

Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V,X,I pada Pengelasan SMAW terhadap Baja Karbon Medium

Sukarno^{1*}, Muhammad Halim Asiri², Mardin³

1*) Magister Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
sukarnosh06@gmail.com

2) Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

3) Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

One of the welding methods that is widely used is the SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding process which is also called Electric Arc Welding. SMAW welding is mostly chosen because the process is easy, economical and the results of the weld are also reviewed for good mechanical and physical properties. Parameters that affect the welding process are the material being welded, the electrode used, the welding current, the position of the welding and the welding machine used. The purpose of this study was to determine the results of the tensile and bending strength of several types of V, X, I welded SMAW joints on medium carbon steel. The analytical method used is the calculation and testing of the simplest NDT (Non Destructive Test) method, namely penetrant test, tensile test, and bending test. The test results and calculations show that based on the results of the V,X,I tensile strength test on SMAW welding, the results obtained from the JIS S50C carbon steel tensile strength, where the raw material specimen exceeds the V,X,I strain and seam stress so that the maximum tensile strength results specimens decreased.

Keywords: Bending Strength, Medium Carbon Steel, SMAW Welding, Tensile Strength

Abstrak

Salah satu metode pengelasan yang banyak dilakukan adalah proses pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) yang juga disebut Las Busur Listrik. Las SMAW kebanyakan dipilih karena proses yang mudah, ekonomis dan hasil lasnya pun ditinjau sifat mekanis dan fisis baik. Parameter yang mempengaruhi proses pengelasan yaitu bahan yang di las, elektroda yang digunakan, arus pengelasan, posisi pengelasan dan mesin las yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil kekuatan tarik dan bending dari beberapa jenis kampuh V,X,I sambungan Las SMAW terhadap baja karbon medium.. Metode analisis yang digunakan adalah perhitungan dan pengelasan pada metode NDT (Non Destructive Test) yang paling sederhana, yaitu penetrant test, tensile test, dan bending test. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa berdasarkan hasil uji kekuatan tarik kampuh V,X,I pada pengelasan SMAW, didapatkan hasil kekuatan tarik dari baja karbon JIS S50C, dimana spesimen raw material melebihi regangan dan tegangan kampuh V,X,I sehingga hasil kekuatan tarik maksimum spesimen menurun.

Kata Kunci: Baja Karbon Medium, Kekuatan Bending, Kekuatan Tarik, Pengelasan SMAW

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan teknologi bidang konstruksi pengelasan merupakan bagian dari pengembangan industri, pembangunan konstruksi saat ini banyak menggunakan logam sehingga sering melibatkan proses pengelasan salah satunya pada bidang Las SMAW. Teknologi pengelasan memegang peranan penting dalam pertumbuhan industri karena teknologi pengelasan dapat mempengaruhi hasil dari suatu proses produksi dan khususnya proses dalam rekayasa penyambungan logam, sehingga proses pemesinan yang dipergunakan untuk melakukan perbaikan baik mempertebal bagian yang aus dan macam-macam reparasi lainnya (Wiryo Sumarto dan Okumura, 2000)..

Salah satu metode pengelasan yang banyak dilakukan adalah proses pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) yang juga disebut Las Busur Listrik. Menurut Azwinur dkk,(2017) . Las SMAW merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan menggunakan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan sering digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan dari semua alat-alat yang terbuat dari logam, baik sebagai proses penambalan retak-retak, penyambungan sementara, maupun pemotongan bagian-bagian logam. Las SMAW kebanyakan dipilih karena proses yang mudah, ekonomis dan hasil lasnya pun ditinjau sifat mekanis dan fisis baik.

Las busur listrik adalah proses pengelasan yang memanfaatkan panas dari busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan benda kerja las. Panas yang dihasilkan akan mencairkan ujung kawat las dan sebagian benda kerja las membentuk paduan logam las. Panas tersebut dihasilkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan pelat yang akan dilas). Panas yang dihasilkan dari lonjakan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000 derajat C sampai 4500 derajat C. Sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan SMAW ini ada dua macam, yaitu AC (alternating current) / arus bolak balik dan DC (Direct Current) / arus searah. Parameter yang mempengaruhi proses pengelasan yaitu bahan yang di las, elektroda yang digunakan, arus pengelasan, posisi pengelasan dan mesin las yang digunakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil kekuatan tarik dan bending dari beberapa jenis kampuh V,X,I sambungan Las SMAW terhadap baja karbon medium.

