PENGARUH VARIASI *TRAVEL SPEED* TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN *WELD DEFECT* PADA PENGELASAN MATERIAL SS400 DENGAN METODE PENGELASAN GMAW

Mochamad Yogho Wage Prakoso[1], Ir. Iis Siti Aisyah[2], Dini Kurniawati[3]
Universitas Muhammadiyah Malang[1,2,3]
e-mail: yoghowp@gmail.com [1], siti@umm.ac.id [2], dini@umm.ac.id [3]

ABSTRACT

GMAW is a welding method that is often used in the welding world. The welding method can affect the quality of the welding both in terms of the strength of the material structure and the quality of a product that uses the material being welded. In this research, the process uses the GMAW (Gas Metal Arc Welding) welding method by looking at the effect of variations in travel speed on tensile strength and weld defects in welding SS400 material. The tests used include visual tests, magnetic particle tests, ultrasonic tests, and tensile tests (tensile tests). In this test, three travel speed parameters were used, namely 3.6 mm/second, 4.4 mm/second, and 4.8 mm/second. In this research, the tensile test results were obtained, it was found that the greatest tensile strength was obtained by a travel speed of 4.4 mm/second with a UTS of 550 Mpa, then the moderate tensile strength was obtained by a travel speed of 4.8 mm/second with a UTS of 548 Mpa, and the lowest tensile strength was obtained by 3.6 mm/sec with a UTS of 546 Mpa. The results show that a travel speed of 4.4 has a greater tensile strength, while the lowest is a travel speed of 3.6 mm/sec. Then, as for the visual test results, it was found that the test piece had the most welding defects (welding reject), namely 3.6 mm/second, including Excess Wire, Root Underfill, Excessive Penetration, Start Stop, and Incomplete Penetration defects. Then, the number of welding defects currently occurring is 4.4 mm/second, including Start Stop, Incomplete Penetration, Spatter and Incomplete Fusion defects. Meanwhile, the lowest number of defects was 4.8 mm/second, including defects with incomplete penetration, spatter and start stop. In the Magnetic Particle Test (MT) and Ultrasonic Test (UT) tests, no discontinuity was found at any travel speed.

Keywords: *GMAW, Non-destructive Test, Uji Tarik,* SS400

ABSTRAK

GMAW merupakan salah satu metode pengelasan yang sering digunakan dalam dunia pengelasan. Metode pengelasan dapat mempengaruhi kualitas pengelasan baik dari segi kekuatan struktur material maupun kualitas suatu produk yang menggunakan material yang dilas. Pada penelitian ini proses menggunakan metode pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dengan melihat pengaruh variasi travel speed terhadap kekuatan tarik dan weld defect pada pengelasan material SS400. Pengujian yang digunakan diantaranya adalah visual test, magnetic particle testing, ultrasonic testing, dan uji tarik (*tensile test*). Pada pengujian ini terdapat tiga parameter travel speed yang digunakan yaitu 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. Pada penelitian ini diperoleh hasil uji tarik, ditemukan bahwa kekuatan tarik terbesar diperoleh oleh *travel speed* 4.4 mm/sec dengan UTS sebesar 550 Mpa, kemudian kekuatan tarik tersedang diperoleh oleh travel speed 4.8 mm/sec dengan UTS sebesar 548 Mpa, dan kekuatan tarik terendah diperoleh oleh 3.6 mm/sec dengan UTS sebesar 546 Mpa. dari hasil yang ditunjukan *travel speed* 4.4 memiliki kekuatan tarik yang lebih besar sedangkan yang paling terendah adalah travel speed 3.6 mm/sec. kemudian adapun hasil visual test ditemukan hasil *test piece* yang memiliki cacat pengelasan (*welding defect*) terbanyak adalah 3.6 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *Excess Wire, Root Underfill, Excessive Penetration, Start stop, dan Incomplete Penetration*. Kemudian, jumlah *defect* pengelasan sedang adalah 4.4 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *Start Stop, Incomplete Penetration, Spatter, dan Incomplete Fusion*. Sedangkan, jumlah *defect* tersedikit adalah 4.8 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *incompleted penetration, spatter,* dan *start stop*. Pada pengujian *Magnetic particle Test* (MT) dan *Ultrasonic Test* (UT) tidak ditemukan diskontinuitas dari setiap *travel speed*.

