

The Effect of Process Parameters on Welding SPHC (Steel Plate Hot Rolled Coiled) Material on Tensile Strength

[Pengaruh Parameter Proses pada Pengelasan Material SPHC (Steel Plate Hot Rolled Coiled) terhadap Kekuatan Tarik]

Igam Faruq Abdillah¹⁾, Mulyadi^{*.2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *This study investigates the impact of welding process parameters and cooling media on the tensile strength of SPHC (Steel Plate Hot Commercial) materials using SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Welding is crucial in manufacturing and construction, with parameters like current and cooling media influencing mechanical properties. SPHC samples were welded with currents of 90A, 100A, and 110A, and cooled using air, water, or oil. Tensile strength tests on the welded specimens revealed that both increased current and variations in cooling media affect tensile strength. Air cooling produced the highest tensile strength, with a specimen welded at 110A showing 439.519 MPa. In comparison, water cooling yielded 435.099 MPa and oil cooling resulted in 429.268 MPa, highlighting air as the most effective cooling medium for enhancing tensile strength.*

Keywords - SMAW Welding; SPHC Materials; tensile strength.

Abstrak. *Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi parameter proses pengelasan dan media pendingin terhadap kekuatan tarik bahan SPHC (Steel Plate Hot Commercial) menggunakan proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Pengelasan adalah metode umum dalam industri manufaktur dan konstruksi, dengan parameter seperti arus dan media pendingin mempengaruhi sifat mekanik dan kekuatan tarik hasil pengelasan. Dalam penelitian ini, bahan SPHC dilas dengan variasi arus 90A, 100A, dan 110A serta tiga jenis media pendingin: udara, air, dan minyak. Setelah proses pengelasan, spesimen diuji kekuatan tariknya untuk menentukan bagaimana variasi arus dan media pendingin mempengaruhi hasil pengelasan. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya arus pengelasan dan variasi media pendingin. Media pendingin udara memberikan hasil kekuatan tarik tertinggi, dengan spesimen pada arus 110A menunjukkan kekuatan tarik 439,519 MPa, lebih tinggi dibandingkan pendingin air 435,099 MPa dan minyak 429,268 MPa.*

Kata Kunci - pengelasan SMAW; material SPHC; kekuatan tarik.

I. PENDAHULUAN

Ada banyak jenis plat baja yang digunakan dalam proses pembuatan, dan masing-masing jenis memiliki kualitas unik yang membuatnya sesuai untuk digunakan dalam berbagai industri. Plat baja memiliki peran penting dalam aplikasi konstruksi yang menuntut kekuatan dan ketahanan tinggi. Selain digunakan untuk keperluan konstruksi, plat baja juga sering menjadi bahan dasar dalam pembuatan kendaraan seperti mobil, truk, traktor, dan sebagainya. Salah satu jenis plat baja yang umum digunakan dalam industri adalah SPHC.[1]

SPHC adalah jenis material plat baja komersial yang memiliki kualitas tinggi dan dirancang khusus untuk proses pembentukan, termasuk dalam kategori pembagian lembaran logam. Baja plat ini memiliki bentuk lembaran dan terbuat dari campuran baja karbon dan baja canai panas. Secara umum, SPHC memiliki warna hitam atau gelap. Karena bahan SPHC memiliki konsentrasi karbon maksimum 0,15%, itu termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Ini juga memiliki maksimum 0,6% mangan (Mn), maksimum 0,05% fosfor (P), maksimum 0,05% sulfur (S), dan sisanya terdiri dari besi (Fe) dengan tingkat pengotor yang sangat kecil.[2]

Baja diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah jika memiliki persentase kadar karbon antara 0,005% hingga 0,3%. Standar JIS G 3131 menetapkan batasan komposisi kimia dan sifat mekanik untuk material SPHC. Dalam penelitian ini, SPHC akan digunakan sebagai bahan spesimen uji tarik dari hasil sambungan las posisi datar 1G dengan variasi arus pengelasan dan media pendingin yang berbeda. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan hasil terbaik dari uji tarik yang dilakukan pada sambungan las SPHC. Variasi arus pengelasan dan media pendingin yang diterapkan akan dievaluasi untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruhnya terhadap sifat mekanis dan kekuatan hasil sambungan las.

Pengujian diperlukan untuk memahami karakteristik mekanik material, dan salah satu tes yang paling banyak digunakan adalah uji tarik. Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah.[3] Untuk rekayasa teknik dan desain produk, data kekuatan material yang didapatkan dari hasil pengujian tarik sangat penting, pengujian tarik banyak

dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan, dengan pengujian tarik dapat diukur daya tahan suatu material terhadap gaya statis yang diterima secara perlahan-lahan.[4]

Uji tarik ini adalah prosedur yang relatif mudah dan terjangkau yang telah distandarisi secara global, misalnya, di JIS 2241 Jepang dan ASTM E8 Amerika. Kita dapat menentukan kapasitas perpanjangan material dan respons cepatnya terhadap gaya tarik menarik dengan menariknya. Pengujian tarik membutuhkan peralatan eksperimental agar sangat kaku dan memiliki pemahaman yang kuat. Produsen peralatan uji tarik terkenal termasuk Dartec, Instron, dan Shimadzu.[5]