2. METODE

A. Objek Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode sambungan pengelasan SMAW dengan material baja karbon JIS dengan menggunakan pengujian *penetrant test*, pengujian tarik, pengujian bending dan struktur mikro.

Pada penelitian ini dilakukan prosedur sebagai berikut :

- 1) Persiapan specimen dibuat sesuai dengan standar pada material baja karbon JIS S50C dengan pengelasan bentuk kampuh V,X,I
- 2) Specimen di Las dengan arus listrik 100 A
- 3) Persiapan specimen uji *penetrant test*, uji tarik, uji bending dan struktur mikr
- 4) Specimen uji tarik dibentuk standar pengujian ASTM E8
- 5) Spesimen uji bending dibentuk standar pengujian ASTM E 19014

B. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret-juli 2022. Lokasi pengelasan, pengujian *penetrant test*, pengujian tarik dan pengujian bending dilakukan di Balai Latihan Kerja Indonesi serta pengujian pengamatan strukturmikro dilakukan di laboratorium Universitas Muslim Indonesi Makassar.

C. Jenis dan sumber data

Pada penelitian ini jenis dan sumber data dikumpulkan menggunakan metode kuantitatif dengan cara bereksperimen. Peneliti cukup menuliskan dan melaporkan hasil laporan pandangan mata objek yang sedang diteliti tanpa rekayasa.

D. Populasi dan sampel

Pada penelitian ini sampel yang digunakan baja karbon medium.

E. Teknik pengumpulan data

- Observasi
- Uji *penetrant test*
- Uji tarik dan bending
- Dokumentasi

F. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan antara lain sebagai berikut:

- 1) Mesin las SMAW
- 2) Alat liquid Penentran Test
- 3) Alat uji kekuatan tarik
- 4) Alat uji bending

Bahan yang digunakan antara lain sebagai berikut

- 1) Baja karbon medium JIS S50C
- 2) Elektroda E 7018 G (SMAW)
- 3) Alat Keselamatan kerja, antara lain:
 - Kacamata
 - *Face shield*
 - *Ear Plug*
 - Sarung tangan

G. Penentuan parameter pengelasan.

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan kali ini adalah sebagai berikut :

- 1) Penentuan parameter pengelasan.
Agar mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka dibutuhkan parameter pengelasan yang sesuai. Parameter disesuaikan dengan variasi yang ingin diujikan pada spesimen sebagai tertera pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1 Penentuan parameter pengelasan

Material	Kampuh	Filler Metal		Arus (A)	Waktu rata-rata (detik)
		Class	Dia (mm)		
Baja karbon JIS S50C	V	E7018	3.2	100	89
	X				76
	I				79

- 2) Prosedur persiapan pengelasan SMAW
Pengelasan yang digunakan untuk pengelasan SMAW dilaksanakan dengan tiga tahapan yaitu *root pass*, *fill pass* dan *capping pass*. Posisi pengelasan yaitu 1G dan menggunakan mesin *EWM Hightec Welding*.
- 3) Persiapan pembentukan kampuh
Pada penelitian ini menggunakan pengelasan SMAW dengan variasi kampuh V,X,I,

