

## Analisis Kekerasan Hasil Sambungan Las SMAW Pada Baja SKD-11 Dengan Variasi Elektroda

Wasis Jatmika \*<sup>1</sup>  
Beni Syahputra <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Bengkalis

\*e-mail: [wasis.bks09@gmail.com](mailto:wasis.bks09@gmail.com), [benisyahputra3@gmail.com](mailto:benisyahputra3@gmail.com)

### Abstrak

Baja SKD-11 dapat dilas dengan metode las busur listrik, las gas, dan las tahanan listrik, namun pengelasan baja paduan tinggi ini lebih sulit dibandingkan baja paduan rendah karena sifat mampu las yang rendah. Jenis elektroda las mempengaruhi komposisi kimia, struktur mikro, dan sifat mekanis sambungan las, serta nilai kekerasan sambungan. Proses pengelasan menggunakan kampuh V groove dan mesin las DC 450 Volt pada posisi 1G. Elektroda yang digunakan adalah LB-52 E7016, LB-52 E7018, dan GA-24 E7024 dengan diameter 3,2 mm, serta variasi arus 130 A dan 140 A. Satu spesimen las dibuat menjadi tiga sampel. Lalu dilakukan pengujian kekerasan pada daerah base metal, HAZ dan weld metal. Terdapat perbedaan nilai kekerasan di berbagai daerah pengujian, terutama di weld metal dan HAZ. Di daerah pengujian base metal, nilai kekerasan konstan karena paling sedikit terpengaruh panas. Nilai kekerasan tertinggi di weld metal terdapat pada spesimen las LB-52 E7018 sebesar 49,51 HRC, LB-52 E7016 sebesar 49,31 HRC, dan GA-24 E7024 sebesar 25,03 HRC. Penggunaan arus 140 A menghasilkan kekerasan lebih tinggi dibandingkan arus 130 A, terutama di daerah HAZ dan weld metal.

**Kata kunci:** Arus amper, baja SKD-11, elektroda, las SMAW

### Abstract

SKD-11 steel can be welded using methods such as electric arc welding, gas welding, and resistance welding. However, welding this high-alloy steel is more challenging than low-alloy steel due to its lower weldability. The type of welding electrode affects the chemical composition, microstructure, and mechanical properties of the weld joint, as well as its hardness. The welding process used a V groove joint and a DC welding machine at 450 Volts in the 1G position. The electrodes used were LB-52 E7016, LB-52 E7018, and GA-24 E7024 with a diameter of 3.2 mm, and current variations of 130 A and 140 A. One welded specimen was divided into three samples. Hardness testing was then performed on the base metal, HAZ, and weld metal areas. There are differences in hardness values across various testing areas, particularly in the weld metal and HAZ. In the base metal area, the hardness value is constant because it is the least affected by heat. The highest hardness value in the weld metal area is found in the LB-52 E7018 weld specimen at 49.51 HRC, followed by LB-52 E7016 at 49.31 HRC, and GA-24 E7024 at 25.03 HRC. Using a current of 140 A results in higher hardness values compared to 130 A, especially in the HAZ and weld metal areas.

**Keywords:** Amperage current, steel SKD-11, electrodes, SMAW welding

### PENDAHULUAN

Baja SKD-11 adalah jenis baja perkakas paduan tinggi yang sering digunakan untuk komponen mesin yang membutuhkan kekuatan dan daya tahan tinggi. Proses pengelasan baja paduan tinggi lebih menantang dibandingkan baja paduan rendah karena sifat mampu las yang rendah. Parameter pengelasan seperti arus, tegangan, kecepatan, jenis elektroda, dan posisi pengelasan sangat mempengaruhi hasil pengelasan.

Elektroda atau kawat las berperan penting dalam pengelasan listrik, dengan hasil yang dipengaruhi oleh jenis elektroda yang digunakan. Jenis elektroda yang berbeda dapat mempengaruhi komposisi kimia, struktur mikro, dan sifat mekanis sambungan las, yang akhirnya mempengaruhi nilai kekerasan sambungan las.

### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penggunaan variasi elektroda *AWS E7016 LB-52*, *AWS E7018 LB-52* dan *AWS E-7024 GA-24* terhadap nilai kekerasan (*HRC*) pada sambungan las *SMAW* di baja *SKD-11*.
2. Mengetahui jenis elektroda manakah yang menghasilkan nilai kekerasan (*HRC*) tertinggi pada sambungan las *SMAW* di baja *SKD-11* dalam penggunaan variasi elektroda *AWS E7016 LB-52*, *AWS E7018 LB-52* dan *AWS E-7024 GA-24*.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan kuat arus 130 A dan 140 A di tiap penggunaan variasi elektroda terhadap nilai kekerasan (*HRC*) pada hasil sambungan las di baja *SKD-11*.

### Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di laboratorium Uji Bahan dan Fabrikasi Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Data yang diambil dalam pengujian adalah nilai kekerasan pada sambungan las baja *SKD11* menggunakan variasi elektroda.
3. Teknik pengelasan yang digunakan yaitu sambungan *Butt Joint* dengan posisi pengelasan *1G*.
4. Variasi elektroda yang digunakan yaitu *AWS E7016* (3,2 mm), *E7018* (3,2 mm) dan *E7024* (3,2 mm).
5. Jenis kampuh yang digunakan yaitu *V groove*.
6. Material yang dipakai yaitu baja *SKD-11*.
7. Pengujian yang dilakukan yaitu uji Kekerasan metode *Rockwell*.

### METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fabrikasi dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.

### Persiapan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja *SKD-11* dengan ukuran panjang 210 mm, lebar 300 mm dan tebal 10 mm. Variasi elektroda yang digunakan yaitu *AWS E7016 LB-52*, *AWS E7018 LB-52* dan *AWS E7024 GA-24* dengan diameter elektroda 3,2 mm.

### Proses Pengelasan Spesimen Uji

- Mempersiapkan mesin las *SMAW* dengan polaritas *DCEP*.
- Mempersiapkan elektroda *AWS E7016 LB-52*, *AWS E7018 LB-52* dan *AWS E7024 GA24* dengan diameter elektroda 3,2 mm serta elektroda *AWS E7016 LB-52* dengan diameter elektroda 2,6 mm.
- Mempersiapkan 2 buah plat baja *SKD-11* dengan ukuran 210 × 300 × 10 mm yang kedua sisi panjangnya telah dibevel 30°.
- Mengatur plat dalam posisi pengelasan 1 G *down hand*.
- Hidupkan mesin las, lalu elektroda dijepitkan pada holder dalam posisi terminal(+), kemudian kabel massa dijepitkan pada meja las dalam posisi terminal (-).
- Kuat arus yang digunakan untuk proses pengelasan *root face* yaitu 100 A (semua spesimen). Kuat arus yang digunakan untuk proses pengelasan *root gap* dan *filler* yaitu 130 (3 spesimen) dan 140 (3 spesimen).
- Pengaturan *root gap* antara 2 plat yang akan dilas yaitu berjarak 2,6 mm.
- Melakukan proses pengelasan pada kampuh *V groove* pada tiap-tiap spesimen las dengan penggunaan variasi elektroda *AWS E7016 LB-52*, *AWS E7018 LB-52* dan *AWS E7024 GA-24* (meliputi pengelasan *root face*, *root gap* dan *filler*). Setelah proses pengelasan selesai, semua spesimen di dinginkan secara *natural cooling*.

- Melakukan proses pembentukan spesimen uji

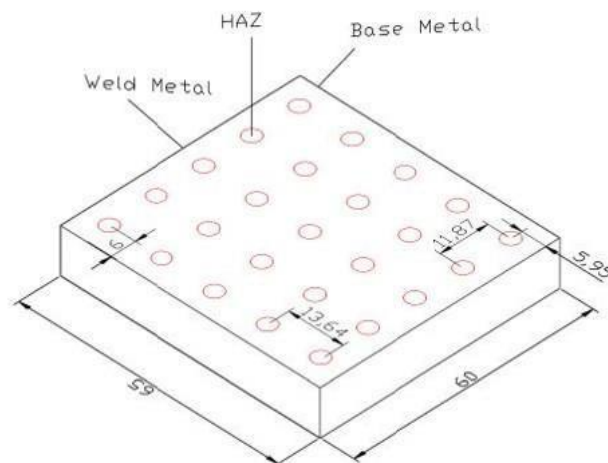
### Proses Pembentukan Spesimen Dan Sampel Benda Uji