Proses penyambungan logam yang disebut pengelasan dapat dilakukan dengan atau tanpa penambahan logam baru. Ini memerlukan fusi sebagian dari logam induk dan logam pengisi di bawah tekanan. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan sambungan yang kontinyu antara dua atau lebih bahan logam, menciptakan kekuatan dan integritas struktural yang dapat diandalkan.[6][7] *American Welding Society* (AWS) mendefinisikan pengelasan sebagai ikatan metalurgi yang dibuat dengan bergabungnya logam atau paduan, baik cair maupun padat. Pemahaman ini menunjukkan bahwa tautan dibuat oleh proses metalurgi pada banyak batang logam cair atau meleleh. Prosedur ini memanfaatkan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran gas dan arus listrik.[8] Salah satu jenis mesin las yang digunakan dalam industri manufaktur yaitu mesin las SMAW. Pengertian SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) atau las busur logam terlindung adalah suatu proses pengelasan busur listrik dimana energi panas untuk pengelasan dibangkitkan oleh busur listrik yang terbentuk antara elektroda logam yang terbungkus dan benda kerja.[9]

Energi panas listrik, yang dapat memiliki polaritas AC (arus bolak-balik) atau DC (arus searah), digunakan dalam SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) atau pengelasan busur listrik. Melalui penggunaan elektroda, energi listrik diubah menjadi energi panas dalam proses ini. Waktu proses pengelasan, elektroda akan meleleh, dan logam cair dari elektroda tersebut bergabung dengan bahan kerja atau material yang akan disambung. Dengan demikian, terbentuklah sambungan las yang kuat.[10][11]

Kekuatan sambungan las tergantung pada kaliber bahan yang dilas serta model pengelasan yang digunakan. Selama proses pengelasan, logam melewati siklus termal yang melibatkan pemanasan dan pendinginan cepat di area pengelasan. Perubahan metalurgi dan deformasi material yang dihasilkan dari proses ini berpotensi mempengaruhi kualitas sambungan las.[12][13] Ketangguhan sambungan, kekuatan tarik, struktur mikro logam, dan jenis gangguan potensial adalah beberapa faktor penting yang dipengaruhi oleh siklus panas ini.[14] Untuk mengontrol proses pengelasan dengan benar dan mencegah kekurangan atau kelemahan pada sambungan las, sangat penting untuk memahami siklus panas ini. Kontrol suhu, laju pendinginan, dan penggunaan teknik pengelasan yang sesuai dapat meminimalkan dampak negatif dari siklus termal pada sambungan las dan memastikan tercapainya sifat mekanik yang diinginkan pada hasil akhirnya.[15][16]

Hasil dari operasi pengelasan sangat dipengaruhi oleh penyetelan yang kuat dari arus pengelasan. Busur listrik mungkin sulit dinyalakan jika arusnya terlalu rendah. Bahan dasar dan elektroda mungkin tidak meleleh karena panas yang tidak mencukupi, dan busur listrik yang tidak stabil dapat muncul. Oleh karena itu, sambungan las akan memiliki riig yang lebih kecil, permukaan yang tidak teratur, dan penetrasi yang berkurang.

Di sisi lain, arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan elektroda meleleh terlalu cepat. Hal ini dapat menyebabkan penetrasi yang lebih dalam dan permukaan las yang lebih luas, tetapi juga dapat menyebabkan masalah seperti deformasi yang tidak diinginkan dan perubahan struktur mikro logam. Untuk mendapatkan keadaan ideal yang sesuai untuk jenis material dan kondisi pengelasan yang dimaksudkan, penyesuaian arus pengelasan harus dilakukan dengan hati-hati.[17]

Sebelumnya penelitian yang membahas pengaruh variasi ampere terhadap kekuatan tarik telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh pada hasil pengelasan. Penelitian tentang hasil pengelasan pada material baja karbon rendah yaitu baja St 37 dengan menggunakan pengelasan MIG. Dampak kekuatan tarik yang ditimbulkan dari variasi ampere yang digunakan menunjukkan bahwa hasil pengelasan pada ampere 120A memberikan fenomena terjadinya penurunan pada besaran kekuatan tarik dan regangan hasil tersebut memperlihatkan telah terjadinya deformasi pada material, sehingga kekuatan dan ketangguhan material menurun. Sedangkan kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh pada pengelasan yang menggunakan kuat arus sebesar 110A, dengan nilai $16,9 \text{ kg/mm}^2$. Hal tersebut menunjukkan variasi kuat arus listrik memberikan pengaruh las MIG terhadap kekuatan sambungan las.[7]

Berdasarkan hasil tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan pengelasan dengan menggunakan mesin las SMAW yang lebih ideal untuk berbagai kondisi, termasuk di luar ruangan, dengan variasi ampere las yang direkomendasikan dari elektroda yang digunakan.[18][19] Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah AWS A5.1 E6013 dengan diameter 3,2 mm, menggunakan posisi 1G dengan variasi arus 90A, 100A dan 110A. Bahan material yang digunakan baja karbon rendah SPHC spesifikasi setara dengan ASTM E8.

II. METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian kuantitatif komparatif adalah kategori di mana penelitian ini jatuh. Metodologi penelitian yang dikenal sebagai penelitian kuantitatif mengumpulkan data dalam bentuk numerik dan menerapkan teknik statistik untuk memeriksanya. Studi komparatif, di sisi lain, berusaha untuk menentukan berapa banyak variabel berbeda antara dua atau lebih kelompok yang berbeda. Tujuan dari penyelidikan ini adalah untuk memastikan sambungan las material SPHC mana yang menghasilkan temuan kekuatan tarik terbaik.