- 4) Tahapan pengelasan dan pembuatan spesimen
 - Proses pengelasan SMAW dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - Menyiapkan bahan yang akan di las.
 - Menyiapkan perlengkapan pengelasan SMAW dari root pass, fill pass dan capping pass.
 - Membersihkan permukaan spesimen.
 - Menyiapkan elektroda E7018.
 - Dilakukan joint fit up pada spesimen yang sudah siap kemudian di tack weld berbentuk kampuh V,X,I dan dilakukan pengelasan SMAW.
 - Proses pengelasan SMAW 1G.
- 5) Hasil pengelasan; Hasil pengelasan SMAW dari variasi kampuh V,X,I, kemudian dihaluskan permukaan yang di las, selanjutnya disiapkan untuk pengujian *penetrant test* untuk mengetahui apakah terdapat cacat las pada proses pengelasan SMAW.
- 6) Proses pengujian; Proses pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu *Penetrant Test, Tensile Test, dan Bending Test*
 - Penetrant Test; Metode Liquid Penetrant Test (dye penetrant) merupakan metode NDT (Non Destructive Test) yang paling sederhana tapi mempunyai keunggulan berupa kecepatan dan keakuratan dalam mendeteksi defect yang ada dipermukaan.
 - Tensile Test; Metode Tensile Test merupakan metode DT (Destructive Test) yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material baja karbon JIS S50C yang di uji setelah diberikan gaya tarik di kedua tepi material hingga putus. Deformasi bahan disebabkan oleh beban tarik static adalah dasar dari pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan, hal ini disebabkan oleh beberapa alasan:
 - Bending Test; Pengujian lengkung atau tekuk pada pengelasan SMAW adalah metode pengujian pada spesimen dengan cara diberikan pembebanan pada daerah yang telah di las sehingga material tersebut melengkung. Tujuan pengujian ini untuk mencari kekuatan lengkung material terhadap pembebanan pada hasil las. Pembuatan spesimen uji bending mangacuh pada ASTM E19014.

3. PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari kegiatan penelitian *penetrant test*, uji tarik, uji bending dan struktur mikro ini berupa data dalam bentuk tabel, grafik dan bentuk foto yang diperoleh dari hasil pengujian serta perhitungan. Hasil pengujian ini dilakukan sebagai *indicator* untuk mengetahui kekuatan mekanik pada material baja karbon JIS S50C.

A. Pembahasan hasil pengamatan *penetrant test*

Penetrant test adalah metode pengujian tidak merusak yang dibangun atas prinsip inspeksi visual. *Penetrant test* meningkatkan "visibilitas" diskontinuitas kecil yang mungkin tidak dapat dideteksi oleh mata manusia sendiri.

- 1) Pengelasan Kampuh V; pengelasan Kampuh V terdapat cacat pin hole (Lubang jarum). Hal ini disebabkan karena adanya gas yang terperangkap selama pengelasan atau masuk nya udara ke dalam kolam las sehingga terjadinya *Pin hole* di lokasi cacat.

- 2) Pengelasan Kampuh X; pengelasan Kampuh X terdapat cacat *pin hole* (Lubang jarum). Dalam hal ini terbentuknya Gas selama pengelasan atau masuknya udara ke dalam kolam las sehingga terjadinya *Pin hole* di lokasi cacat.
- 3) Pengelasan Kampuh X; pengelasan Kampuh X terdapat cacat *porosity*. Salah satu jenis cacat pengelasan yang disebabkan oleh kampuh kotor, lingkungan basah (lembab), udara merasuk kedalam kolom las, timbulnya gas saat proses pengelasan, Electroda lembab dan Amper terlalu tinggi, sehingga akan mengakibatkan karat pada permukaan, melemahkan sambungan dan tampak jelek. Untuk penanggulangan Porosity, cukup di Gouging/gerinda hingga cacat hilang, dan las ulang sesuai WPS repair. Kriteria penolakan sesuai (as per) API 1104. Visual Inspection – Porosity.

B. Hasil pengujian tarik

Hasil pengujian tarik dari sambungan las pada baja karbo JIS S50C dengan variasi kampuh V,X,I didapatkan hasil dari pengujian dan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Perhitungan dari data pengujian tarik
 - Luas penampang (A0) = 125 mm²
 - Panjang awal (L0) = 50 mm
 - Pertambahan panjang (ΔL) = 9,82 mm
 - Beban (F) = 98.926 N/mm²

Rumus tegangan tarik (σ_t) dapat dilihat pada Persamaan 1 berikut

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$= \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$= \frac{98.926}{125}$$

$$= 791,408 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = 80,70 \text{ kg/mm}^2$$

Rumus regangan (ϵ) dapat dilihat pada Persamaan 2 berikut

$$\epsilon_t = \frac{\Delta L}{L} \times 100 \% \quad (2)$$

$$= \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \%$$

$$= \frac{\text{Pertambahan panjang} - \text{Panjang awal}}{\text{Panjang awal}} \times 100 \%$$

$$= \frac{59,82 - 50}{50} \times 100 \%$$

$$\epsilon_t = 19,64 \%$$

C. Hasil perhitungan pengujian tarik

a) Kekuatan tarik raw material

Kekuatan tarik dari raw material yang menunjukkan hasil tegangan tarik sebesar 83,96 kg/mm² dan regangan sebesar 23 %.. Tabel 2 berikut merupakan Hasil Kekuatan tarik Kampuh V