Adapun langkah-langkah dalam pembentukan spesimen dan sampel uji sebagai berikut:

- Spesimen uji dipotong menjadi 3 bagian dengan menggunakan gerinda duduk dan bagian tersebut akan dibuat menjadi sampel uji.
- Bagian yang telah terpotong dibentuk menjadi sampel uji kekerasan dengan ukuran  $65 \times 60 \times 10$  mm dengan menggunakan gerinda duduk dan dirapikan hasil potongannya.
- Meratakan permukaan hasil las dengan menggunakan mesin *milling* dan dihaluskan dengan menggunakan amplas kasar dan halus.
- Sampel siap dilakukan pengujian kekerasan sesuai standar *ASTM E18*.

### Pengujian Kekerasan Metode *Rockwell*

Gambar 2.1 dibawah ini adalah ukuran dimensi dan titik-titik pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 2.1 Rancangan Sampel Uji Kekerasan

Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan metode *rockwell C (HRC)* untuk mengetahui nilai kekerasan pada tiap daerah pengujian dalam penggunaan variasi elektroda *AWS E7016 LB-52*, *AWS E7018 LB-52*, dan *AWS E7024 GA-24* dengan penggunaan kuat arus 130 A dan 140 A.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Kekerasan Awal Baja *SKD-11*

Sebelum proses pengelasan dilakukan, terlebih dahulu dilakukan uji kekerasan pada baja *SKD-11* untuk mengetahui nilai kekerasan awal baja *SKD-11* tanpa perlakuan panas. Adapun hasil dari proses pengujian dapat dilihat pada gambar 3.1 dan tabel 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Uji Kekerasan Awal Baja SKD-11

Tabel 3.1 Data Kekerasan Awal Material Baja SKD-11

| Titik pengujian | Nilai kekerasan (HRC) |
|-----------------|-----------------------|
| 1               | 13,5                  |
| 2               | 12,8                  |
| 3               | 11,5                  |
| 4               | 11,7                  |
| 5               | 11,7                  |
| 6               | 12                    |
| 7               | 11,5                  |
| 8               | 11,5                  |
| 9               | 12,3                  |
| 10              | 12,2                  |
| Rata-rata       | 12,07                 |

Pengujian kekerasan awal material dilakukan sebanyak 10 titik uji dan didapati nilai kekerasan rata-rata yaitu 12,07 HRC.

### Data hasil Pengujian Kekerasan Pada Tiap Sampel Dari Spesimen las

#### Data hasil Pengujian Kekerasan Pada Penggunaan Kuat Arus 130 A

Data hasil pengujian kekerasan pada tiap spesimen las dengan penggunaan variasi elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52, AWS E7024 GA-24 dan penggunaan kuat arus 130 A dicantumkan dalam tabel 3.2 berikut.

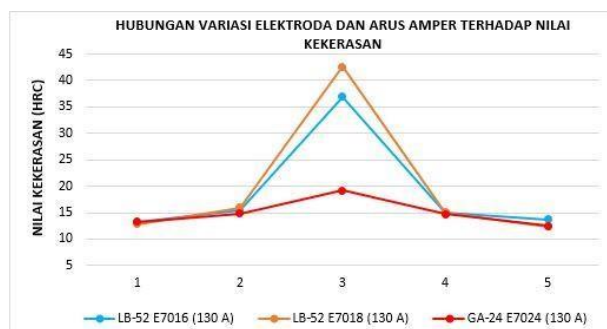
Tabel 3.2 Data Kekerasan Spesimen LB-52 E7016, LB-52 E7018 dan GA-24 E7024 amper 130