Kata kunci: GMAW, Non-destructive Test, *Uji Tarik,* SS400

ISSN 2775-5630

PENDAHULUAN

Pengelasan adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam dunia *Construction and Manufacturing*. Pengelasan memiliki beragam jenis serta metode penggunaannya, salah satunya adalah GMAW. *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) merupakan salah satu jenis tipe pengelasan yang sering digunakan di industri. Pengelasan cair merupakan cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar [1]. Salah satu variable yang perlu diperhatikan pada proses pengelasan adalah kecepatan pengelasan atau *Travel Speed*. *Travel Speed* merupakan parameter las yang krusial dan diduga mampu mengurangi adanya cacat las [2]. Pengujian cacat las pada penggunaan CO2 murni diketahui paling banyak adalah *Undercut* dan *Incomplete Fusion*, sedangkan pada gas pelindung campuran (Argon + CO2) ditemukan cacat las yang paling banyak adalah *Undercut, Incomplete Fusion*, dan *Over Spatter* yang dapat disebabkan oleh *Travel Speed* atau kecepatan las yang terlalu tinggi [3].Tidak dapat dipungkiri, kecepatan pengelasan atau *Travel Speed* menimbulkan *Welding Defect* yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan diantaranya *Spatter* (percikan pengelasan), *Incomplete Fusion, Undercut, Surface Concavity*, dan *Welding Defect* lainnya. *Welding Defect* pada pengelasan dapat memberikan dampak yang buruk pada hasil pengelasan, khususnya dapat melemahkan sambungan sehingga sambungan tersebut menimbulkan adanya *Critical Weld Zone* atau zona kritis pada sambungan pengelasan. Adapun metode yang digunakan untuk mengetahui diskontinuitas jenis cacat las. Metode tersebut adalah *Non-Destructive Test* atau metode pengecekan tanpa merusak benda.

TINJAUAN PUSTAKA

Gas Metal Arc Welding

Pengelasan GMAW adalah suatu proses pengelasan yang menggunakan gas sebagai media pelindung *weld metal* dari pengaruh udara luar [4].Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda [5].Dalam indsutri pengelasan GMAW acap kali dipakai pada baja tahan karat sebab mempunyai gas pelindung yang bertujuan untuk meminimalisir proses oksidasi ketika pengelasan [6].

Travel Speed/Welding Speed

Travel Speed merupakan parameter las yang krusial dan diduga mampu mengurangi adanya cacat las [2].Berdasarkan pernyataan tersebut bahwa parameter *Travel Speed* sangat penting jika dilakukan dengan benar atau sesuai dengan prosedur yang digunakan. Untuk menentukan kecepatan las menggunakan rumus kecepatan pengelasan yaitu panjang lelehan batang (daerah las) dibagi waktu penyalaan busur [7]. Kecepatan pengelasan yang terlalu cepat, logam lasan menjadi dingin terlalu cepat, menyebabkan bentuk deposit las menjadi kecil dengan puncak yang runcing. Sebaliknya, jika kecepatan perjalanan terlalu lambat, deposit las bertumpuk-tumpuk menjadi terlalu tinggi dan lebar. Kecepatan yang sesuai adalah bila menghasilkan deposit las baik, dengan tinggi maksimal sama dengan diameter elektoda dan lebar tiga kali diameter elektroda [8].