Pengujian tarik dilakukan dengan variasi arus pengelasan yang telah ditentukan. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data, sementara metode statistik akan digunakan untuk mengolah data tersebut. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi yang signifikan tentang dampak perubahan arus pengelasan pada kekuatan tarik sambungan las dari bahan SPHC.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

a) Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan program studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang yang beralamat di Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur.

b) Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini di mulai dari tanggal disetujuinya pengajuan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 1. Jadwal Penelitian

| No | Uraian Kegiatan | Bulan | | | | | |
|----|---------------------------|-------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Pengajuan Judul | ■ | | | | | |
| 2 | Studi Literatur | ■ | ■ | ■ | | | |
| 3 | Penulisan Bab 1 s/d Bab 3 | | ■ | ■ | ■ | | |
| 4 | Seminar Proposal | | | | ■ | | |
| 5 | Pembuatan Spesimen | | | | ■ | | |
| 6 | Pengujian Spesimen | | | | | ■ | |
| 7 | Pengolahan Data | | | | | | ■ |
| 8 | Sidang | | | | | | ■ |

C. Alat dan Bahan Penelitian

a) Alat Penelitian

Instrumen berikut akan digunakan dalam penyelidikan ini:

1) Mesin las SMAW



Gambar 1. Mesin Las SMAW

Mesin pengelasan SMAW adalah perangkat yang mengolah penyambungan logam dengan menggunakan energi panas untuk melelehkan benda kerja dan elektroda (materi pengisi). Pada proses pengelasan SMAW,

energi panas dihasilkan oleh lompatan ion listrik (katoda dan anoda) yang terjadi di ujung elektroda dan permukaan material. Jenis pelindung yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW adalah lapisan flux yang terdapat pada elektroda. Flux pada elektroda SMAW berperan dalam melindungi logam las yang meleleh selama proses pengelasan. Setelah proses tersebut selesai, flux akan menjadi slag setelah mengeras.

2) Mesin *Tensile Test*

Mesin ini merupakan perangkat utama yang digunakan untuk melakukan uji tarik pada spesimen sambungan las material SPHC. Dalam konteks penelitian ini, mesin uji tarik yang digunakan adalah milik Politeknik Negeri Malang dengan merek Tarno Grocki, yang memiliki kapasitas sebesar 100 kN.



Gambar 2. Mesin Uji Tarik

3) Jangka Sorong

Dalam penyelidikan ini, spesimen diukur dengan jangka sorong untuk melihat apakah mereka mematuhi persyaratan yang diperlukan. Ini juga bertindak sebagai alat untuk mengevaluasi bentuk atau ukuran spesimen setelah uji tarik selesai.



Gambar 3. Jangka sorong

b) Bahan Penelitian

Sumber daya berikut akan digunakan dalam penyelidikan ini:

1) Material SPHC

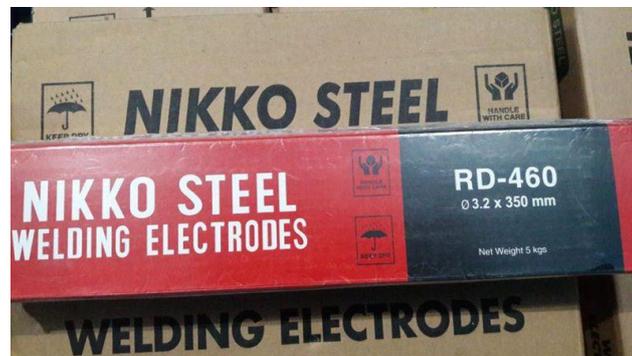
Material SPHC merupakan material yang memiliki bentuk seperti lembaran dengan kandungan baja karbon dan baja canai panas. Umumnya SPHC memiliki warna yang hitam atau cenderung gelap.



Gambar 4. Material SPHC

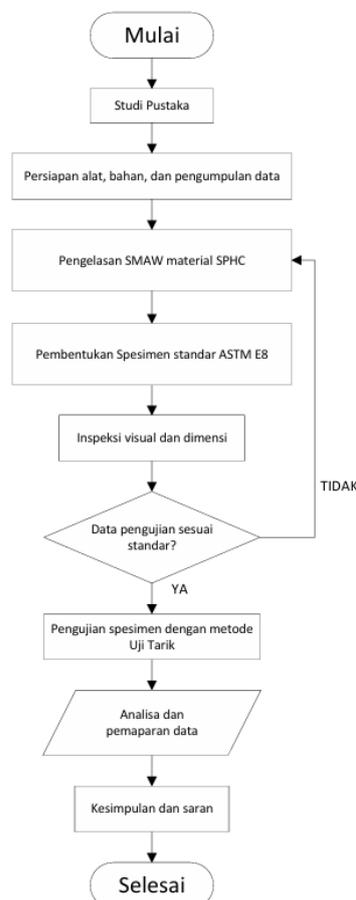
2) Elektroda las

Dalam proses pengelasan listrik, bahan yang dikenal sebagai elektroda las, atau kawat las, digunakan sebagai zat pembakaran yang menghasilkan busur api. Elektroda RD-460 E 6013, berukuran $\text{Ø}3,2 \times 350 \text{ mm}$, adalah elektroda yang digunakan dalam penyelidikan ini.



