

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Perbandingan Gerakan Elektroda Terhadap Uji Mikrostruktur, Uji Bending & Uji Impak Pada Pegas Daun Mitsubishi Canter 125 PS

Ikhsan¹, Rieza Zulrian Aldio^{2*}¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau. Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia.²Dosen prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau. Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia.

ARTICLE INFO

Keywords:
Electrode movement
Bending strengt
Impact strength
SMAW
SUP9A
Microstructure

ABSTRACT

Welding is a process of joining two metals, especially steel, to obtain a finished material connection in a liquid state. The aim of this research is to obtain bending strength, impact strength and microstructure in welding joints with various variations of spiral electrode movement, zig-zag and U electrode movement. The welding process uses a SMAW welding machine with a current of 90A, E7018 electrode wire with a diameter of 2.6 mm, the material used is SUP9A leaf spring steel which is made at an X angle of 60°. The results showed that impact testing with zig-zag electrode movement obtained the highest average impact value of 1.33 Joules/mm², while the highest average bending strength value was found in the U electrode movement of 111.2 MPa and the lowest bending strength value. In the zig-zag electrode movement, namely 97.4 MPa, in microstructure testing the zig-zag electrode movement has hard material properties because there is more pearlite phase dominant, in spiral and U electrode movements the material is soft because there is more ferrite phase dominant.

Pendahuluan

Sistem pengelasan saat ini telah diisi dengan cepat dalam organisasi perakitan, kemajuan pembangunan dan kehidupan sehari-hari. Pengelasan dapat diartikan

sebagai suatu proses penyambungan dua buah logam ke tempat rekristalisasi logam, terlepas dari penggunaan bahan tambah dan penggunaan energi panas untuk melunakkan bahan yang dilas. Pengelasan juga diartikan sebagai tugas yang sangat tahan lama dari

*Corresponding author: Rieza@eng.uir.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i1.5412>

Received 10 February 2024; Received in revised form 20 March 2024; Accepted 20 March 2024

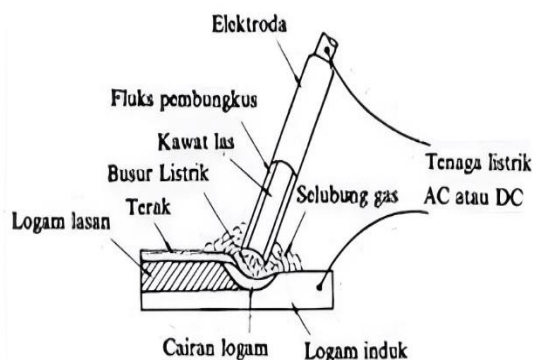
Available online 22 March 2023

benda atau logam yang dipanaskan. Pengelasan tidak hanya memanaskan dua benda atau logam sampai mencair dan membuatnya mengeras kembali, tetapi membuat las lengkap dengan menambahkan lebih banyak bahan pada saat dipanaskan sehingga memiliki kekuatan yang ideal [2].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh gerakan elektroda terhadap pengujian impak, kekuatan bending dan untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan dengan melihat fasa apa yang terjadi pada struktur mikro pengelasan.

A. Pengelasan

Pengelasan dengan siklus dimana pelunakan logam induk dibuat dengan menghangatkan kawat las dan benda kerja dengan aliran listrik disebut sebagai pengelasan SMAW. Pengelasan jenis ini disebut juga las listrik yang memanfaatkan panas untuk mencairkan bahan dasar dan juga elektroda, panas tersebut dihasilkan oleh lompatan partikel listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan lapisan luar pelat yang akan dilas) atau disebut juga dengan cara pengelasan ini menggunakan panas busur listrik yang timbul terjadi karena perbedaan tegangan antara elektroda yang dibungkus dengan bahan yang disambung [5].



Gambar 1. Prinsip Kerja SMAW

Pengelasan merupakan proses penyambungan bahan yang menghasilkan pelarutan bahan dengan pemanasan ke suhu yang tepat, terlepas dari tekanan yang

diberikan dan terlepas dari penggunaan bahan pengisi. Sampai sekarang ada berbagai jenis pengelasan. Dari banyaknya jenis pengelasan, pengelasan yang paling terkenal di Indonesia yaitu pengelasan yang menggunakan busur nyala listrik (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*) [13].

Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan suatu proses penyambungan minimal dua bahan terbungkus yang melibatkan elektroda sebagai energi intensitas untuk melarutkan bahan tersebut [3].

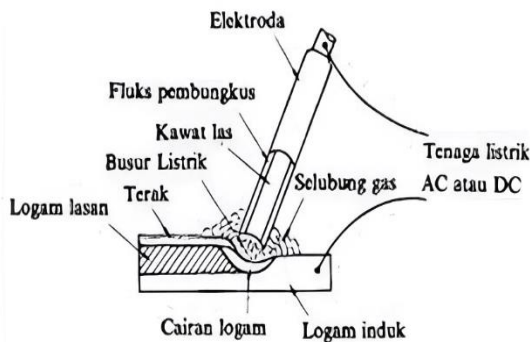
Faktor yang mempengaruhi hasil las adalah urutan pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk melaksanakan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sama dengan rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang dibutuhkan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor pengelasan merupakan jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, susunan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi pemilihan mesin las, juru las, pemilihan elektroda yang digunakan, penggunaan kampuh dan lain-lain [4].

Pengelasan dengan menggunakan teknik pengelasan busur listrik dengan teknik elektroda tertutup merupakan teknik pengelasan yang banyak digunakan saat ini, teknik pengelasan ini menggunakan elektroda logam yang dilindungi oleh fluks. Pengelasan listrik ini melibatkan elektroda tertutup sebagai bahan penambahnya. Bagian busur listrik yang terjadi pada ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menyelimuti permukaan pengelasan dan juga berfungsi sebagai pelindung dari benturan luar [9]

Pengaturan kekuatan arus las juga akan mempengaruhi efek samping dari las. Dengan asumsi bahwa kekuatan aliran terlalu rendah akan menyulitkan untuk

menyalakan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi goyah. Intensitas yang dihasilkan kurang mampu melarutkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasil las sedikit rigi-rigi dan tidak rata serta penembusan bahan kurang. Sebaliknya, jika kekuatan yang sedang berlangsung tinggi, elektroda akan larut terlalu cepat dan akan menghasilkan elastisitas yang rendah dan meningkatkan kehalusan hasil pengelasan [10].

Elektroda disebut juga benda yang digunakan untuk melakukan pengelasan listrik. Fungsi dari elektroda yaitu sebagai pembakar yang menimbulkan busur menyala [16].



Gambar 2. Elektroda Las SMAW

Elektroda ada dua jenis bagian, khususnya bagian yang tertutup (fluks) dan bagian yang tidak tertutup yang merupakan pangkal untuk menguatkan penjepit las. Kemampuan penutup transisi atau terminal dalam pengelasan adalah untuk melindungi logam cair dari iklim udara untuk menghasilkan gas pelindung, menyeimbangkan busur, sumber unsur paduan. Pada dasarnya, jika dilihat dari logam yang dilas, kawat elektroda dibagi menjadi elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non-ferro. Penentuan elektroda untuk pengelasan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi harus benar-benar diperhatikan dengan alasan kekuatan las harus setara dengan kekuatan material yang akan dilas.

Elektroda yang sering digunakan adalah elektroda dengan salutan tebal dan juga tipis karena memiliki keunikan tersendiri yaitu bisa menetralkan dan juga mengurangi gas karbon monoksida (CO) [8].

Elektroda terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau fluks. Selaput yang ada pada elektroda akan menghasilkan CO₂ jika terbakar, ini berfungsi untuk melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja dari udara luar [12].

Gerakan ayunan elektroda diperlukan untuk mengatur lebar jalur las yang dikehendaki. Ayunan ke atas menghasilkan alur las yang kecil, sedangkan ayunan ke bawah menghasilkan jalur las yang lebar. Penembusan las pada ayunan ke atas lebih dangkal daripada ayunan ke bawah. Ayunan segitiga dipakai pada jenis elektroda hidrogen rendah untuk mendapatkan penembusan las yang baik diantara dua celah pelat [1].

Beberapa bentuk ayunan elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah gerakan elektroda spiral, zig-zag dan gerakan elektroda U. Gambar gerakan elektroda dapat dilihat pada gambar 3.