Non-Destruvtive Test (*NDT*)

Non-Destructive Test (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji untuk mencari cacat pada benda dengan tidak merusak atau menghancurkan benda uji tersebut [9].*Non-Destructive Test* bertujuan agar dapat mengetahui indikasi diskontinuitas pada material apakah material tersebut memiliki cacat atau *Defect*. Terdapat beberapa metode dalam NDT yang paling umum digunakan diantaranya adalah *Penetrant Test* (PT), *Magnetic Particle Test* (MT), *Ultrasonic Testing* (UT), dan *Radiography Test* (RT). NDT memiliki keunggulan yang dimana metode ini memungkinkan inspeksi yang akurat dan mendalam tanpa memerlukan kerusakan atau penghancuran terhadap objek yang diuji.

Visual Test (VT)

Untuk menjaga kuliatas atau mutu dalam hasil pengelasan, dibutuhkan langkah inspeksi salah satunya adalah *Visual Test* (VT). *Visual test* adalah bagian dari inspeksi untuk mendeteksi defect atau cacat las yang timbul setelah proses pengelasan. Pengujian ini hanya membutuhkan seorang ahli inspeksi las untuk mengamati *specimen* hasil pengelasan [10].

Magnetic Particle Testing (MT)

Magnetic Particle Test merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengujian tidak merusak (NDT), dengan metode ini cacat pada permukaan (*Surface*) dan di bawah permukaan (*Subsurface*) suatu

benda dari bahan *Ferromagnetic* dapat diketahui dan diinspeksi [11]. Prinsip kerja dari MT adalah dengan melihat adanya kebocoran magnet sehingga dapat mendeteksi adanya diskontinuitas pada material yang diuji. Terdapat dua metode jenis pada *Magnetic Particle Test* (MT) diantaranya adalah metode basah dan kering.

Ultrasonic Testing

Beberapa metode *Non-Destructive Test* (NDT) yang paling umum digunakan adalah *Ultrasonic Testing* (UT). Metode ini bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik pada sambungan las dan mengukur waktu pantulan gelombang dari permukaan las dan cacat di dalam las [12]. Gelombang yang diterima ini dapat diukur intensitasnya, waktu perambatan atau resonansi yang ditimbulkan sehingga pada umumnya pemeriksaan ultrasonik ini didasarkan pada perbedaan intensitas gelombang yang diterima serta waktu perambatannya [13].

Welding Defect

Weld Defect adalah suatu kejadian penurunan kualitas hasil pengelasan dikarenakan proses pengelasan yang tidak sempurna [14]. Cacat pengelasan dibagi dalam 3 kategori yaitu cacat *Visual* (*spatter, surface porosity, pin hole, surface cracks, surface cold lap, surface concavity, surface undercut, surface underfill, excessive reinforce ment, wide bead, stop start, dan high low*), cacat *Non visual* (*root porosity, root concavity, root cracks, blow hole, incomplete penetration, excessive penetration, excess wire, root undercut dan root underfill*) dan cacat *internal* (*slag inclusion, slag lines, internal porosity, worm holes, internal cold lap, incomplete fusion, internal crack, hollow bead, aligned porosity, dan heavy metal inclusion*) [15].

Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/matrial dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [16]. *Output* yang dihasilkan pada pengujian tarik adalah rekayasa data kekuatan tarik. Melalui uji tarik ini, kita dapat mengevaluasi karakteristik mekanik dari sambungan pengelasan, seperti kekuatan tarik maksimal, regangan, dan daya lentur [17]. Kekuatan tarik meningkat seiring bertambahnya jumlah jalur per sisi [18]. Adapun paper dari Ni, Y., Fu, L., & Chen, H. (2019). *Effects of travel speed on mechanical properties of AA7075-T6 ultra-thin sheet joints fabricated by high rotational speed micro pinless friction stir welding* menyatakan bahwa sifat mekanik secara bertahap meningkat seiring dengan peningkatan *travel speed*.