Gambar 5. Elektroda

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

E. Prosedur Penelitian

a) Studi Literatur, Persiapkan Alat dan Bahan

Tinjauan penelitian sebelumnya serta pencarian buku dan majalah adalah langkah pertama dalam setiap proyek penelitian. Selanjutnya, siapkan bahan dan alat yang dibutuhkan untuk proses pengelasan, seperti mesin uji tarik, elektroda las, dan material SPHC.

b) Pengaturan parameter pengelasan

1) Parameter pengelasan yang dibuat tetap:

- Polaritas : DCEN
 - Posisi pengelasan : Datar (1G)
 - Kampuh las : I (*Square Groove*)
- 2) Parameter pengelasan yang dibuat variasi:
- Arus listrik pengelasan (Ampere) mulai dari 90A, 100A dan 110A adalah parameter pengelasan yang diaplikasikan dalam penyelidikan ini.
 - Media pendingi udara, air dan oli akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2. Variasi Parameter Proses

| Kode Spesimen | Polaritas | Arus | Pendingin |
|---------------|-----------|------|-----------|
| A1 | DCEN | 90 | Udara |
| A2 | DCEN | 100 | Udara |
| A3 | DCEN | 110 | Udara |
| B1 | DCEN | 90 | Air |
| B2 | DCEN | 100 | Air |
| B3 | DCEN | 110 | Air |
| C1 | DCEN | 90 | Oli |
| C2 | DCEN | 100 | Oli |
| C3 | DCEN | 110 | Oli |

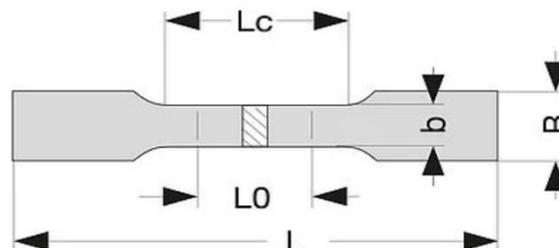
c) Proses pengelasan

Penelitian ini akan menggunakan meja kerja dengan posisi pengelasan datar 1G untuk prosedur pengelasannya.

**Gambar 7.** Posisi Pengelasan 1G

d) Pembuatan spesimen uji tarik sambungan las

Mengenai penelitian ini, saya membuat spesimen uji dari bahan material SPHC, yang saya las ke komponen yang akan diperiksa. Dimensi standar ASTM E8, yang ditampilkan pada gambar dan tabel di bawah ini, sesuai dengan bentuk geometris material SPHC yang akan dilas untuk menilai kekuatan sambungan las:

**Gambar 8.** Dimensi spesimen standar ASTM E8

Tabel 3. Dimensi Spesimen Standar ASTM E8

| Dimensi (mm) | | | | | | | |
|--------------|----------------|----|----------------|------|------|--|--|
| b | L ₀ | B | L _c | L | Δb | | |
| 12,5 | 50 | 20 | 60 | ≥200 | 0,05 | | |

**Gambar 9.** Spesimen material SPHC

e) Inspeksi visual hasil pengelasan

Berikut ini adalah standar untuk pemeriksaan visual di area yang dilas:

- 1) Porositas dan *undercut* pada permukaan las tidak diizinkan dalam hasil pengelasan visual; Jika terjadi, lasan dikatakan gagal (ditolak).
- 2) Dasar material logam tidak dapat ditembus dengan penetrasi logam las; Jika hal ini terjadi, material akan terlubangi dan hasil las akan dianggap tidak berhasil (*reject*).

f) Uji Tarik sambungan las spesimen

Pengujian tarik merupakan metode yang efektif untuk memahami respons atau perilaku mekanis suatu material terhadap pembebanan atau deformasi eksternal. Uji tarik bekerja pada premis dasar penerapan tegangan tarik pada spesimen dengan ukuran dan bentuk tertentu. Spesimen ditarik terus menerus sampai bahan uji pecah, dan peningkatan panjang diukur selama proses. Kurva regangan adalah kurva yang menunjukkan perubahan panjang ini. Ini adalah kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik dimana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) selalu tetap, kurva yang menyatakan hubungan antara strain dan stress seperti ini disingkat kurva SS (SS curve).[20] Persamaan hubungan antara tegangan dan regangan dapat dirumuskan sebagai berikut

1) Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Dimana :

σ = Besarnya tegangan (kg/mm²)

F = Beban yang diberikan (Kg/mm²)

A₀ = Luas penampang awal benda uji

2) Regangan :

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0}$$

Dimana :

ϵ = Besarnya regangan

L₁ = Panjang benda uji setelah pengujian (mm)

L₀ = Panjang awal benda uji

3) Modulus elastis :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas

σ = Besarnya tegangan

ϵ = Besarnya regangan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Tarik

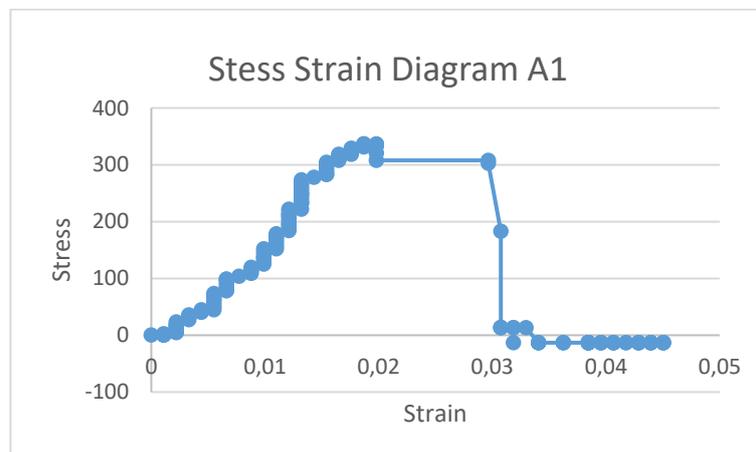
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari hasil pengelasan SMAW material SPHC sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*), ukuran deformasi atau perubahan bentuk relatif dari suatu material ketika dikenakan gaya tarik (regangan), dan Modulus Elastisitas yaitu kekakuan atau ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis ketika gaya diterapkan.

Pengujian dengan menggunakan *Universal Tensile Testing Machine* model *Tarno Test Grocki* UPH 100 kN milik Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Pada bab ini, hasil dari penelitian mengenai pengaruh variasi arus pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada plat SPHC terhadap kekuatan tarik dengan media pendingin udara, air, dan oli akan dijelaskan secara rinci.

