah piksel yang berkategori kuat.



Gambar 3. Metode hysteresis pada pixel

Modified Normalization Method

Formula ini (MNM) sangat sederhana tetapi cukup *powerful* untuk meningkatkan intensitas piksel berwarna putih. Setiap nilai piksel pada gambar skala abu-abu (*grey scale image*) di kuadratkan kemudian di bagi dengan nilai tertinggi piksel pada gambar. Berikut formula yang digunakan,

$$P'_{ij} = \frac{P_{ij}^2}{max.value} \tag{4}$$

Hough Transform

Metode terakhir yang diaplikasikan adalah *hough transform*, setelah seluruh proses awal (*pre-processing method*) pengolahan citra/gambar, metode ini dipakai untuk mengekstraksi dan membuat garis lurus pada tepi manik las. Untuk mengetahui detail teori *hough transform* dan beberapa contoh implementasinya bisa dilihat di referensi berikut [11, 12].

Variasi Metode Pre-Processing

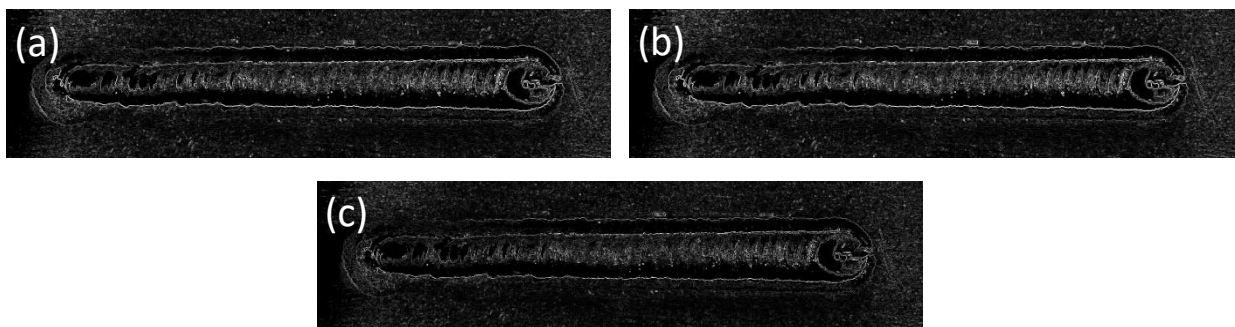
Metode terakhir yang diaplikasikan adalah *hough transform*, setelah seluruh proses awal (*pre-processing method*) pengolahan citra/gambar, metode ini dipakai untuk mengekstraksi dan membuat garis lurus pada tepi manik las.

1. Teknik standar
2. GS > Gauss > Sobel > MNM > NMS > DT > Hysterisis > HT
3. GS > Gauss > Sobel > MNM > DT > Hysterisis > HT
4. GS > Gauss > Sobel > DT > Hysteris > HT

Proses awal pengolah citra memiliki peran untuk menghasilkan gambar biner yang dapat dengan mudah mengidentifikasi garis tepi, terlebih titik putih pengotor (*salt*), teknik *double thresholding* dengan menentukan besaran nilai *threshold* bawah = 0.4 dan atas = 0.6 juga sangat krusial, sehingga variasi yang bisa dilakukan sangat luas. Pada artikel ini hanya satu jenis komposisi *threshold* saja dan membandingkan variasi metode untuk mendapatkan hasil *pre-process* yang diinginkan. Kemudian hasil *pre-process* dilakukan *hough transform* untuk mendapatkan *houghline* dan membuat garis tegas yang akan menjadi referensi pengukuran lebar manik las.

