

ABSTRAK

Pengelasan merupakan proses krusial di dunia industri manufaktur, namun sering kali dihadapkan pada permasalahan cacat pengelasan karena kompleksitas dan adanya ratusan titik las. Metode *Non-Destructive Testing* (NDT) menjadi pilihan untuk menguji kualitas hasil las tanpa merusak benda. Berkembangnya teknologi diikuti dengan pengujian NDT yang juga mengalami perubahan dengan penerapan komputer vision yang memungkinkan inspeksi secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas pengelasan SMAW menggunakan arsitektur jaringan YOLOv5 yang khusus dikembangkan untuk mendeteksi objek. Pendeteksian dilakukan dengan berbagai kombinasi jenis model YOLO (*small* dan *medium*) dan jumlah *epoch* (50 dan 100) dalam pelatihan. Hasil model tersebut kemudian diuji dengan *data test* untuk menilai performa secara nyata. Hasil deteksi diuji validitasnya secara manual dengan perbandingan satu-persatu, dan ditemukan 16 hasil prediksi yang benar dari total 21 prediksi. Hasil prediksi benar tersebut digunakan untuk mengukur keakuratan dari sistem deteksi dengan YOLOv5, dan didapatkan akurasi deteksi sebesar 76.2%, sedangkan keakuratan estimasi menghasilkan nilai MAPE 16.798%.

Kata kunci: YOLO, cacat las, deteksi, SMAW

ABSTRACT

Welding is a crucial process in the manufacturing industry, but it often faces challenges with welding defects due to its complexity and the presence of hundreds of welding points. Non-Destructive Testing (NDT) methods are preferred to assess the quality of welds without damaging the materials. With the advancement of technology, NDT testing has undergone changes, incorporating computer vision to enable automated inspections. This research aims to analyze the quality of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) using the YOLOv5 network architecture, specifically developed for object detection. Detection was performed with various combinations of YOLO models (small and medium) and epochs (50 and 100) during the training process. The model's performance was evaluated through testing, and manual validation was conducted with one-to-one comparisons, yielding 16 correct predictions out of 21 total predictions. The accurate prediction results are used to measure the accuracy of the detection system with YOLOv5, and it achieved a detection accuracy of 76.2%. Meanwhile, the estimation accuracy resulted in a MAPE value of 16.798%.

Keyword: YOLO, weld defect, detection, SMAW

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	2
1. 3 Tujuan Penelitian	2
1. 4 Batasan Masalah	3
1. 5 Manfaat Penelitian	3
1. 6 Metodologi Penulisan Skripsi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengelasan dan Proses Penyambungan.....	5
2.2 <i>Shielded Metal Arc Welding (SMAW)</i>	1
2.3 Cacat Pengelasan.....	7
2.4 Pengujian Tanpa Merusak (<i>Non-Destructive Testing</i>) dan Pengujian Merusak (<i>Destructive Testing</i>).....	13
2.5 <i>Image Processing</i>	17
2.6 <i>ImageJ</i>	18
2.7 Inspeksi Kualitas Pengelasan Secara Visual	18
2.8 <i>Convolutional Neural Networks (CNN)</i>	19
2.9 Metrik Evaluasi untuk Model	23
2.10 <i>Roboflow</i>	24
2.11 <i>YOLO (You Only Look Once)</i>	24