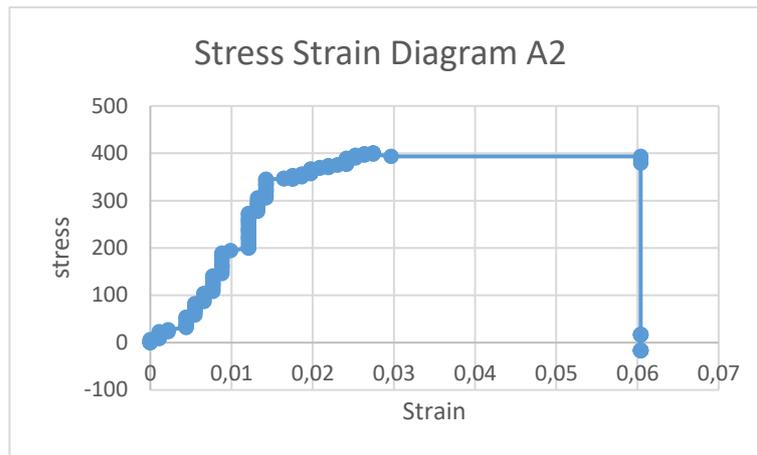


Gambar 10. Proses Pengujian Tarik Spesimen

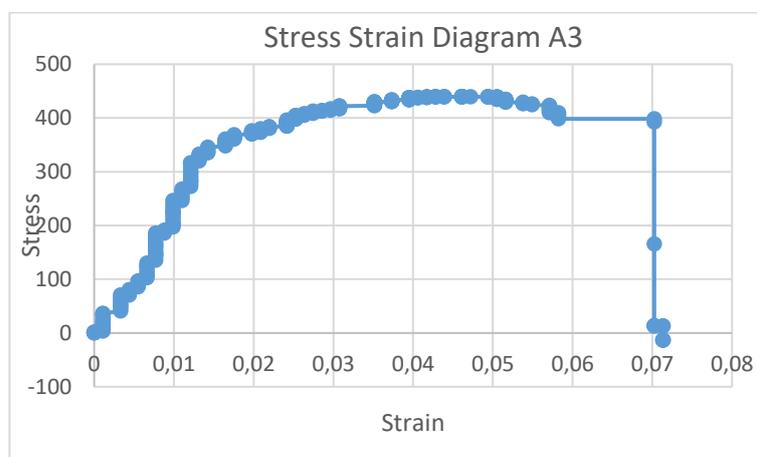
Selama uji tarik, *load* dan *elongation* diukur secara bersamaan untuk membuat kurva tegangan-regangan (*stress-strain curve*). Kurva ini memberikan informasi rinci tentang sifat mekanik material.



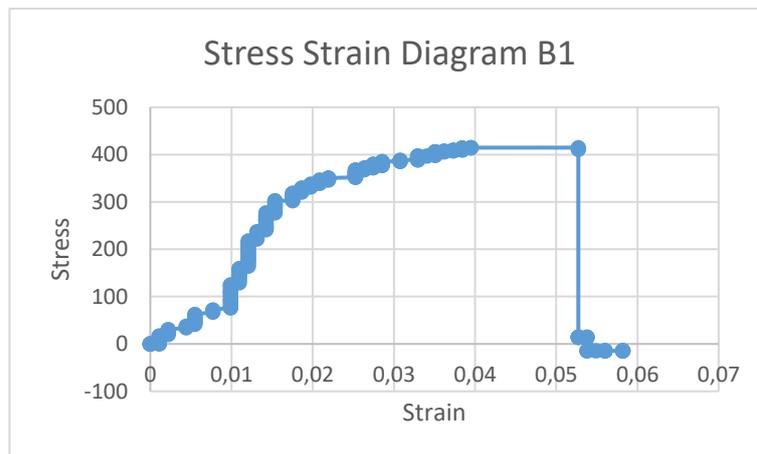
Gambar 11. Diagram *Stress Strain* Spesimen A1



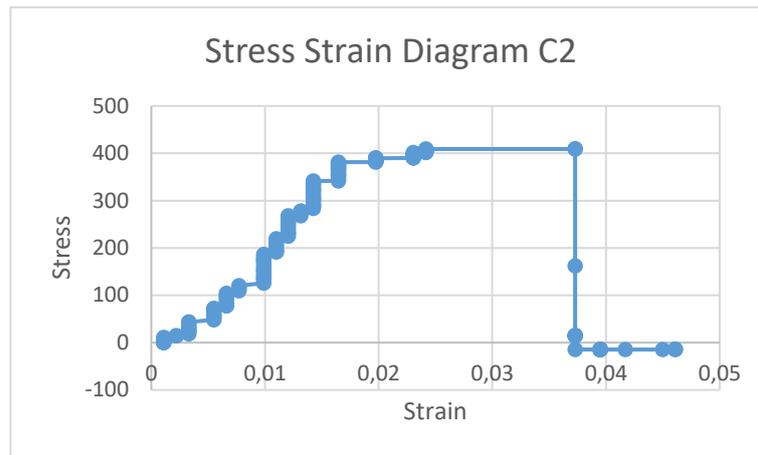
Gambar 12. Diagram *Stress Strain* Spesimen A2