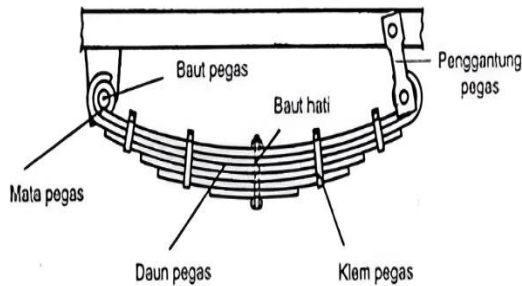
Gambar 3. Gerakan elektroda spiral, zig-zag dan gerakan elektroda U

B. Pengertian Pegas Daun

Pegas daun adalah komponen yang berfungsi untuk meredam kejutan yang ditimbulkan oleh permukaan jalan yang bergelombang. Pegas jenis ini mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan pegas lain.

Baja pegas daun dimanfaatkan sebagai suspensi kendaraan darat baik

kendaraan roda empat. Bagian ini biasanya terdiri dari beberapa pelat tingkat yang disatukan untuk mendapatkan produktivitas dan keserbagunaan yang tinggi [14]. Gambar pegas daun dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pegas daun

Cara kerja pegas daun bila roda belakang menerima kejutan dari permukaan jalan maka akan diteruskan ke rumah poros belakang yang mengakibatkan pegas daun melakukan pemanjangan atau pegas berubah bentuk dari elips mendekati lurus (pemegasan pegas daun) yang konstruksinya dilengkapi dengan ayunan pegas [11]

Material pegas yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja pegas SUP9A. Komposisi kimia baja SUP9A dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia Baja SUP9A

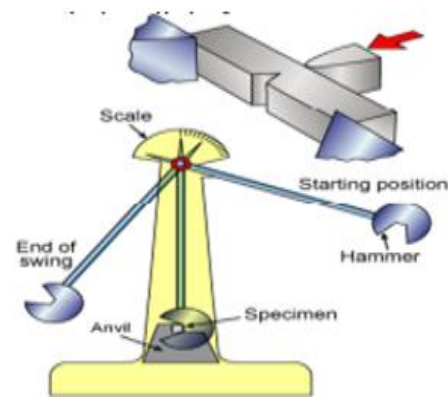
Grade	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Composition System
SUP9A	0.60	0.25	0.85	0.85	Mn-Cr Steel

Metode Penelitian

Proses pengelasan yang digunakan adalah SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Pengelasan ini menggunakan arus 90 Ampere dengan elektroda E7018. Jenis kampuh X dengan sudut 60° dan variasi gerakan elektroda spiral, zig-zag dan U. Pengujian bending, impact dan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

Pembuatan spesimen sesuai dengan bentuk standar pengujian, mesin gerinda digunakan untuk membuat spesimen setiap pengujian dengan standar uji bahan yang berbeda.

Pengujian impact menggunakan mesin uji impact charpy. Pengujian impact bertujuan untuk menentukan berapa banyak energi yang dipakai oleh suatu material untuk patah. Energi yang diserap adalah alat untuk mengetahui tingkat ulet keatas yang bergantung pada ukuran ketangguhan suatu material.



Gambar 5. Ilustrasi Skematis Pengujian Impact

Jika pendulum pada posisi h1 dikirimkan, maka pendulum akan berayun hingga posisi kemampuan terakhir pada tingkat h2 yang juga secara praktis setara dengan tingkat pertama h1 dimana pendulum berayun. Untuk mencari harga impact perlu menghitung rumus usaha bandul ketika mengenai benda uji atau energi yang dibutuhkan hingga patah sebagai berikut:

$$E = m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \tag{1}$$

Dimana:

- m = Berat pendulum (Kg)
- g = Gravitasi 9.81 (m/s)
- λ = Jarak lengan pengayun (m)
- cos α = Sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

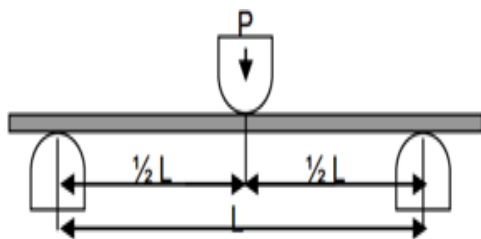
Pada pengujian impak ini banyak energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut. Pada pengujian impak, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan joule dan dibaca langsung pada skala penunjuk yang telah di kalibrasi yang terdapat pada mesin penguji. Harga impak (HI) suatu bahan yang diuji dengan metode *Charpy* diberikan oleh:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

Dimana:

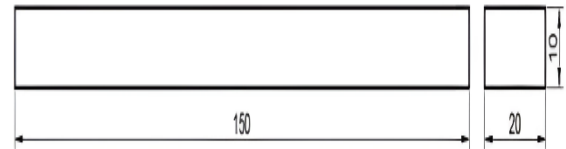
- HI = Harga impak
- E = Energi yang diserap dalam satuan joule
- A = Luas penampang dibawah takik (mm)

Pengujian bending menggunakan mesin uji tarik. Pengujian bending bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material terhadap kekuatan lenturnya. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis spesimen dan pembebanan. Akibat dari pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan dan bagian bawah akan mengalami tegangan Tarik [15].