Baja SS400

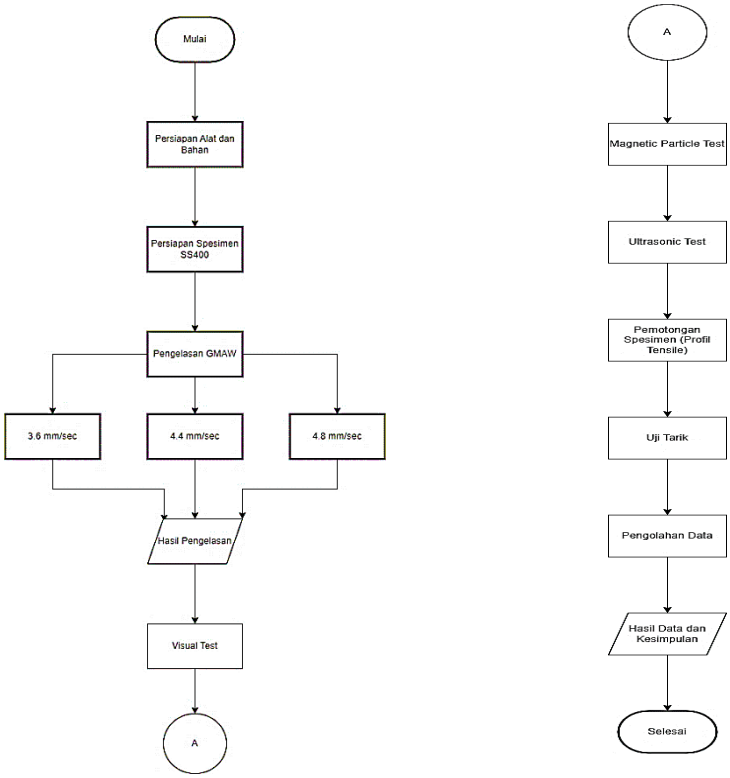
Baja merupakan perpaduan besi dan berbagai komponen yang komposisi karbonnya sangat mempengaruhi sifat-sifatnya [19]. Baja SS 400 merupakan salah satu jenis karbon rendah yang umumnya dinamakan *mild steel* yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30% dan tensile strength sekitar 400N/mm2 [20]. *Mild steel* telah banyak digunakan dalam domestik dan industri karena sifatnya yang sangat baik [21].

METODE

Pada bagian metode, adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian. Diantara pengujian tersebut adalah Visual Test, Magnetic Particle Tes, Ultrasonik Test, dan Uji Tarik. Berikut adalah diagram alir serta metode pengujian yang dilakukan.

Diagram Alir

Adapun pada penelitian ini didapatkan diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Parameter Pengelasan

Pada penelitian yang dilakukan, adapun parameter yang digunakan. Berikut adalah parameter tersebut:

Tabel 1. Parameter Pengelasan

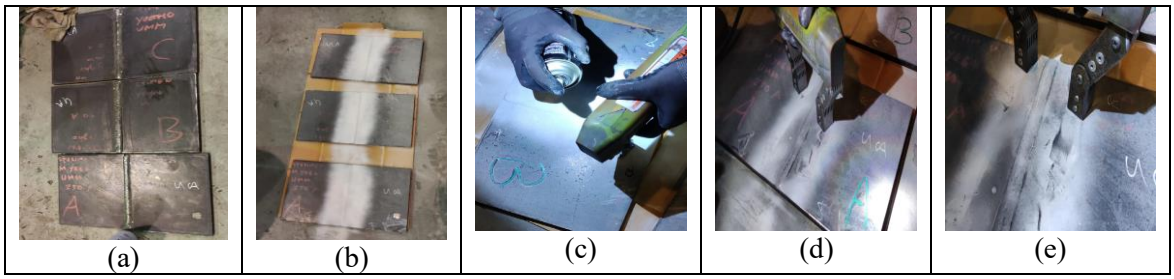
No.	***Current*** **A**	***Voltage*** **V**	***Travel Speed mm/sec***
1.	250	30	3.6
2.	250	30	4.4
3.	250	30	4.8

Tahap Pengujian *Non-Destructive Test* (NDT)

Pengujian *Non-Destructive Test* yang dilakukan adalah *Visual Test* (VT), *Magnetic Particle Test* (MT) dan *Ultrasonic Test* (UT). Berikut adalah prosedur yang dilakukan pada pengujian *visual test*, MT dan UT pada *test piece* 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec.