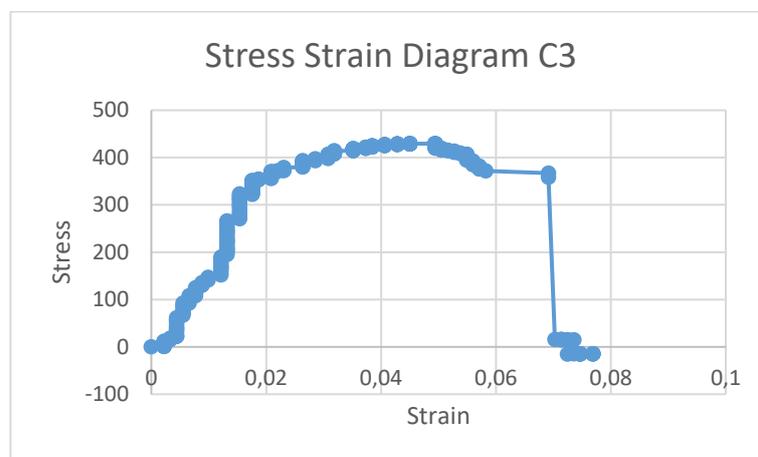
Gambar 13. Diagram *Stress Strain* Spesimen A3



Gambar 14. Diagram *Stress Strain* Spesimen B1



Gambar 18. Diagram *Stress Strain* Spesimen C2



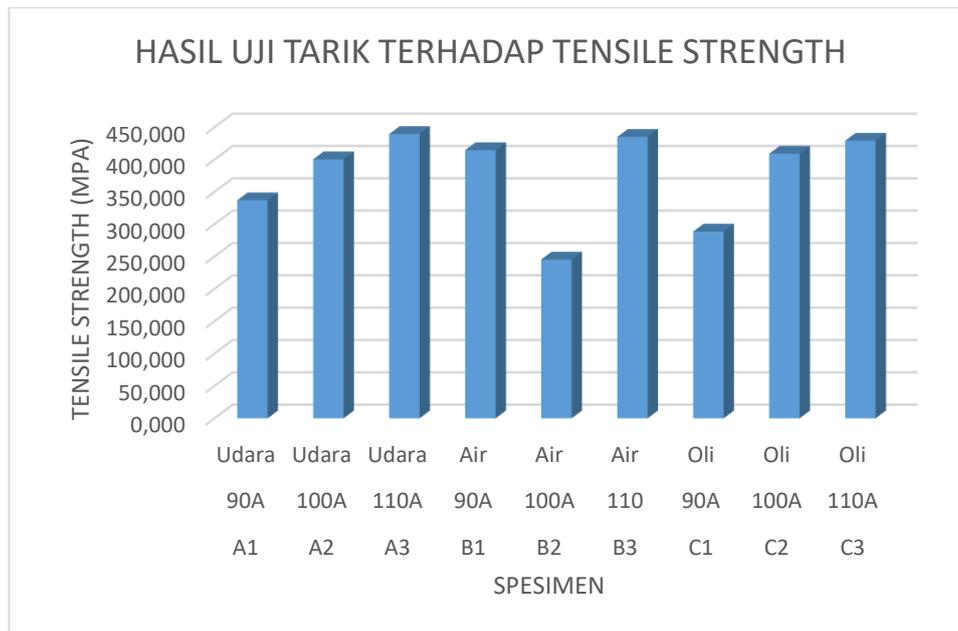
Gambar 19. Diagram *Stress Strain* Spesimen C3

Data-data hasil pengujian tarik pada spesimen dengan variasi arus pengelasan serta media pendingin yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada. Data-data tersebut selanjutnya dapat dilihat dari Tabel 4.

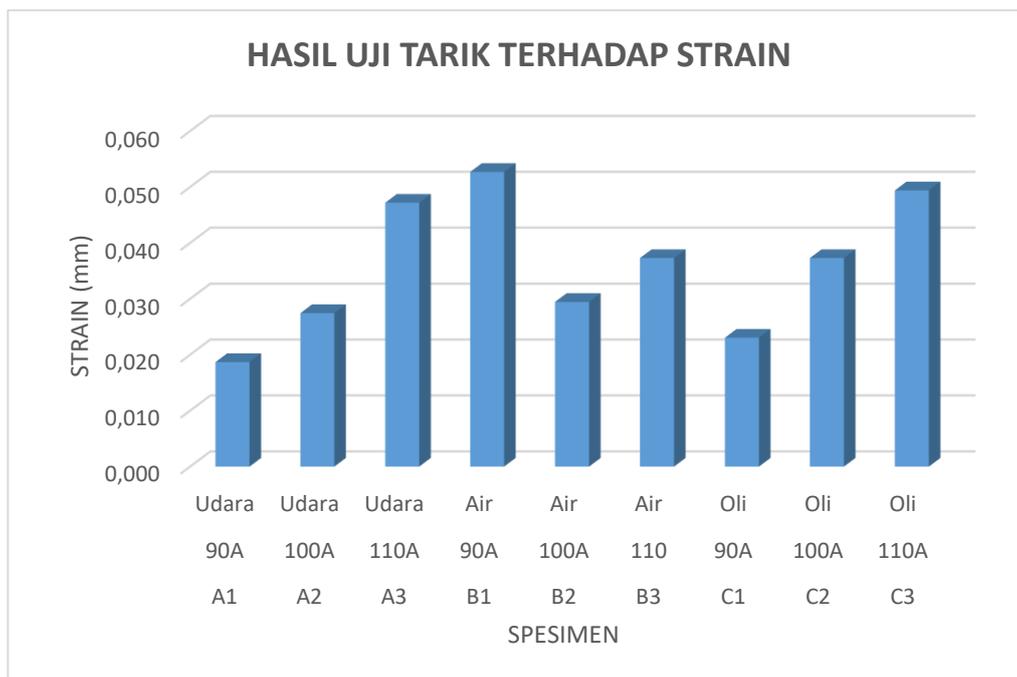
Table 4. Data Hasil Pengujian Tarik Spesimen