Gambar 6. Pengujian Bending Metode *Three-Point*

Pembuatan spesimen uji bending mengikuti standar ASTM E23-02 pada pengujian bending dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Standar ASTM E23-02

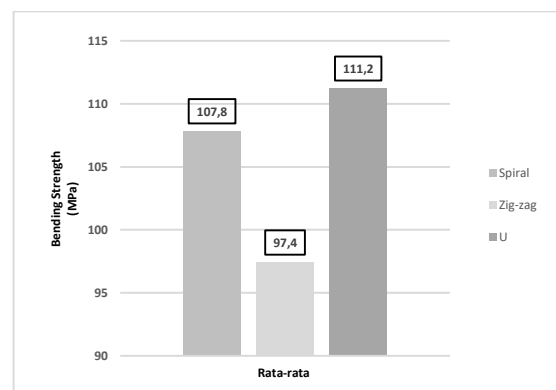
Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian Bending

Pada perlakuan uji bending, bagian atas spesimen mengalami proses penekanan dan pada bagian bawah mengalami proses tarik sehingga spesimen patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang terjadi [7]

Kekuatan bending hasil pengelasan dengan menggunakan pengelasan SMAW ditunjukkan pada tabel 2 dan gambar 7. Hasil pengujian bending yang dilakukan dengan variasi gerakan elektroda didapatkan kekuatan bending rata-rata, beban maksimum yang diterima dan elongasi. Tiap variabel percobaan terdapat tiga sampel pengujian. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian bending yang dikelompokkan berdasar gerakan elektroda pengelasannya. Tabel 2 Data Hasil Pengujian Bending

Gerakan	Beban Maks (N)	Kekuatan Bending (MPa)	Elongation (%)
Spiral	19415,6	107,8	6,9
Zig-zag	17533,0	97,4	5,3
U	20010,1	111,2	8,1



Gambar 8. Grafik Bending *Strength* Pengujian Bending

Pada tabel 2 dan gambar 8 pengujian bending didapatkan nilai rata-rata kekuatan bending tertinggi pada gerakan elektroda U sebesar 111,2 MPa, dan nilai rata-rata kekuatan bending terendah pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 97,4 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh gerakan elektroda terhadap pengujian bending.

Data hasil pengujian bending pada tabel 2 dan pada gambar 8 dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kekuatan bending pada variasi gerakan elektroda yang digunakan mempengaruhi kekuatan bending spesimen itu sendiri. Pada penelitian ini hasil pengelasan yang baik jika dilihat dari kekuatan bendingnya adalah pada gerakan elektroda U.

Kondisi spesimen setelah dilakukan pengujian bending dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Spesimen Uji Bending Setelah Pengujian

Hasil pengujian bending pada dasarnya tidak menyebabkan patah pada spesimen baja karbon rendah akan tetapi pada baja karbon tinggi seperti pada spesimen penelitian ini yaitu baja pegas daun SUP9A terjadi patah pada spesimen dikarenakan sifat baja karbon tinggi yang cenderung lebih getas dibandingkan dengan baja karbon rendah yang memiliki sifat ulet.

B. Hasil Pengujian Impak

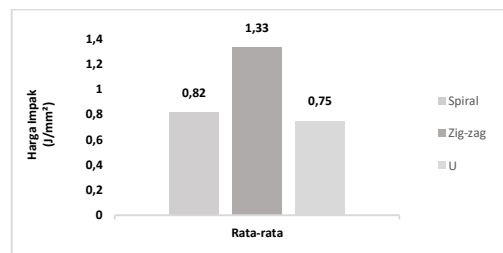
Dalam pengujian impak pada penelitian ini menggunakan baja pegas daun SUP9A dengan ketebalan 10 mm sebanyak 9 spesimen, yaitu 3 spesimen dengan gerakan elektroda spiral, 3 spesimen dengan gerakan elektroda zig-zag dan 3 spesimen

dengan gerakan elektroda U, akan tetapi dalam penelitian ini hanya nilai rata-rata pengujian impak yang dijadikan sebagai analisa penelitian.