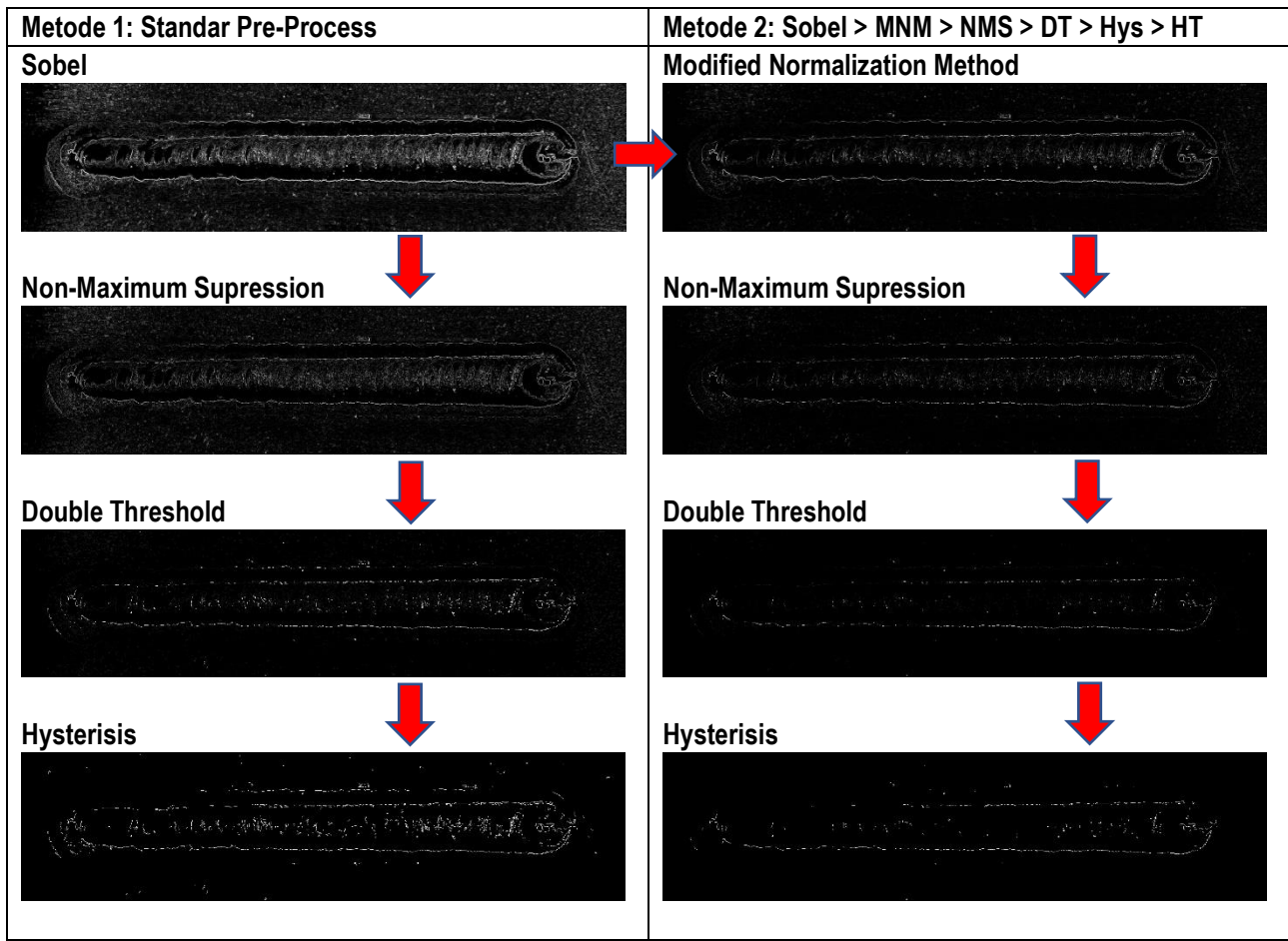
HASIL

Dua tahapan proses awal yaitu *gray scale* dan *gaussian blur* untuk keempat metode selalu sama, sehingga dapat eliminasi dan langsung pada tahap ketiga dan selanjutnya. Kemudian dari tiga pilihan operator yaitu sobel, prewitt, dan robert's dapat diidentifikasi pada gambar 4 dibawah ini,