| Kode | Arus | Pendingin | Hasil Uji Tarik | | |
|------|------|-----------|-----------------|----------------|----------------|
| | | | Stress (Mpa) | Strain (mm/mm) | M. Young (Mpa) |
| A1 | 90A | Udara | 337,10 | 0,019 | 18026,47 |
| A2 | 100A | Udara | 400,40 | 0,027 | 14586,41 |
| A3 | 110A | Udara | 439,52 | 0,047 | 9311,84 |
| B1 | 90A | Air | 414,65 | 0,053 | 7868,11 |
| B2 | 100A | Air | 245,45 | 0,029 | 8334,56 |
| B3 | 110 | Air | 435,10 | 0,037 | 11664,86 |
| C1 | 90A | Oli | 288,78 | 0,023 | 12528,62 |
| C2 | 100A | Oli | 409,16 | 0,037 | 10969,38 |
| C3 | 110A | Oli | 429,27 | 0,049 | 8689,64 |

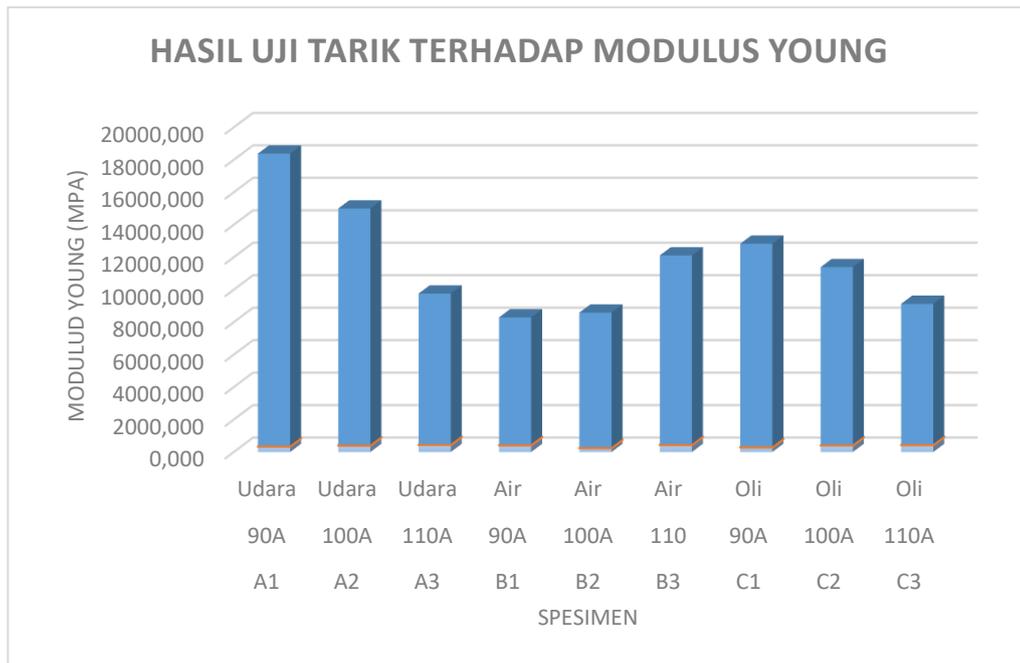
Data dari Tabel 4. hasil pengujian tarik selanjutnya dimasukkan ke dalam diagram batang seperti di bawah ini:



Gambar 20. Diagram Hasil Uji Tarik Spesimen terhadap *Tensile Strength*



Gambar 21. Diagram Hasil Uji Tarik Spesimen terhadap *Strain*



Gambar 22. Diagram Hasil Uji Tarik Spesimen Terhadap Moudulus Young

B. Pembahasan

Pada pembahasan ini dijelaskan secara rinci diagram batang yang sudah di tampilkan di atas.

a) Pengaruh Arus Pengelasan dan Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kekuatan tarik seiring dengan bertambahnya arus pengelasan dan variasi media pendingin. Media pendingin udara memberikan hasil kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan air dan oli, yaitu pada kode spesimen A3 dengan arus pengelasan 110A media pendingin udara mempunyai kekuatan tarik 439,519 Mpa, paling tinggi di bandingkan dengan kode spesimen B3 dengan arus pengelasan 110A media pendingin air mempunyai kekuatan tarik 435,099 Mpa dan kode spesimen C3 dengan arus pengelasan 110A media pendingin oli mempunyai kekuatan tarik 429,268 Mpa.

b) Pengaruh Arus Pengelasan dan Media Pendingin terhadap regangan (*strain*)

Strain cenderung meningkat dengan peningkatan arus pengelasan pada semua media pendingin, meskipun terdapat variasi pada spesimen dengan pendingin air.

c) Pengaruh Arus Pengelasan dan Media Pendingin terhadap Modulus Elastisitas

Modulus Young cenderung menurun dengan peningkatan arus pengelasan pada spesimen yang didinginkan dengan udara dan oli. Pada spesimen yang didinginkan dengan air, terdapat peningkatan *Modulus Young* pada arus 110A.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari pengaruh variasi arus pada pengelasan material SPHC (*Steel Plate Hot Rolled Coiled*) terhadap kekuatan tarik maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat peningkatan kekuatan tarik seiring dengan bertambahnya arus pengelasan dan variasi media pendingin. Media pendingin udara memberikan hasil kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan air dan oli, yaitu pada kode spesimen A3 dengan arus pengelasan 110A media pendingin udara mempunyai kekuatan tarik 439,519 Mpa, paling tinggi di bandingkan dengan kode spesimen B3 dengan arus pengelasan 110A media pendingin air mempunyai kekuatan tarik 435,099 Mpa dan kode spesimen C3 dengan arus pengelasan 110A media pendingin oli mempunyai kekuatan tarik 429,268 Mpa.
2. Secara keseluruhan, arus pengelasan dan media pendingin memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanis spesimen yang diuji. Udara sebagai media pendingin memberikan hasil kekuatan tarik yang lebih stabil dan konsisten dengan peningkatan arus pengelasan, sementara air dan oli menunjukkan variasi yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang membantu memfasiliasi untuk kelancaran proses penelitian. Terimakasih juga kepada pihak yang terkait bapak/ibu dosen yang membimbing mahasiswa untuk maju sampai pada tahap ini.