2.12 Penelitian Terkait	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Langkah Penelitian.....	30
3.2 <i>Dataset</i>	35
3.3 Arsitektur Sistem <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	35
3.4 Skenario Uji Coba.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Tahapan <i>Image Processing</i>	37
4.2 Performa Model	50
4.3 Mendeteksi dan Mengestimasi Luas Cacat dengan YOLOv5	51
4.4 Validasi dan Rekap rasio.....	56
4.5 Pembahasan.....	59
BAB V PENUTUP.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Pengelasan dan penyambungan	5
Gambar 2. 2	Prinsip kerja SMAW	2
Gambar 2. 3	Proses pengelasan busur	3
Gambar 2. 4	Klasifikasi elektroda	5
Gambar 2. 5	<i>Dryer oven</i> untuk elektroda	6
Gambar 2. 6	<i>Quivers</i> untuk membawa elektroda	6
Gambar 2. 7	<i>Incomplete fusion</i>	8
Gambar 2. 8	<i>Incomplete joint penetration</i>	9
Gambar 2. 9	<i>Underfill</i>	10
Gambar 2. 10	Beragam tipe retakan	11
Gambar 2. 11	Beragam tipe porositas	11
Gambar 2. 12	<i>Spatter</i>	12
Gambar 2. 13	Penggunaan <i>zero padding</i> dengan <i>stride</i> = 1	21
Gambar 2. 14	Operasi konvolusi pada citra dengan <i>filter</i> menggunakan <i>stride</i> = 1	21
Gambar 2. 15	Operasi <i>max pooling</i>	22
Gambar 2. 16	Operasi <i>Average pooling</i>	23
Gambar 2. 17	Struktur jaringan dari YOLO	26
Gambar 3. 1	<i>Flowchart</i> penelitian.....	30
Gambar 3. 2	Pengambilan gambar hasil las	32
Gambar 3. 3	Arsitektur sistem inspeksi semi otomatis berbasis YOLOv5	35
Gambar 4. 1	Tahapan <i>image processing</i>	37
Gambar 4. 2	Pembersihan spesimen las	38
Gambar 4. 3	Proses pengambilan gambar spesimen pengelasan	38
Gambar 4. 4	Foto hasil pengambilan gambar	39
Gambar 4. 5	Hasil pelabelan bersama inspektor las	39
Gambar 4. 6	Proses pelabelan untuk cacat <i>undercut</i> di <i>Roboflow</i>	40
Gambar 4. 7	Proses pelabelan untuk cacat <i>spatter</i> di <i>Roboflow</i>	41
Gambar 4. 8	<i>Pre-processing</i> dengan <i>Roboflow</i>	42
Gambar 4. 9	Ekspor <i>dataset Roboflow</i>	44
Gambar 4. 10	<i>Loading</i> saat proses ekspor <i>dataset</i>	44
Gambar 4. 11	Kode untuk mengakses <i>dataset</i> melalui API	45
Gambar 4. 12	Hasil akhir pada <i>data train</i>	45
Gambar 4. 13	Hasil akhir foto di <i>data test</i>	46

Gambar 4. 14 Jumlah label per kategori.....	47
Gambar 4. 15 Hasil pelatihan	48
Gambar 4. 16 <i>Precision</i> model YOLOv5m <i>epoch 100</i>	51
Gambar 4. 17 <i>Recall</i> model YOLOv5m <i>epoch 100</i>	51
Gambar 4. 18 Proses deteksi dan estimasi luas cacat.....	52
Gambar 4. 19 Hasil salah satu deteksi cacat.....	55
Gambar 4. 20 Foto hasil deteksi cacat.....	56
Gambar 4. 21 Foto <i>data test</i> berlabel di <i>Roboflow</i>	56
Gambar 4. 22 Mengatur skala per 1 mm mistar	58
Gambar 4. 23 Pengukuran manual luas cacat dengan <i>ImageJ</i>	58
Gambar 4. 24 <i>Validation set metrics</i> . (a) <i>precision</i> . (b) <i>recall</i> . (c) <i>mAP</i>	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Pengelasan dan penyambungan, tipe energi yang digunakan dan singkatannya.....	0
Tabel 2. 2	Metode NDT untuk deteksi cacat dan pemantauan kondisi	15
Tabel 2. 3	Peta penelitian.....	28
Tabel 3. 1	Skenario percobaan.....	36
Tabel 4. 1	Metode <i>preprocessing</i> yang diterapkan.....	41
Tabel 4. 2	Metode augmentasi yang diterapkan	43
Tabel 4. 3	Spesifikasi perangkat keras	46
Tabel 4. 4	Spesifikasi perangkat lunak	47
Tabel 4. 5	Perbandingan hasil prediksi dan seharusnya pada <i>data validation</i>	48
Tabel 4. 6	Waktu pelatihan model	50
Tabel 4. 7	Nilai metrik hasil pelatihan.....	50
Tabel 4. 8	Hasil validasi untuk <i>testing</i> data <i>test</i>	57
Tabel 4. 9	Hasil rekap luas setelah validasi	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode program <i>training</i>	68
Lampiran 2 Kode program <i>testing</i>	72