Data hasil pengujian impak dengan variasi gerakan elektroda dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Impak

Variasi Gerakan	No	a (mm)	b (mm)	A (mm)	α°	β°	E (J)	HI (J/mm ²)
Spiral	1	10	8	80	150	117	66,1	0,83
	2	10	8	80	150	115	71,1	0,88
	3	11	8	88	150	113	65,6	0,76
Nilai Rata-rata							67,6	0,82
Zig-zag	1	10	8	80	150	105	97,4	1,22
	2	10	7	70	150	103	102,8	1,47
	3	10	7	70	150	107	92,0	1,31
Nilai Rata-rata							97,4	1,33
U	1	11	8	88	150	120	58,7	0,67
	2	11	7	77	150	119	61,1	0,79
	3	10	7	70	150	121	56,3	0,80
Nilai Rata-rata							58,7	0,75



Gambar 9. Grafik Harga Impak Terhadap Gerakan Elektroda

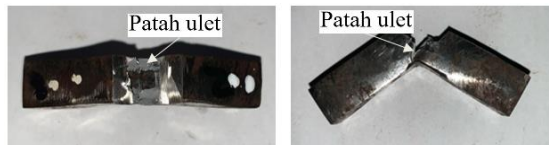
Grafik pada gambar 9 diatas menunjukkan bahwa pada spesimen pengujian impak dengan gerakan elektroda zig-zag mendapatkan nilai rata-rata impak tertinggi sebesar 1,33 Joule/ mm², sebaliknya nilai impak pada gerakan U mendapat nilai rata-rata terendah yaitu 0,75 Joule/ mm² dan pada gerakan elektroda spiral tidak jauh berbeda dengan gerakan elektroda U yaitu sebesar 0,82 Joule/ mm². Pada pengujian ini dapat disimpulkan nilai impak tertinggi pada gerakan elektroda zig-zag yang artinya gerakan inilah yang baik digunakan jika dilihat dari pengujian impak. Untuk mengetahui jenis patahan yang terjadi

pada spesimen uji impact dapat dilihat pada gambar dibawah.



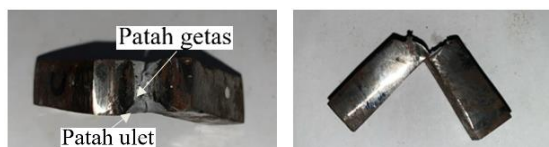
Gambar 10. Patahan Gerakan elektroda Spiral

Dari hasil gambar 10 patahan pada spesimen uji impact dengan gerakan elektroda spiral adalah campuran patah ulet dan patah getas, akan tetapi lebih dominan ke patah getas.



Gambar 11. Patahan Gerakan Elektroda Zig-zag

Dari hasil gambar 11 patahan yang terjadi pada spesimen uji impact dengan gerak elektroda zig-zag adalah patah ulet. Pada patahan ulet ini permukaan nampak kasar, berserabut dan berwarna kelabu. Spesimen uji impact dengan gerakan elektroda zig-zag ini spesimen tidak sampai terbagi menjadi dua bagian seperti pada gerakan elektroda spiral, ini menandakan pada gerakan elektroda zig-zag lebih baik digunakan dibanding gerakan elektroda spiral karena bersifat ulet dan tidak getas.



Gambar 12. Patahan Gerakan Elektroda U

Dari hasil gambar 12 patahan yang terjadi pada spesimen uji impact dengan gerakan elektroda U adalah campuran patah ulet dan patah getas. Akan tetapi dibandingkan dengan gerakan elektroda spiral yang mendapatkan nilai impact 0,82 Joule/ mm², gerakan elektroda U tidak terlalu berbeda jauh dengan harga impact

gerakan elektroda spiral yaitu 0,75 Joule/ mm².

Dari semua hasil pengujian impact bahwa pada gerakan elektroda zig-zag yang mendapatkan nilai impact tertinggi yaitu 1,33 Joule/mm² dan patahan pada pengujian impact dengan gerakan elektroda zig-zag bersifat ulet yang artinya baik digunakan. Sedangkan nilai impact paling rendah ada pada gerakan elektroda U sebesar 0,75 Joule/ mm², patahan yang terjadi adalah patah getas. Jadi terlihat disini adanya pengaruh gerakan elektroda pada pengujian impact.