| Elektroda               | Amper | Sampel | Base metal 1 | HAZ 1 | Weld metal | HAZ 2 | Base metal 2 |
|-------------------------|-------|--------|--------------|-------|------------|-------|--------------|
| LB-52 E7016             | 130 A | 1      | 13,68        | 15,56 | 38,26      | 16    | 14,6         |
|                         |       | 2      | 12,88        | 14,52 | 35,26      | 14,66 | 13,64        |
|                         |       | 3      | 12,94        | 16,34 | 37,3       | 14,36 | 12,98        |
| Rata-rata ( $\bar{x}$ ) |       |        | 13,16        | 15,47 | 36,94      | 15    | 13,74        |
| LB-52 E7018             | 130 A | 1      | 14,12        | 16,01 | 42,66      | 15,8  | 13,18        |
|                         |       | 2      | 12,42        | 15,54 | 40,16      | 14,92 | 12,24        |
|                         |       | 3      | 12,02        | 16,3  | 45,16      | 14,58 | 11,86        |

| Rata-rata ( $\bar{x}$ ) |       |   | 12,85 | 15,95 | 42,66 | 15,1  | 12,43 |
|-------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| GA-24 E7024             | 130 A | 1 | 13,7  | 14,86 | 19,1  | 14,02 | 13,3  |
|                         |       | 2 | 13,16 | 15,26 | 19,6  | 14,74 | 11,56 |
|                         |       | 3 | 13,04 | 14,46 | 19,02 | 15,35 | 12,66 |
| Rata-rata ( $\bar{x}$ ) |       |   | 13,3  | 14,86 | 19,24 | 14,70 | 12,51 |

Dari tabel 3.2 didapat rata-rata pengujian kekerasan di area pengujian pada sampel dari spesimen las dengan variasi elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52 dan AWS E7024 GA24 dengan penggunaan arus amper 130 A. Dari data yang tertera dalam tabel diatas, terdapat variasi nilai kekerasan yang cukup signifikan diantara penggunaan jenis elektroda dengan penggunaan arus amper 130 A.

Gambar 3.2 dibawah ini menunjukkan hubungan antara variasi elektroda AWS E7016 LB52, AWS E7018 LB-52, AWS E7024 GA-24 dan arus amper 130 terhadap nilai kekerasan pada tiap daerah pengujian. Dari grafik tersebut, dapat dilihat perbandingan nilai kekerasan yang cukup signifikan, terutama didaerah *weld metal*. Dari hasil pengujian didapati nilai kekerasan tertinggi didaerah *weld metal* terdapat pada spesimen las LB-52 E7018 yaitu sebesar 42,66 HRC. Nilai kekerasan tertinggi kedua terdapat pada spesimen las LB-52 E7016 yaitu sebesar 36,94 HRC. Sedangkan nilai kekerasan terendahnya terdapat pada spesimen las GA-24 E7024 yaitu sebesar 19,24 HRC. Pada daerah HAZ nilai kekerasan yang didapati di masing-masing spesimen las mempunyai nilai yang berdekatan. Nilai kekerasan tertingginya terdapat pada spesimen las LB52 E7018 yaitu sebesar 15,95 HRC. Nilai kekerasan tertinggi selanjutnya berada pada spesimen las LB-52 E7016 yaitu sebesar 15,47 HRC. Sedangkan nilai kekerasan daerah HAZ pada spesimen las GA-24 E7024 yaitu sebesar 14,86 HRC. Untuk daerah *base metal*, nilai kekerasan yang didapati sangat konstan yaitu berkisar 12 sampai 13 HRC. Hal ini dikarenakan daerah *base metal* merupakan daerah yang paling sedikit terkena pengaruh panas yang dihasilkan oleh nyala busur las.



Gambar 3.2 Grafik hubungan variasi elektroda dan arus amper 130

### Data hasil Pengujian Kekerasan Pada Penggunaan Kuat Arus 140 A

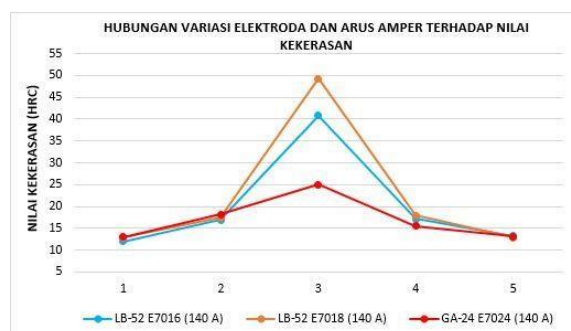
Data hasil pengujian kekerasan pada tiap spesimen las dengan penggunaan variasi elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52, AWS E7024 GA-24 dan penggunaan kuat arus 140 A dicantumkan dalam tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Data Kekerasan Spesimen Las LB-52 E7016, LB-52 E7018 dan GA-24 E7024 amper 140