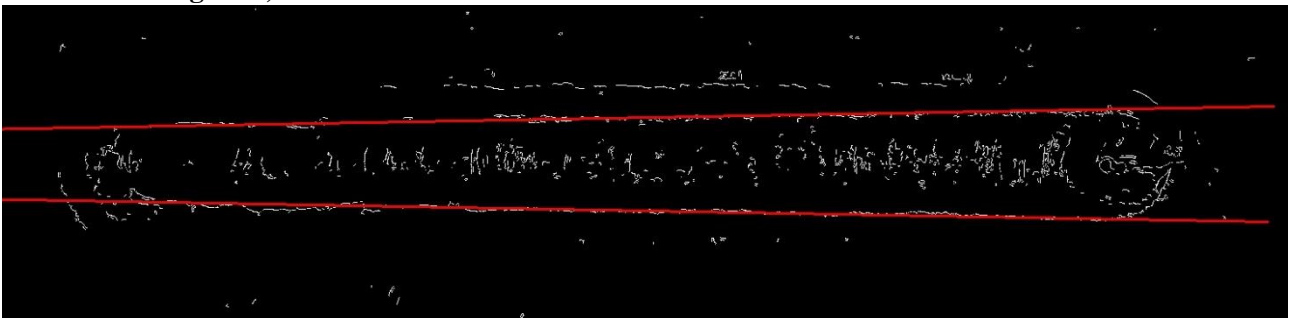


Gambar 4. (a) Sobel Operator, (b) Prewitt Operator, dan (c) Robert's Operator

Hasil gambar 4 memperlihatkan ketiga operator tidak terdapat perbedaan signifikan secara kasat mata dan ketiganya memiliki banyak pengotor putih didaerah tengah lasan. Walaupun secara intensitas garis putih dari operator Sobel dan Prewitt lebih tegas dan terang dibandingkan Robert's. Sehingga pada metode selanjutnya hanya digunakan Operator Sobel untuk mengurangi jumlah variasi pada penelitian ini. Gambar 5 dan gambar 6 memperlihatkan hasil pemrosesan gambar dengan metode satu hingga metode 4. Keempat metode mampu menghasilkan *houghline* pada tepi las.



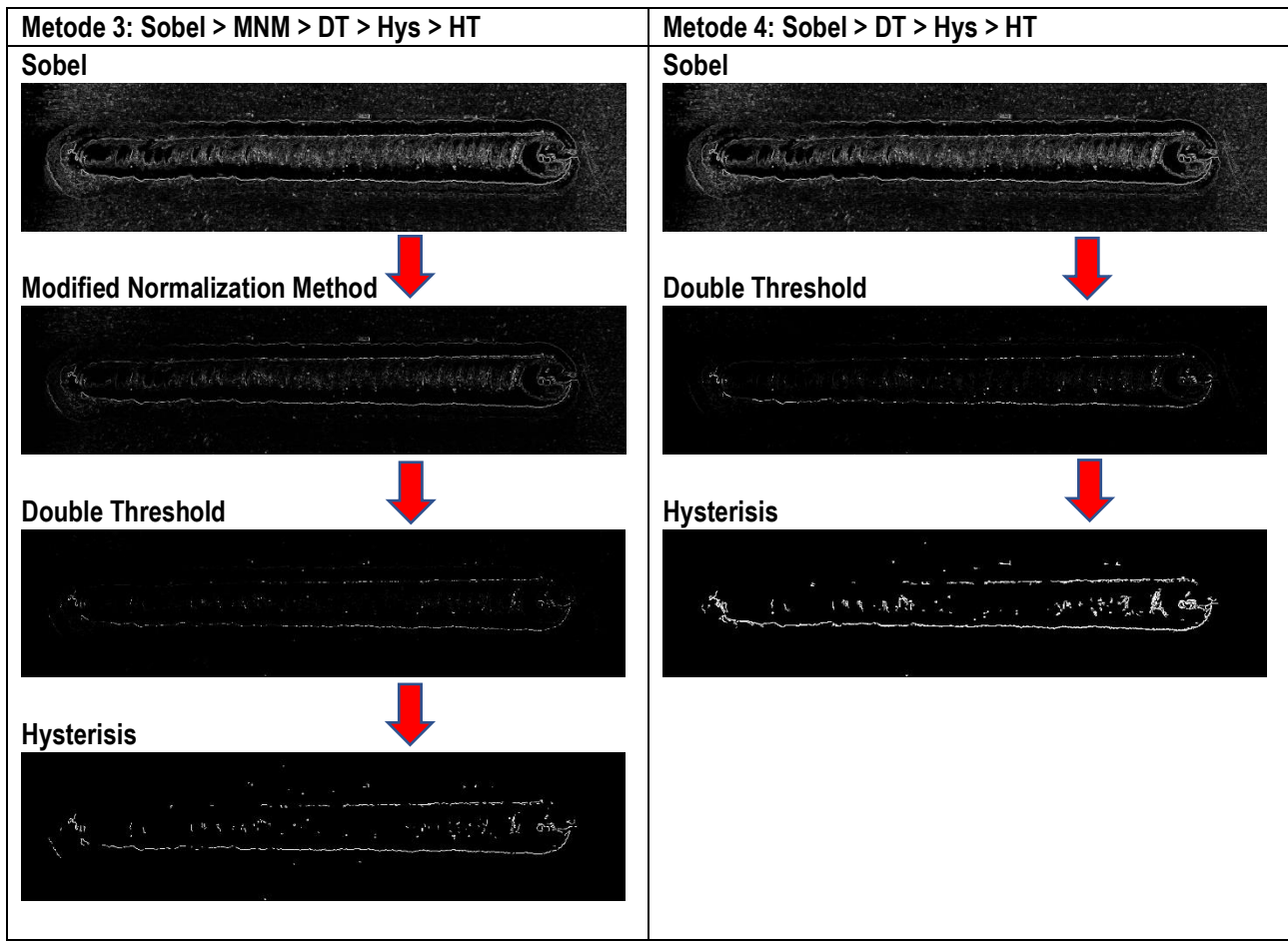
Metode 1: Houghline, number of intersection lines = 230