REFERENSI

- [1] Eiko Yasuhara; Akio Tosaka; Osamu, F. N. Uchiyama;, and Yamada, “High-Strength Hot-Rolled Steel Sheet Having Excellent Stretch Flangeability, And Method Of Producing The Same,” 2002.
- [2] “JIS G 3131-Commercial Hot Rolled SPHC Steels,” Mater. Grades, p. 2012, Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.materialgrades.com/jis-g-3131-commercial-hot-rolled-sphc-steels-24.html>
- [3] M. Mulyadi, “Pengaruh Model Speciment Uji Tarik Pada Pengelasan Besi Fc-30 Di Lihat Dari Kekuatan Tarik Pengelasan,” *Rekayasa Energi Manufaktur*, vol. 1, no. 2, p. 29, 2016, doi: 10.21070/r.e.m.v1i2.658.
- [4] D. Kujawski and P. C. R. Sree, “Modeling of environmentally assisted fatigue crack growth behavior,” *Corros. Rev.*, vol. 33, no. 6, pp. 351–359, 2015, doi: 10.1515/correv-2015-0064.
- [5] F. Y. Muh Al fatih Hendrawan, “Kajian Kapasitas Pengelasan Plat Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidworks),” *J. Ilm. Mhs. Tek. [JIMT]*.
- [6] N. Julian, U. Budiarto, and B. Arswendo, “Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 277–285, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [7] O. Ferenza, T. Tuparjono, and S. Sugiyarto, “Pengaruh Variasi Arus pada Pengelasan Baja ST37 Menggunakan Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) dengan Posisi Pengelasan 3F,” *Syntax Idea*, vol. 3, no. 8, pp. 1967–1978, 2021, doi: 10.46799/syntax-idea.v3i8.1432.
- [8] F. Y. Muh Al fatih Hendrawan, “Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (Smaw) Dari Pipa Baja Diameter 2,5 Inchi,” *J. Din.*, vol. 2, no. 14, pp. 16–22.
- [9] B. B. Ginting, “Analisa Kekuatan Tarik Pengelasan SMAW pada Material Baja Hardox Steel 450,” *Prodi Tek. Mesin, Jur. Tek. Mesin, Politek. Negeri Medan*, vol. 7, no. 2, pp. 7584–7590, 2023.
- [10] E. Tarigan, A. Sebayang, L. Tarigan, and F. Fahmi Hassan, “Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik Material Baja Hardox Steel 450 dengan Mild Steel pada Pengelasan SMAW,” *J. Pendidik. Tambusa*, vol. 7, no. 2, pp. 3708–3715, 2023.
- [11] F. Y. Muh Al fatih Hendrawan, “Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Smaw Stainless Steel 312 Dengan Variasi Arus Listrik,” *Mekanikal*, vol. 9, no. 1, pp. 814–822.
- [12] A. Ardi, M. H. Asri, and M. Mardin, “Analisis Pengaruh Variasi Bentuk Sambungan Terhadap Karakteristik Mekanis Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW Dan GTAW,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 12201–12219, 2024, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/9002>
- [13] V. A. Setyowati and S. Suheni, “Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Strukturmakro,” *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 29, 2016, doi: 10.31284/j.iptek.2016.v20i2.40.
- [14] P. S. Gowthaman, J. Gowthaman, A. Muthukumar, and L. Vadivel Kannan, “A Weldment characteristics on Friction stir welding process for shipbuilding materials,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 455, no. 1, pp. 0–8, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/455/1/012070.
- [15] U. Pandapotan and M. Mulyadi, “Pengaruh Media Pendingin terhadap Porositas dan Kekuatan Tarik menggunakan Pengelasan SMAW DCSP pada Material Pipa Baja Karbon SCH40,” *Innov. Technol. Methodical Res. J.*, vol. 3, no. 3, p. 8, 2024, doi: 10.47134/innovative.v3i3.108.
- [16] T. Wiyono, “Penentuan Pengelasan Dissimiliar Alluminium dan Pelat Baja Karbon Rendah dengan Variasi Waktu Pengelasan dan Arus Listrik,” *J. Foundry*, vol. 2, no. 1, pp. 19–23, 2012.
- [17] F. Y. Muh Al fatih Hendrawan, “Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 26–36, doi: 10.22441/jte.v7i1.813.
- [18] A. Purwanto, W. Wijoyo, and A. Fajar Riyadin, “Pengaruh Polaritas Mesin Las pada Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Baja Karbon Rendah,” *J. Tek. Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 150–158, 2023, doi: 10.58860/jti.v2i4.238.
- [19] S. Kumar, “E6013 Electrode Specification, meaning, with actual MTC,” *materialwelding*. Accessed: Jun. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.materialwelding.com/e6013-electrode-specification-its-meaning/>

- [20] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, Fundamentals of materials science and engineering : an integrated approach LK - <https://tudelft.on.worldcat.org/oclc/798982985>. 2012.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.