| Elektroda   | Amper | Sampel | Base metal 1 | HAZ 1 | Weld metal | HAZ 2 | Base metal 2 |
|-------------|-------|--------|--------------|-------|------------|-------|--------------|
| LB-52 E7016 | 140 A | 1      | 11,8         | 17,16 | 40,28      | 17,48 | 11,46        |
|             |       | 2      | 11,76        | 17,06 | 40,18      | 17,24 | 11,54        |
|             |       | 3      | 12,56        | 16,46 | 41,84      | 16,74 | 16,74        |

| Rata-rata ( $\bar{x}$ ) |       |   | 12,04 | 16,89 | 40,77 | 17,15 | 13,25 |
|-------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| LB-52 E7018             | 140 A | 1 | 13,68 | 18,36 | 48,16 | 18,22 | 12,8  |
|                         |       | 2 | 12,6  | 17,84 | 49,36 | 17,66 | 12,8  |
|                         |       | 3 | 12,18 | 16,2  | 50,4  | 17,78 | 13,08 |
| Rata-rata ( $\bar{x}$ ) |       |   | 12,82 | 17,47 | 49,31 | 17,89 | 12,89 |
| GA-24 E7024             | 140 A | 1 | 13,68 | 19,34 | 24    | 14,02 | 13,3  |
|                         |       | 2 | 11,3  | 18    | 26,84 | 16,1  | 12,94 |
|                         |       | 3 | 13,9  | 17,3  | 24,24 | 16,38 | 13,06 |
| Rata-rata ( $\bar{x}$ ) |       |   | 12,97 | 18,21 | 25,03 | 15,5  | 13,1  |

Tabel 3.3 diatas merupakan nilai kekerasan spesimen las elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52 dan AWS E7024 GA-24 dengan penggunaan arus amper 140 A. Dari data yang tertera dalam tabel 3.3 diatas, terdapat variasi nilai kekerasan yang cukup signifikan diantara penggunaan jenis elektroda dengan penggunaan arus amper 140 A.



Gambar 3.3 Grafik hubungan variasi elektroda dan arus amper 140

Gambar 3.3 diatas menunjukkan hubungan antara variasi elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52, AWS E7024 GA-24 dan arus amper 140 terhadap nilai kekerasan pada tiap daerah pengujian. Dari grafik tersebut, dapat dilihat perbandingan nilai kekerasan yang cukup signifikan, terutama didaerah *weld metal* dan *HAZ*. Dari hasil pengujian didapati nilai kekerasan tertinggi didaerah *weld metal* terdapat pada spesimen las LB-52 E7018 yaitu sebesar 49,36 HRC. Nilai kekerasan tertinggi kedua terdapat pada spesimen las LB-52 E7016 yaitu sebesar 40,77 HRC. Sedangkan nilai kekerasan terendahnya terdapat pada spesimen las GA-24 E7024 yaitu sebesar 25,03 HRC. Nilai kekerasan tertinggi didaerah *HAZ* terdapat pada spesimen las GA-24 E7024 yaitu sebesar 18,21 HRC. Nilai kekerasan tertinggi selanjutnya terdapat pada spesimen las LB-52 E7018 yaitu sebesar 17,89 HRC. Sedangkan nilai kekerasan terkecilnya terdapat pada spesimen las LB52 E7016 yaitu sebesar 16,74 HRC. Untuk daerah pengujian *base metal*, perubahan nilai kekerasan yang terjadi terbilang konstan. Hal ini dikarenakan daerah *base metal* adalah daerah yang paling sedikit terkena dampak panas yang dihasilkan oleh nyala busur las.

### Analisa Dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat perbedaan nilai kekerasan pada hasil sambungan las dengan penggunaan variasi elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52 dan AWS E7024 GA-24 juga terdapat perbedaan nilai kekerasan dipenggunaan arus amper 130 A dan 140 A.