1. *Visual Test*
   Pada pengujian ini diperlukan adanya visual test dikarenakan dengan visual test dapat mengidentifikasi adanya cacat las yang tampak akibat pengaruh setelah pengelasan.

2. *Magnetic Particle Test*
   Pada pengujian *Magnetic Particle Test* (MT), adapun prosedur yang digunakan dalam proses *Non-Destructive Test* (NDT). Berikut adalah prosedur yang digunakan dalam proses *Magnetic Test*.


(a) (b) (c) (d) (e)

Gambar 2. A) Mempersiapkan Spesimen, b) Menyemprotkan WCP pada Spesimen, c) Menyemprotkan Particle dan magnetisasi pada spesimen 3.6 mm/sec, d) Menyemprotkan Particle dan magnetisasi pada spesimen 4.4 mm/sec, dan e) Menyemprotkan Particle dan magnetisasi pada spesimen 4.8 mm/sec
Sumber: Dokumen Pribadi

3. *Ultrasonic Test*

Pada pengujian Ultrasonic Test yang dilakukan pada test piece 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. Adapun prosedur yang dilakukan, berikut adalah prosedur Ultrasonic Test yang dilakukan.



(a) (b) (c) (d) (e)

Gambar 3. A) Mempersiapkan Spesimen, b) Proses Remarking atau Penandaan pada Spesimen, c) melakukan test UT pada spesimen 3.6 mm/sec, d) melakukan test UT pada spesimen 4.4 mm/sec, e) melakukan test UT pada spesimen 4.8 mm/sec
Sumber: Dokumen Pribadi

Pengujian Tarik (Uji *Tensile*)

Adapun uji tarik yang dilakukan pada test piece 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. Untuk mengetahui kekuatan tarik maksimal atau *Ultimate Tensile Strength* (UTS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan, didapatkan hasil pengujian pada pengaruh *travel speed* terhadap kekuatan tarik dan *weld defect*. Berikut adalah pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 4. Spesimen dalam proses penarikan (uji tensile)

Pembahasan Uji Tarik

Pada pengujian yang dilakukan, adapun jumlah sampel yang digunakan berjumlah dua dari masing-masing *test piece* 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. Berikut adalah hasil dari pengujian *tensile* (uji tarik) yang dilakukan.

ISSN 2775-5630

Tabel 2. Perbandingan Besar Kekuatan Tarik pada *Travel Speed* 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec

No.	***Travel Speed*** **Mm/sec**	***Ultimate Tensile Strength*** **Mpa**
1.	3.6 mm/sec	546 Mpa
2.	4.4 mm/sec	550 Mpa
3.	4.8 mm/sec	548 Mpa

Berdasarkan pengujian kekuatan tarik yang diperoleh terhadap *travel speed* 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. ditemukan bahwa kekuatan tarik terbesar diperoleh oleh *travel speed* 4.4 mm/sec dengan UTS sebesar 550 Mpa, kemudian kekuatan tarik tersedang diperoleh oleh travel speed 4.8 mm/sec dengan UTS sebesar 548 Mpa, dan kekuatan tarik terendah diperoleh oleh 3.6 mm/sec dengan UTS sebesar 546 Mpa. dari hasil yang ditunjukan *travel speed* 4.4 memiliki kekuatan tarik yang lebih besar sedangkan yang paling terendah adalah travel speed 3.6 mm/sec.