C. Hasil Pengujian Mikro

Struktur mikro adalah struktur yang terdapat pada suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi bisa menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya: mikroskop cahaya, *microscope electron*, *microscope field ion*, *microscope field emission*, dan mikroskop sinar-X [6].

Pada penelitian ini pengambilan foto struktur mikro pada 3 bagian sambungan las. Bagian pertama pada logam induk, bagian kedua diambil pada daerah HAZ dan bagian ketiga pada daerah las.

Hasil gambar struktur mikro dapat dilihat pada gambar 13.

Jenis	Spiral	Zig-zag	U
Logam Induk			
HAZ			
Daerah Las			

Gambar 13. Struktur Mikro Baja Pegas Daun SUP9A.

Struktur mikro pada daerah logam induk baja pegas daun SUP9A dilihat pada gambar 13 menunjukkan bahwa fasa ferrit (warna terang) dominan lebih banyak dibandingkan perlit (warna gelap). Fasa ferrit memiliki sifat keuletan dan kekuatan yang cukup, sedangkan fasa perlit memiliki sifat keras dan kurang ulet. Jadi pada daerah logam induk ini bersifat ulet dan memiliki kekuatan yang cukup pada setiap gerakan.

Struktur mikro pada daerah HAZ pada gerakan elektroda spiral dan gerakan elektroda U terlihat fasa ferrit dominan lebih banyak dibandingkan perlit yang terlihat sedikit, ini menunjukkan bahwa pada daerah HAZ ini memiliki sifat yang lunak dan ulet.

Pada daerah HAZ dengan gerakan elektroda Zig-zag menunjukkan fasa yang terbentuk dominan lebih banyak fasa perlit dibandingkan fasa ferrit yang artinya sifat logam pada daerah HAZ dengan gerakan ini bersifat lebih keras dibandingkan dengan gerakan elektroda spiral dan U yang cenderung lebih lunak. HAZ yang keras dapat terjadi karena dipengaruhi oleh faktor pendinginan yang masih terlalu cepat.

Pada daerah las dengan gerakan elektroda spiral dan gerakan elektroda U dapat dilihat bahwa fasa yang terbentuk dominan lebih banyak ferrit dan sedikit perlit terlihat warna pada daerah las dengan gerakan elektroda spiral lebih terang ini disebabkan oleh banyaknya fasa ferrit pada gerakan ini yang artinya bersifat lunak.

Pada daerah las dengan gerakan elektroda zig-zag terlihat fasa ferrit lebih sedikit dan dominan lebih banyak perlit, terlihat pada daerah las dengan gerakan elektroda zig-zag struktur terlihat gelap karena banyaknya fasa perlit dibanding fasa ferrit. Artinya pada daerah las dengan gerakan elektroda zig-zag bersifat keras.

Kesimpulan

Dari penelitian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Pengaruh gerakan elektroda pada uji impak mendapatkan nilai rata-rata impak tertinggi terdapat pada gerakan elektroda zig-zag sebesar 1,33 Joule/ mm², dan nilai impak paling rendah ada pada gerakan elektroda U sebesar 0,75 Joule/ mm², terlihat disini adanya pengaruh gerakan elektroda pada pengujian impak.

Struktur mikro pada daerah las dengan gerakan elektroda zig-zag memiliki sifat material yang keras karna dominan lebih banyak fasa perlit, pada gerakan elektroda spiral dan U memiliki sifat yang lunak karna dominan lebih banyak fasa ferrit (warna terang). Begitu juga pada daerah HAZ gerakan elektroda zig-zag memiliki sifat yang keras dan gerakan spiral dan U bersifat lunak dan ulet.

Pada pengujian bending mendapatkan nilai rata-rata kekuatan bending tertinggi pada gerakan elektroda U sebesar 111,2 MPa, dan nilai rata-rata kekuatan bending terendah pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 97,4 MPa. Hal ini juga menunjukkan bahwa ada pengaruh gerakan elektroda terhadap pengujian bending

Dari hasil penelitian tersebut penulis menyimpulkan jika penggunaan spesimen memerlukan nilai impak yang tinggi bisa menggunakan gerakan elektroda zig-zag, dan jika yang dilihat kekuatan bendingnya bisa menggunakan gerakan elektroda U karena mendapatkan nilai tertinggi dibanding gerakan lainnya, begitu juga dilihat dari struktur mikro daerah las zig-zag memiliki sifat yang keras itulah mengapa pada uji bending zig-zag mendapatkan nilai yang rendah.