- Pengujian pertama adalah pengujian kekerasan spesimen las AWS E7016 LB-52 dengan penggunaan arus amper sebesar 130 A dan 140 A. terdapat perbedaan nilai kekerasan pada



berbagai daerah pengujian terutama didaerah *weld metal* dan *HAZ*. Nilai kekerasan maksimum yang didapati terletak didaerah pengujian *weld metal* pada penggunaan arus amper 140 dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 40,77 HRC dan nilai kekerasan yang didapati pada daerah *HAZ* rata-rata sebesar 17,15 HRC. Sedangkan pada penggunaan arus amper 130 A nilai kekerasan yang didapati lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan arus amper 140 A. Nilai kekerasan rata-rata yang didapati didaerah pengujian *weld metal* dengan penggunaan arus amper 130 A yaitu sebesar 36,94 HRC dan nilai kekerasan tertinggi didaerah pengujian *HAZ* didapati rata-rata sebesar 15,47 HRC.

- Pengujian kedua dilakukan pada spesimen las AWS E7018 LB-52 dengan penggunaan arus amper 130 A dan 140 A. Sama halnya dengan spesimen las LB-52 E7016, terdapat perbedaan nilai kekerasan di penggunaan arus amper 130 dan 140 A. Nilai kekerasan yang didapati pada daerah *weld metal* dan daerah *HAZ* lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata nilai kekerasan tertinggi yang terdapat di spesimen las LB-52 E7016. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* terdapat pada spesimen las dengan penggunaan arus amper 140 yaitu sebesar 49,31 HRC dan rata-rata nilai kekerasan tertinggi daerah *HAZ* sebesar 17,78 HRC. Sedangkan pada penggunaan arus amper 130 didapati nilai kekerasan maksimum sebesar 16,3 HRC dan pada daerah *HAZ* didapati nilai kekerasan tertinggi sebesar 15,95 HRC.
- Pengujian ketiga dilakukan pada spesimen las AWS E7024 GA-24 dengan penggunaan arus amper sebesar 130 A dan 140 A. seperti pengujian pertama dan kedua, terdapat perbedaan nilai kekerasan pada penggunaan arus amper 130 dan 140 A. namun, dibandingkan dengan spesimen las LB-52 E7016 dan LB-52 E7018, nilai kekerasan yang didapati pada daerah *weld metal* lebih rendah. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi didaerah *weld metal* terdapat pada spesimen las dengan penggunaan amper sebesar 140 A, yaitu sebesar 25, 03 HRC. Pada spesimen las GA-24 E7024 didapati rata-rata nilai *HAZ* yang lebih tinggi dibanding spesimen lainnya yaitu pada penggunaan arus amper 140 A dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 18,21 HRC. Sedangkan pada penggunaan arus amper 130 A, didapati rata-rata nilai kekerasan tertinggi didaerah *weld metal* sebesar 19,24 HRC dan rata-rata nilai kekerasan tertinggi didaerah *HAZ* sebesar 14,86 HRC.

Pada spesimen las AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52 dan AWS E7024 GA-24 didaerah pengujian *base metal* didapati nilai yang konstan atau berdekatan yaitu 12-13 HRC. Hal ini dikarenakan daerah *base metal* merupakan daerah yang paling sedikit terkena pengaruh panas yang dihasilkan oleh nyala busur las.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yan dilakukan, yaitu analisis kekerasan hasil sambungan las SMAW pada baja SKD-11 dengan variasi elektroda dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Penggunaan variasi elektroda dapat mempengaruhi nilai kekerasan hasil las. Hal ini disebabkan oleh perbedaan komposisi kimia yang terkandung dalam elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52 dan AWS E7024 GA-24 dan mekanisme peleburannya sehingga nilai kekerasan pada tiap penggunaan variasi elektroda menghasilkan nilai kekerasan yang signifikan.
- 2) Nilai rata-rata kekerasan tertinggi pada daerah pengujian *weld metal* dengan penggunaan variasi elektroda AWS E7016 LB-52, AWS E7018 LB-52 dan AWS E7014 GA-24 didapati sebagai berikut.
  - a. Spesimen las AWS E7016 LB-52 didapati nilai kekerasan rata-rata sebesar 49,31 HRC.
  - b. Spesimen las AWS E7018 LB-52 didapati nilai kekerasan rata-rata sebesar 49,51 HRC.