Tabel 2 Hasil pengujian tarik kampuh V

Material	Jenis Kampuh	Sample	Beban Tarik Maksimum (kg/mm ²)	Tegangan tarik (kg/mm ²)	Regangan Tarik (%)
Baja karbon JIS S50C	Kampuh V	1	7.661	61,29	17 %
		2	6.089	48,69	7,4 %
		3	9.535	76,28	18,4 %
Rata-rata			7.761	62,08	14,2 %

Dari data pengujian dan perhitungan pada Tabel 2, dapat diperoleh hasil kekuatan tarik kampuh V dari beberapa sampel pada pengelasan SMAW. Kekuatan tarik kampuh V sampel 1 tegangan sebesar 61,29 kg/mm² dan regangan 17 %, Kemudian Kampuh V sampel 2 tegangan sebesar 48,69 kg/mm² dan regangan 7,4 % Selanjutnya Kampuh V sampel 3 tegangan sebesar 76,28 kg/mm² dan regangan 18,4 %.

b) Kekuatan tarik kampuh X

Tabel 3 Hasil pengujian tarik kampuh X

Material	Jenis Kampuh	Sample	Beban Tarik Maksimum (kg/mm ²)	Tegangan tarik (kg/mm ²)	Regangan Tarik (%)
Baja karbon JIS S50C	Kampuh X	1	7.538	60,30	10,8 %
		2	9.613	76,90	19,6 %
		3	10.087	80,70	19,6 %
Rata-rata			9.079	72,63	16,6 %

Dari data pengujian dan perhitungan pada Tabel 3, dapat diperoleh hasil kekuatan tarik kampuh X dari beberapa sampel pada pengelasan SMAW. Kekuatan tarik kampuh X sampel 1 tegangan sebesar 60,30 kg/mm² dan regangan 10,8 %, kemudian Kampuh X sampel 2 tegangan sebesar 76,90 kg/mm² dan regangan 19,6 % dan selanjutnya Kampuh X sampel 3 tegangan sebesar 80,70 kg/mm² dan regangan 19,6 %.