Referensi

- [1]Asiri, Muhammad Halim, Mardin Husen, Bahdin Ahad Badia, dan Muhammad Syafrun. 2020. “Studi kekuatan sambungan las terhadap material baja TRS 500 menggunakan variasi gerakan elektroda Study of weld joint strength in TRS 500 steel material with a variety of electrode movement.” *Jurnal Polimesin* 18(2):82–90.
- [2]Bakhori, Akhmad. 2017. “Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan.” *Buletin Utama Teknik* 13(1):14–21.
- [3]Ferenza, Oktovalen, Tuparjono Tuparjono, dan Sugiyarto Sugiyarto. 2021. “Pengaruh Variasi Arus pada Pengelasan Baja ST37 Menggunakan Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) dengan Posisi Pengelasan 3F.” *Syntax Idea* 3(8):1967–78. doi: 10.46799/syntax-idea.v3i8.1432.
- [4]Hudiono, dan Pramudya Imawan Santoso. 2020. “Pengaruh Besarnya Arus Las SMAW Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Pada Sambungan Plat A36 Pada Pembuatan Pelat Baja Badan Kapal.” *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan (SEMITAN II)* 2(1):5–9.
- [5]Kosasih, Deny Poniman, Fadli Nurrramadhan, dan Arif Rachman Hakim Hakim. 2017. “Analisa Perbandingan Pengaruh Welding Repair Pada Pengelasan SMAW Dengan Menggunakan Elektroda RB - 26 Kobe Steel dan RD-260 Nikko Steel Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah.” *Jurnal Mesa* (ISSN : 23-55-9241):8.
- [6]Mohruni, A. S., dan B. H. Kembaren. 2013. “Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E6013.” 13(1):1–8.
- [7]Naharuddin, N., Sam, A., & Nugraha, C. (2015). Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada material baja SM 490 dengan metode pengelasan SMAW dan SAW. *Jurnal Mekanikal*, 6(1).
- [8]Pambudi, Fachri, Helmi Athallah, Haris Abizar, Pendidikan Vokasional, Teknik Mesin, Universitas Sultan, dan Ageng Tirtayasa. 2022. “Seminar nasional kependidikan fkip ust.” 1(1):23–32.
- [9]Putri, Fenoria. 2010. “Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Jarak Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik, Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda 6013.” *Jurnal Austent* 2(2):13–25.
- [10] Santoso, Trinova Budi, Solichin, dan Prihanto Tri Hutomo. 2020. “Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016.” *Jurnal Rekayasa Mesin* 15(1):20
- [11]Saputra, Rudi, dan Estu Tyastomo. 2017. “Perbandingan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pegas Daun Yang Mengalami Proses Heat Treatment.” *Bina Teknika* 12(2):185. doi: 10.54378/bt.v12i2.72.
- [12]Sidiq, Abdurahim, dan Ice Trianiza. 2019. “Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Propeller Kapal Jenis Stainless Steel 304 Pasca Pengelasan Dengan Dua Jenis Elektroda Nsn 308 Dan Nc-39.” *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 4(1):18–21. doi: 10.31602/al-jazari.v4i1.1962.
- [13]Suastiyanti, Dwita, dan Muhammad Kemal Hasybi. 2018. “Kekerasan Hasil Pengelasan TIG dan SMAW pada Stainless Steel SS 304 untuk Aplikasi Boiler Shell.” *Prosiding Seminar Nasional Pakar* 47–52. doi: 10.25105/pakar.v0i0.2602.
- [14]Thamrin, Ismail. 2009. “Analisa Tegangan-Regangan Struktur Pegas Daun Akibat Modifikasi Penekanan.” *Jurnal Rekayasa Mesin* 9(1):018–022.
- [15]Tarik, V. A. T. K. (2013). Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Hasil Pengelasan SM490. *Jurnal Mekanikal*, 4(2), 393-402.
- [16]Wahyudi, R., Nurdin., dan Saifuddin.

2019. “Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah Dengan Baja Karbon Sedang Terhadap Tensile Strength.” *Journal of Welding Technology* 1(2):43–47.