Pembahasan Visual Test

Berikut perbandingan pengaruh variasi Travel Speed test piece 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec terhadap Weld Defect pada baja SS400 dengan metode *Visual Test* (VT).

Tabel 3. Perbandingan Jumlah Defect Travel Speed 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec

No.	***Travel Speed***	**Jenis *Defect***	**Total *Defect***
1.	3.6 *mm/sec*	*Excess Wire* *Root Underfill* *Excessive Penetration* *Start stop* *Incomplete Penetration*	5
2.	4.4 *mm/sec*	*Start Stop* *Incomplete Penetration* *Spatter* *Incomplete Fusion*	4
3.	4.8 *mm/sec*	*Incompleted Penetration* *Spatter* *Start Stop*	3

Perbandingan jumlah *defect visual test* (vt) pada *test piece travel* speed 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. Ditemukan hasil *test piece* yang memiliki cacat pengelasan (welding defect) terbanyak adalah 3.6 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *Excess Wire, Root Underfill, Excessive Penetration, Start stop, dan Incomplete Penetration*. Kemudian, jumlah *defect* pengelasan sedang adalah 4.4 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *Start Stop, Incomplete Penetration, Spatter, dan Incomplete Fusion*. Sedangkan, jumlah *defect* tersedikit adalah 4.8 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *incompleted penetration, spatter,* dan *start stop*.

Pembahasan Magnetic Particle Test


(a)


(b)


(c)

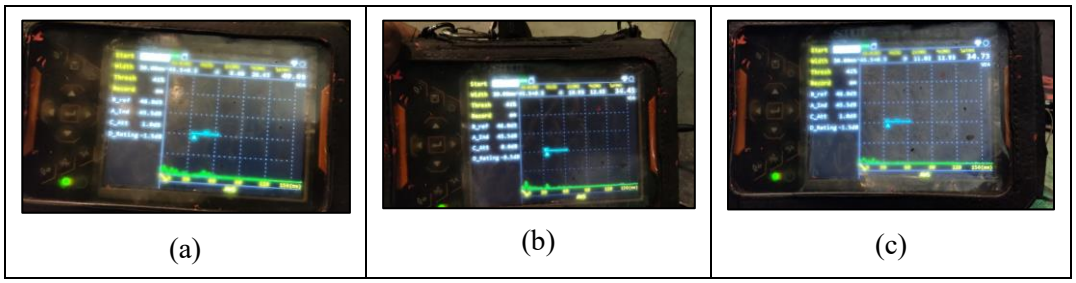
Gambar 5. a) Hasil MT spesimen 3.6 mm/sec, b) Hasil MT spesimen 4.4 mm/sec, dan c) Hasil MT spesimen 4.8 mm/sec
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan pengujian MT yang telah dilakukan terhadap spesimen travel speed sebesar 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec ditemukan bahwa, pada masing-masing spesimen tidak ditemukan adanya indikasi

linear maupun rounded. Sehingga, spesimen tersebut menunjukan bahwa hasil las-lasan dalam kondisi yang baik.

Pembahasan Ultrasonic Test

Berikut adalah hasil berdasarkan pengujian yang telah dilakukan



(a) (b) (c)

Gambar 6. Hasil UT spesimen 3.6 mm/sec, b) Hasil UT spesimen 4.4 mm/sec, dan c) Hasil UT spesimen 4.8 mm/sec