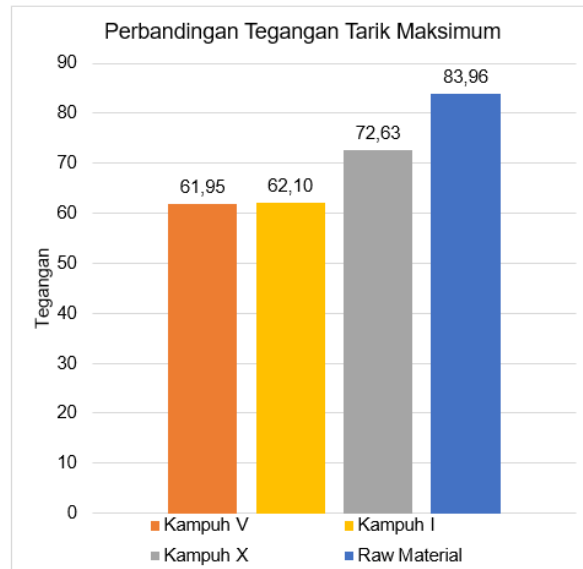
c) Kekuatan tarik Kampuh I

Tabel 4 Hasil pengujian tarik kampuh I

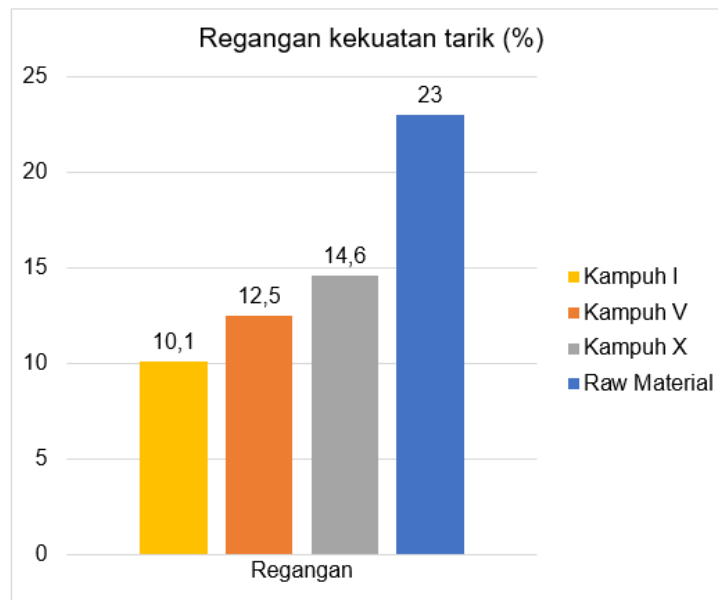
Material	Jenis Kampuh	Sample	Beban Tarik Maksimum (kg/mm ²)	Tegangan tarik (kg/mm ²)	Regangan Tarik (%)
Baja karbon JIS S50C	Kampuh I	1	8.183	65,46	11,8 %
		2	7.693	61,54	12,8 %
		3	7.413	59,31	10,2 %
Rata-rata			7.763	62,10	11,6 %

Dari data pengujian dan perhitungan pada Tabel 4 dapat diperoleh hasil kekuatan tarik kampuh I dari beberapa sampel pada pengelasan SMAW. Kekuatan tarik kampuh I sampel 1 tegangan sebesar 65,46 kg/mm² dan regangan 11,8 %, kemudian Kampuh I sampel 2 tegangan sebesar 61,54 kg/mm² dan regangan 12,8 % dan selanjutnya Kampuh I sampel 3 tegangan sebesar 59,31 kg/mm² dan regangan 10,2 %.

D. Hasil perbandingan pengujian kekuatan tarik kampuh V,X,I pada pengelasan SMAW.



Gambar 1 Grafik Perbandingan Tegangan Pengujian Tarik Raw Material dan Kampuh V,X,I.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Regangan Pengujian Tarik Raw Material dan kampuh V,X,I

Dari data pengujian dan perhitungan Gambar 1 dan Gambar 2 diperoleh hasil kekuatan tarik pada tabel 4.8 yang menunjukkan hasil rata-rata tegangan tarik tertinggi pada pengelasan SMAW adalah kampuh X sebesar 72,63 kg/mm², Kemudian nilai rata-rata tertinggi kedua pada pengelasan SMAW adalah kampuh I sebesar 62,10 kg/mm², dan tegangan tarik rata-rata ketiga pada pengelasan SMAW adalah Kampuh V sebesar 61,95 kg/mm², pada tabel 4.9 kampuh X menunjukkan hasil rata-rata regangan tertinggi 14,6 %, kemudian kampuh V nilai rata-rata regangan tertinggi kedua 12,5 %, selanjutnya kampuh I nilai rata-rata regangan ketiga 10.1 %.

Dari data pengujian kekuatan tarik (strength) pada pengelasan SMAW pada material baja karbon JIS S50C dengan membandingkan variasi kampuh V,X,I dengan raw material menggunakan parameter yang sama maka dapat diketahui hasil uji tarik menurun dibandingkan dengan kekuatan raw material, ini diakibatkan karena adanya perubahan fasa/struktur mikro yang diakibatkan karena perlakuan panas las.

E. Hasil pengujian bending

Hasil pengujian bending pada pengelasan SMAW dengan beberapa variasi kampuh V,X,I dari baja karbon S50C didapatkan hasil dari pengujian dan perhitungan sebagai berikut :

- 1) Perhitungan dari data pengujian bending
 - Beban/load (N) $P = 48.000 \text{ N}$
 - Panjang span (mm) $L = 152 \text{ mm}$
 - Lebar/width (mm) $b = 38 \text{ mm}$
 - Tebal/depth (mm) $d = 10 \text{ mm}$

Rumus kekuatan bending (σ_b) dijabarkan pada Persamaan 3 berikut

$$\sigma_b = \frac{3pL}{2bd^2} \quad (3)$$

$$= \frac{3 \times 48.000 \times 152}{2 \times 38 \times 10^2}$$

$$= \frac{21.888}{7.600}$$

$$= 2.88 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 29 \text{ kg/mm}^2$$