- c. Spesimen las AWS E7024 GA-24 didapati nilai kekerasan rata-rata sebesar 25,03 HRC. Dari hasil tersebut, penggunaan variasi elektroda yang memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah pengujian *weld metal* didapati pada penggunaan elektroda AWS E7018 LB-52 yaitu sebesar 49,51 HRC.
- 3) Penggunaan arus amper 130 A dan 140 A pada elektroda LB-52 E7016, LB-52 E7018 dan GA24 E7024 menghasilkan nilai kekerasan yang bervariasi yaitu sebagai berikut.
  - a. Spesimen las dengan elektroda AWS E7016 LB-52 penggunaan kuat arus 130 A, didapati nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengujian *weld metal* yaitu sebesar 36,94 HRC dan nilai kekerasan HAZ didapati rata-rata sebesar 15,47 HRC.
  - b. Spesimen las dengan elektroda AWS E7016 LB-52 penggunaan kuat arus 140 A, didapati nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengujian *weld metal* yaitu sebesar 40,77 HRC dan nilai kekerasan HAZ didapati rata-rata sebesar 17,15 HRC.
  - c. Spesimen las dengan elektroda AWS E7018 LB-52 penggunaan kuat arus 130 A, didapati nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengujian *weld metal* yaitu sebesar 42,66 HRC dan nilai kekerasan HAZ didapati rata-rata sebesar 15,95 HRC.
  - d. Spesimen las dengan elektroda AWS E7018 LB-52 penggunaan kuat arus 140 A, didapati nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengujian *weld metal* yaitu sebesar 49,31 HRC dan nilai kekerasan HAZ didapati rata-rata sebesar 17,89 HRC.
  - e. Spesimen las dengan elektroda AWS E7024 GA-24 penggunaan kuat arus 130 A, didapati nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengujian *weld metal* yaitu sebesar 19,24 HRC dan nilai kekerasan HAZ didapati rata-rata sebesar 14,86 HRC.
  - f. Spesimen las dengan elektroda AWS E7024 GA-24 penggunaan kuat arus 140 A, didapati nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengujian *weld metal* yaitu sebesar 25,03 HRC dan nilai kekerasan HAZ didapati rata-rata sebesar 18,21 HRC.

Pengelasan yang dihasilkan dari penggunaan arus amper 140 cenderung memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan arus amper 130 A, terutama pada daerah HAZ dan *weld metal*. Hal ini terjadi karena energi listrik yang dilewatkan melalui elektroda ke bahan kerja lebih besar, sehingga menghasilkan pengelasan yang lebih cepat dan zona panas yang lebih besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Jaenal; Purwanto, Helmy; dan Syafa'at, Imam (2017). "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja Astm A36". *Jurnal Momentum UNWAHAS*. 13 (1): 114517.
- Azwinnur; Jalil, Saifuddin A.; dan Husna, Asmaul (2017). "Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW". *Jurnal Polimesin*. 15 (2): 36–41.
- Bawazir, firman; Bukhari; Ismy adi saputra (2021). "Pengaruh Variasi Elektroda Las Pada Sambungan Pengelasan SMAW Baja St. 37 Dengan St. 40 Terhadap Sifat Mekanik". *Jurnal Mesin Sains Terapan*. 5 (2).
- Endramawan, Tito; Haris, Emin; Dionisius, Felix; Prinka, Yuliana (2017-09-28). "Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT) Untuk Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint". *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*. 3 (2).
- Febriani, suci (2022). "Analisis Deskriptif Standar Deviasi". *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 6 (1): 910-912.
- Gunawan, Yuspian; Endriatno, Nanang; dan Anggara, Bayu Hari (2017-10-25). "Analisis Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi". *Enthalpy: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. 2 (2).