Berdasarkan pengujian UT yang telah dilakukan terhadap spesimen travel speed sebesar 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec ditemukan bahwa, pada masing-masing spesimen tidak ditemukan adanya indikasi linear. Sehingga, spesimen tersebut menunjukan bahwa hasil las-lasan dalam kondisi yang baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa pengujian yang telah dilakukan terhadap kekuatan tarik dan weld defect pada travel speed 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. Diperoleh kesimpulan yaitu semakin besar travel speed akan meningkatkan kekuatan tarik kemudian semakin rendah travel speed akan menurunkan kekuatan mekanik pada spesimen. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ni, Y., Fu, L., & Chen, H. (2019). *Effects of travel speed on mechanical properties of AA7075-T6 ultra-thin sheet joints fabricated by high rotational speed micro pinless friction stir welding* menyatakan bahwa sifat mekanik secara bertahap meningkat seiring dengan peningkatan *travel speed*. Berdasarkan pernyataan tersebut bahwa sifat mekanik secara bertahap meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan gerak atau travel speed. Pada pengujian yang dilakukan, kekuatan tarik yang diperoleh terhadap *travel speed* 3.6 mm/sec, 4.4 mm/sec, dan 4.8 mm/sec. ditemukan bahwa kekuatan tarik terbesar diperoleh oleh *travel speed* 4.4 mm/sec dengan UTS sebesar 550 Mpa, kemudian kekuatan tarik tersedang diperoleh oleh travel speed 4.8 mm/sec dengan UTS sebesar 548 Mpa, dan kekuatan tarik terendah diperoleh oleh 3.6 mm/sec dengan UTS sebesar 546 Mpa. dari hasil yang ditunjukan *travel speed* 4.4 memiliki kekuatan tarik yang lebih besar sedangkan yang paling terendah adalah travel speed 3.6 mm/sec. kemudian adapun visual test yang dilakukan, ditemukan hasil *test piece* yang memiliki cacat pengelasan (welding defect) terbanyak adalah 3.6 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *Excess Wire, Root Underfill, Excessive Penetration, Start stop, dan Incomplete Penetration*. Kemudian, jumlah *defect* pengelasan sedang adalah 4.4 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *Start Stop, Incomplete Penetration, Spatter, dan Incomplete Fusion*. Sedangkan, jumlah *defect* tersedikit adalah 4.8 mm/sec diantaranya adalah jenis cacat *incompleted penetration, spatter,* dan *start stop*. Sehingga jumlah defect terbanyak diperoleh oleh *travel speed* 3.6 mm/sec, tersedang 4.4 mm/sec dan terendah diperoleh oleh *travel speed* 4.8 mm/sec. Adapun pengujian MT dan UT yang menunjukan bahwa tidak ada indikasi diskontinuitas yang terdapat pada setiap spesimen. Oleh sebab itu hasil las-lasan sangat baik dan didukung oleh faktor welder yang teruji.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Hanggara BA dan HMR. Pengaruh Posisi Pengelasan SMAW dengan Variasi Posisi Elektroda E3086 terhadap Kekuatan Impak pada Stainless Steel AISI 304. *PISTON*. 2019;4(1).

[2]. Nurdiansyah WH. *PENGARUH VARIASI ARUS DAN TRAVEL TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN CuNi 90/10 DENGAN METODE*.; 2018.

[3]. Iqiyat Tillah R, Imawan PS, Pranatal E, Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan J, Teknologi Adhi Tama Surabaya Jl Arief Rachman Hakim I. *PENGARUH VARIASI JENIS GAS PELINDUNG PADA PENGELASAN FCAW DENGAN MATERIAL SS 400*.; 2020.

[4]. Fakri Z, Juhan N. *Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan GMAW Terhadap Ketangguhan Sambungan Baja AISI 1050 (Analysis of the Effect of the GMAW Welding Current on the Toughness of the AISI 1050 Material Welding Joints)*. Vol 1.; 2019.

[5] Budiarsa IN. *Pengaruh Besar Arus Pengelasan Dan Kecepatan Volume Alir Gas Pada Proses Las GMAW Terhadap Ketangguhan Aluminium 5083*. Vol 2.; 2008.

[6] Dieto Krisanggoro A, Teknologi Adhi Tama Surabaya I. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan III (SENASTITAN III) Surabaya*.; 2023.

[7] Heri Sunaryo. *TEKNIK PENGELASAN KAPAL JILID 1 SMK*.; 2008.