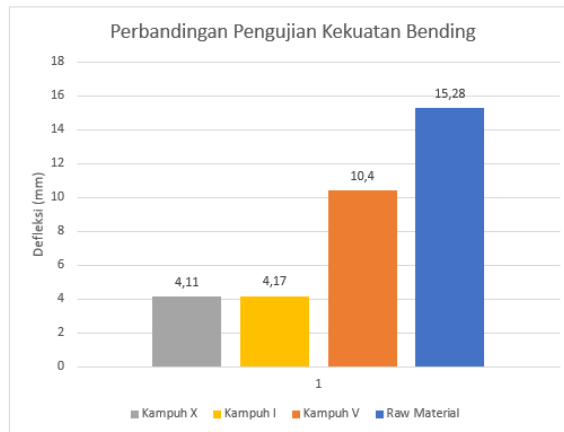
- 2) Hasil perhitungan pengujian bending

Tabel 5 Hasil rata-rata pengujian kekuatan bending

Material	Jenis Kampuh	Sample	Beban Bending Maksimum (kg/mm ²)	Kekuatan Bending (kg/mm ²)	Defleksi (mm)
Baja karbon JIS S50c	Raw material	1	5.037	2,96	15,28
	Kampuh V	1	4.362	2,56	11,67
		2	4.894	2,88	9,58
		3	4.275	2,51	9,96
	Rata-rata		4.510	2,65	10,40
	Kampuh X	1	3.697	2,17	4,98
		2	4.171	2,45	3,86
		3	3.147	1,85	3,50
	Rata-rata		3.672	2,15	4,11
	Kampuh I	1	1.496	0,88	4,78

Material	Jenis Kampuh	Sample	Beban Bending Maksimum (kg/mm ²)	Kekuatan Bending (kg/mm ²)	Defleksi (mm)
		2	258	1,49	3,60
		3	2.303	1,35	4,14
	Rata-rata		2.112	1,42	4,17

3) Hasil perhitungan kekuatan pengujian bending



Gambar 3 Grafik Perbandingan Defleksi pada Pengelasan SMAW antara Kampuh V,X,I dan Raw Material.

Pada Gambar 3 memperlihatkan perbandingan nilai defleksi pada pengelasan SMAW antara kampuh V,X,I dan raw material. Dimana pada arus pengelasan kampuh X menghasilkan defleksi dengan nilai rata-rata sebesar 4,11 mm, kampuh V dengan nilai rata-rata sebesar 10,4 mm, kampuh I dengan nilai rata-rata 4,17 mm, sedangkan pada raw material dengan nilai 15,28 mm, hasil dari uji bending pada kampuh V,X,I dibawah nilai defleksi raw material ini disebabkan karena adanya pengaruh panas sehingga merubah struktur mikro spesimen sehingga keuletan karbon berkurang.