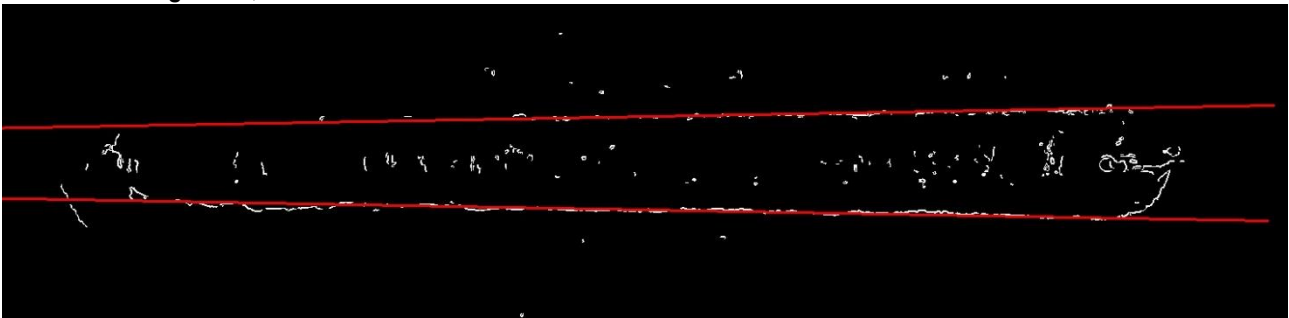
Metode 2: Houghline, number of intersection lines = 195



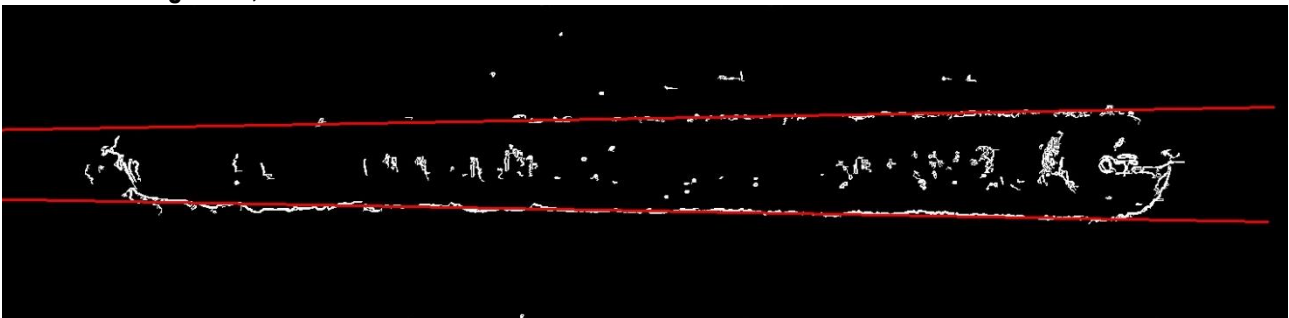
Gambar 5. Hasil pengolahan citra dengan metode 1 dan metode 2



Metode 3: Houghlines, number of intersection of lines = 208



Metode 4: Houghlines, number of intersection lines = 235



Gambar 6. Hasil pengolahan citra dengan metode 3 dan metode 4

Kontribusi dari metode MNM dan NMS memiliki peran yang hampir sama, tetapi MNM secara signifikan mampu mengurangi intensitas, pengotor dan tetap mempertahankan ketegasan warna garis putih. Kemudian digunakan *double thresholding* dan *hysteresis* yang memiliki peran dan kontribusi paling utama dalam proses pembersihan pengotor. Akan tetapi proses *thresholding* ini bersifat dinamis, yaitu mampu di variasikan untuk dicari nilai kombinasi bawah dan atas yang tepat sehingga mampu menampilkan tepi secara tegas dan mengurangi pengotor secara signifikan. Kemudian proses *hysteresis* meningkatkan intensitas dan ketegasan garis dan menghilangkan garis-garis lemah yang dihasilkan dari proses *double thresholding*.