[8] Fahmy R, Hendroprasetyo W. *STUDI PENGARUH ROOT GAP TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA SAMBUNGAN LAS PELAT ASTM A36*.; 2015.

[9] Endramawan T, Haris E, Dionisius F, et al. APLIKASI NON DESTRUCTIVE TEST PENETRANT TESTING (NDT-PT) UNTUK ANALISIS HASIL PENGELASAN SMAW 3G BUTT JOINT. *J Teknol Terap* |. 2017;3(2).

[10] Rinanto N, Wahyudi MT, Khumaidi A, et al. Radial Basis Function Neural Network sebagai Pengklasifikasi Citra Cacat Pengelasan. 2018;11(2):118-131.

[11] Yunianto B, Wicaksana P, Sudharto J, UNDIP Tembalang K, Tengah J. *Analisis Cacat Hasil Pengelasan Pada Pipa ASTM A106 Grade B Menggunakan Magnetic Particle Test Dan Liquid Penetrant Test Di Workshop Las Dan Inspeksi PPSDM Migas Cepu*. Vol 25.; 2023.

[12] Firman MC, Wangsa F. ANALISA PENGARUH VARIASI KAMPUH TERHADAP PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST 37 MENGGUNAKAN PENGUJIAN ULTRASONIC TESTING (UT) DAN PENGUJIAN BENDING. *J MESIN Mater MANUFAKTUR DAN ENERGI*. 2023;3(1).

[13] Rahayu S. *ANALISIS RISIKO KEBOCORAN OFFSHORE PIPELINE METODE FAULT TREE ANALYSIS DAN USG*. 2023.

[14] Suryaningsih F dan AR harun. ANALISIS CACAT PADA PLAT CARBON STEEL MENGGUNAKANSOFTWARE ISEE UNTUK HASIL FILM IMAGING PLATE(IP). *PRIMA*. 2017;14(1).

[15] Welding Preparation & Inspection. Published online 2022.

[16] Rullah AA, Ahmad F, Nasution K, Studi P, Mesin T. Analisa Respon Mekanis Bahan Fiber Flastik Jok dengan Metode Uji Tarik (TENSILE TEST). *JITEKH*. 2023;11(1):31-40.

[17] Putra JRA dan HMA. ANALISIS MODEL DAN SIMULASI PADA UJI TARIK PENGELASANKAMPUH I DAN ELEKTRODA E6013. *Pros Semin Nas Tek UISU*. 2023;6(1).

[18] Abtan NS, Yagoob JA, Shukri AM. Study the effect of welding pass number on the mechanical and metallurgical properties of Aluminum type Al 1050 H14 produced by friction stir welding. *Tikrit J Eng Sci*. 2021;28(4):1-13. doi:10.25130/tjes.28.4.01

[19] Ghofar A, Nizar Zulfika D, Rijanto A. PERBANDINGAN PENGELASAN SMAW DENGAN PREHEATING DAN NON-PREHEATING TERHADAP NILAI KEKERASAN PADA SAMBUNGAN BAJA SS400. *Appl Sci Eng Technol*. 2023;2(1).

[20] Aditya Noormansyah F, Jokosisworo S, Amiruddin W. JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisis Pengaruh Salinitas Terhadap Laju Korosi Merata Baja SS 400 Dengan Variasi Ketebalan Coating. *J Tek Perkapalan*. 2023;11(3). https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval

[21] Fayomi OSI, Olusanyan D, Ademuyiwa FT, Olarewaju G. Progresses on mild steel protection toward surface service performance in structural industrial: An Overview. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2021;1036(1):012079. doi:10.1088/1757-899x/1036/1/012079

[22] Ni, Y., Fu, L., & Chen H. Effects of travel speed on mechanical properties of AA7075-T6 ultra-thin sheet joints fabricated by high rotational speed micro pinless friction stir welding. *J Mater Process Technol*. Published online 2019. doi:https://doi.org/10.1016/J.JMATPROTEC.2018.10.006