4. PENUTUP

Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat diperoleh kesimpulan yaitu analisis dari hasil uji kekuatan tarik kampuh V,X,I pada pengelasan SMAW, didapatkan hasil kekuatan tarik dari baja karbon JIS S50C, dimana spesimen raw material melebihi regangan dan tegangan kampuh V,X,I sehingga hasil kekuatan tarik maksimum spesimen menurun. Pada kampuh V,X,I terhadap pengelasan SMAW beban kekuatan tarik maksimum tertinggi kampuh X dengan nilai rata-rata 9.079 kg/mm², dengan tegangan kekuatan tarik tertinggi rata-rata 72,63 kg/mm² dan regangan kekuatan tarik tertinggi 14,6 %. Pada hasil pengujian bending kampuh V,X,I pada pengelasan SMAW didapatkan hasil nilai kekuatan bending dari spesimen baja karbon JIS S50C, dimana spesimen raw material melebihi kampuh V,X,I sehingga hasil kekuatan bending menurun, beban bending maksimum kampuh V nilai rata-rata sebesar 44.236 N dengan kekuatan bending tertinggi kampuh V nilai rata-rata sebesar 2,65 kg/mm² dan defleksi tertinggi nilai rata-rata 10,40 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hamid, 2016 “ Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan” Universitas Mercu Buana, Jurnal Teknologi Elektro, Vol. 7 No 1
- ARIFIN., dkk 2017 “Pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan smaw baja ASTM A36” Majalah Ilmiah MOMENTUM, 13.1.
- Arif Rahman Hakim, Imran 2020 “Analisa pengaruh variasi kampuh terhadap hasil pengelasan SMAW pada stainless steel 304 menggunakan pengujian ultrasonic dan kekuatan tarik” , Politeknik Negeri Bengkalis Bengkalis, Riau, 28711, Indonesia, Jurnal Polimesin. Volume 18, Nomor 1,
- Ahmad Bakhori 2021 “Analisa Cacat Hasil Pengelasan Pada Baja Kabon Rendah Terhadap Pengaruh Masukan Panas Las” Fakultas Teknik Uisu.
- Ardiansyah yusuf 2016 “PENGARUH TEMPERATUR PROSES HARDENING DENGAN MEDIA AIR TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON SEDANG” Fakultas teknik, Universitas Negeri semarang.
- Bayu Arie Hanggara, Muksin R. Harahap 2019 “Pengaruh Posisi Pengelasan Smaw Dengan Variasi Posisi Elektroda E3086 Terhadap Kekuatan Impak Pada Stainless Steel Aisi 304” Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Uisu Piston Vol. 4 No. 1
- Hanggara bayu arie Dkk (2019). “Pengaruh Posisi Pengelasan SMAW dengan Variasi Posisi Elektroda E3086 Terhadap Kekuatan Impack Pada Stainless Stell 304”. Universitas Islam Sumatera Utara.
- Hafid haeruddin 2022 “Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik dan Bending pada Baja ST-37 dengan Proses Pengelasan SMAW, GMAW dan GTAW”.skripsi.makassar. Universitas Muslim Indonesia
- Mustofa Hilmi 2018 “ANALISIS STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASANDAN KETAHANAN OKSIDASI Campurannicrbsi-40sic, Nicrbsi-40WC-Co DAN Cr3C2- 20nicr PADA PROSES PELAPISAN HVOF” Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Mukhamad Nur Aji 2019 “Pengaruh Variasi Jenis Kampuh Pengelasan Smaw Pada Sambungan Pengelasan Logam Baja Jis G 3131 Sphc Dengan Baja Aisi 201 Terhadap Sifat Mekanik” Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
- M Syujuan Al Khotasa 2016 “Analisa Pengaruh Variasi Arus Dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Butt Joint Pada Plat Baja A36” Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Mustofa Hilmi 2018 “ANALISIS STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASANDAN KETAHANAN OKSIDASI Campurannicrbsi-40sic, Nicrbsi-40WC-Co DAN Cr3C2- 20nicr PADA PROSES PELAPISAN HVOF” Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- M Pujo Imam Dkk (2008).” ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN LAS SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING) PADA MARINE PLATE ST 42 AKIBAT FAKTOR CACAT POROSITAS DAN INCOMPLETE PENETRATION”. Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Vol. 5, No.2
- Putra, I Putu Gede Ardana (2018).”Kekuatan Lelah Sambungan Las Gesek Dissimilar Metal Aluminium A6061 dan Baja karbon S50C dengan dan Tanpa Geometri Kerucut Baja Satu Sisi”. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Riswanto Rudi 2018 “ Teknologi Pengelasan “ Universitas Lambung Mangkurat.
- Sugestian M Risaldy 2019 “Analisa Kekuatan Sambungan Las SMAW Vertical Horizontal Down Hand Pada Plate Baja JIS 3131SPHC dan Stainless Steel 201 dengan Aplikasi

- Piles Transfer di Mesin Thernoforming (Stacking Unit)". Universitas Teknologi Nasional Malang.
- Jokosisworo sarjito dkk, (2007). "Proses pengujian tidak merusak". Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Vol. 4, No. 1.
- T. Fransiscus Josep 2019 "Modul Pengelasan SMAW" Politeknik Negeri Manado.
- Yusuf Ardiansyah, 2016 "Pengaruh Temperatur Proses Hardening Dengan Media Air Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Permukaan Baja Karbon Sedang".Skripsi.semarang. Universitas Negeri Semarang.