- Hakim, Arif Rahman; Imran, Imran (2020-02-27). "Analisa pengaruh variasi kampuh terhadap hasil pengelasan SMAW pada *stainless steel 304* menggunakan pengujian *ultrasonic* dan kekuatan tarik". *Jurnal Polimesin*. 18 (1): 30-38.
- Hanggara, bayu ari; dan harahap, muksin R (2019). "Pengaruh Posisi Pengelasan SMAW Dengan Variasi Posisi Elektroda E3086 Terhadap Kekuatan Impak Pada *Stainless Steel AISI 304*". *PISTON*. 4 (1): 22-28.
- Hermawan, oktavia widhi (2015). "Analisis Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Komponen Stud Pin Winder Baja SKD-11 Yang Mengalami Perlakuan Panas Disertai Pendinginan Nitrogen". (SKRIPSI. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta). Diakses dari <https://eprints.ums.ac.id/38763/1/NASKAH%20PUBLIKASI.pdf>.
- Luz, gelson (2021-08-10). "Apa Itu Zona Terkena Panas (HAZ)". *Gelson Luz bahan*. Diakses tanggal 2023-12-21.
- Manurung, Vuko AT; Wibowo, yohanes tri joko; baskoyo, satriyo yudi (2020). "Panduan Metalografi". Jakarta: LP2M Politeknik Manufaktur Astra. Hlm. 1-3.
- Munawar, haura muthia; Gusniar, irwan nugraha; Hanafi, rizal (2023). "Pengaruh Jenis Elektroda Las SMAW Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro". *Jurnal Teknik Mesin Undiksha*. 11 (1). 94-96.
- Pandapotan, P. O. P. (2019). Pengaruh variasi arus dan jenis elektroda terhadap cacat las pada baja st 60 hasil proses pengelasan SMAW (*shiled metal arc welding*) [Universitas Sumatera Utara].
- Pasaribu, pinayungan; Pasaribu, muksin (2011). "Karakterisasi Mekanik Pengelasan Baja Karbon Tinggi (0,9 C) Dengan Menggunakan Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW)". *digilib.unila.ac.id*. Diakses tanggal 2023-12-13.
- Ramadhan, faizal; Zulfika, dicki nizar; Hakim, luthfi (2023). "Analisis Pengelasan SMAW Baja S45C Terhadap SKD11 Dengan Variasi Posisi Terhadap Nilai Kekerasan". *Prosiding Smastek 2023: Applied Science, Engineering and Technology*. 2 (1): 370-375.
- Sari, darti purnama (2021). "Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja AISI 1045". (SKRIPSI, Fakultas Keguruan Dan Keilmuan Pendidikan, Universitas Sriwijaya: Palembang). Diakses dari [https://repository.unsri.ac.id/62561/90/RAMA\\_83203\\_06121381823051\\_0007089202\\_01\\_front\\_ref](https://repository.unsri.ac.id/62561/90/RAMA_83203_06121381823051_0007089202_01_front_ref).
- Setiawan, agung eko dan Rosidah, afira ainur (2023). "Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Dan Diameter Elektroda Pada Pengelasan Logam Tak Sejenis AISI 304 – ST 42 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lebar HAZ". *Jurnal Teknik Mesin*. 20 (1): 1-4.
- Siagian, parlin jhony; Arifin, nurul laili; Ulfah, nurul (2022). "Inspeksi *Liquid Penetrant* Sambungan Pengelasan SMAW Pada Fabrikasi *Frame Acid Skid*". *Jarta: Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan*. 4 (1): 3-4.
- Sonawan, dan Suratman (2006). "Pengantar untuk memahami proses pengelasan logam". Bandung: alvabeta.
- Susetyo, Ferry Budhi; Dudung, Agus; Wiganda, Supria; Haris, Ahdian; Nugroho, Wahyu (2015-1030). "Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Karakteristik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW". *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*. 2 (2): 59-64.
- Triana, tiara; Kamil, mursidil; zulaida, yeni, muriani (2018). "Pengaruh Variasi Elektroda Dan Arus Listrik Pengelasan Terhadap Cacat Las Dan Sifat Mekanik Pelat Baja Aplikasi Lambung Kapal". *FLYWHEEL: JURNAL TEKNIK MESIN UNTIRTA*. IV (2): 50-55.
- Wahyudi, Rizki; Nurdin, Nurdin; Saifuddin, Saifuddin (2019). "Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap *tensile strenght*". *Journal of Welding Technology*. 1 (2): 43-47.
- Zulfadly; Ghony, Muhammad Abdul (2022-02-28). "Variasi Ampere Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi "Down Hand". *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*. 1 (1): 39-50.