Pada proses akhir menggunakan *hough transform* untuk mendapatkan *houghline* dengan mencari parameter jumlah garis pertemuan minimal yang dipergunakan untuk mendapatkan dua garis parametrik berwarna merah. Setiap kondisi gambar akhir yang berasal dari pra-proses kemudian dilakukan *hough transform* memiliki intensitas garis dan pengotor yang berbeda sehingga memerlukan jumlah garis pertemuan (*intersection line*) yang berbeda pula. Semakin tipis garis tepi dan sedikit pengotor semakin sedikit dibutuhkan garis pertemuan, dan sebaliknya. Tetapi perlu diingat, nilai tersebut memiliki batas maksimum yang berbeda, karena jika melebihi batas maksimum tersebut akan garis merah tepi yang terdeteksi hanya satu. Nilai max dan min tergantung dari karakteristik gambar input, sehingga tidak bisa dipukul rata, maka jumlah garis pertemuan sama seperti nilai *threshold* mampu divariasikan. Contoh gambar pada pengembang ini memiliki dua nilai *rho* dan *theta* yaitu $\rho = (229, 146)$ dan $\theta = (1.582496, 1.553343)$ radian untuk semua metode 1 hingga metode 4.

KESIMPULAN

Proses deteksi tepian pada material aluminum 1100 hasil pengelasan *tungstent inert gas* (TIG) telah berhasil dikembangkan, kesulitan dalam proses deteksi tepi yang dikarenakan banyaknya pengotor dalam bentuk guratan vertikal pada *weld metal* bisa diatasi dengan menggunakan beberapa metode. Dari sekian metode yang digunakan *double thresholding* dan *hysteresis* memiliki peran dan kontribusi paling utama dalam proses pembersihan pengotor. Proses *hough transform* memerlukan pengaturan jumlah garis pertemuan untuk mendapatkan dua garis dengan nilai $\rho = (229, 146)$ dan $\theta = (1.582496, 1.553343)$. Metode 4 menjadi metode paling singkat pra-prosesnya hingga deteksi garis yaitu $GS > \text{Gauss} > \text{Sobel} > \text{DT} > \text{Hys} > \text{HT}$. Pada pengembangan selanjutnya pengembangan *interface* yang memudahkan untuk memvariasikan nilai *threshold* dan jumlah garis pertemuan kemudian proses kalibrasi skala pixel/mm atau pixel/cm perlu dilakukan.

REFERENSI

1. A. S. Baskoro dkk., *Weld Geometry, Mechanical Properties, Microstructure and Chemical Composition of AA6063 in Tungsten Inert Gas Welding with Intermittent Controlled Wire Feeding Method*. Metals, 2021. **11**(2): p. 316-328.
2. A. S. Baskoro dkk., *Effects of tungsten inert gas (TIG) welding parameters on macrostructure, microstructure, and mechanical properties of AA6063-T5 using the controlled intermittent wire feeding method*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019. **105**: p. 2237 – 2251.
3. M. A. Amat dkk., *Pengaruh besaran arus dan kecepatan las terhadap angular distorsi pada SS304 dengan GMAW*. Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy, 2023. **3**(1): p. 16-22.
4. M. F. Arifardi dkk., *Development of 2-dimensional finite element modeling of resistance spot welding: 1st generation model electric-thermal coupled*. AIP Conference Proceedings, 2019. **2062**(1): p. 020-037.
5. A. S. Baskoro dkk., *Influence of welding parameters on macrostructural and thermomechanical properties in micro friction stir spot welded under high-speed tool rotation*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020. **106**: p. 163-175.
6. A. S. Baskoro dkk., *The effect of welding parameter on mechanical properties and macrostructure of AA1100 using autogenous TIG welding*. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 2020. **17**(1): p. 7562-7569.

7. A. S. Baskoro dkk., *Improving weld penetration by employing of magnetic poles' configurations to an autogenous tungsten inert gas (TIG) welding*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2018. **99**(5): p. 1603-1613.
8. A. S. Baskoro dkk., *Investigation of temperature history, porosity and fracture mode on aa1100 using the controlled intermittent wire feeder method*. Transdisciplinary Research and Education Center for Green Technologies, 2020. **7**(1): p. 86-91.
9. A. S. Baskoro dkk., *Development of interaction and orientation method in welding simulator for welding training using augmented reality*. IEEE - International Conference on Advanced Computer Science and Information System, 2014. p. 381-384.
10. M. A. Javeed dkk., *Lane Line Detection and Object Scene Segmentation Using Otsu Thresholding and the Fast Hough Transform for Intelligent Vehicles in Complex Road Conditions*. Electronics, 2023. **12**(5): p. 1079-1097.
11. Z. Zhang dan X. Ma, *Lane recognition algorithm using the hough transform based on complicated conditions*. Journal of Computer and Communications, 2019. **7**(11): p. 1079-1097.
12. X. Li dkk., *Vertical Lane Line Detection Technology Based on Hough Transform*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. **440**(3): p. 21-26.