

# Analisis Perbandingan Kombinasi Elektroda, *Preheat*, dan *Interpass* pada Pengelasan GMAW *Dissimilar* Baja Bisalloy 400 dan SM490YA Terhadap Kekerasan

Nadhifatul Kamilah<sup>1</sup>, M. Miftachul Munir<sup>2</sup>, Imah Luluk Kusminah<sup>3</sup>

D4 Teknik Pengelasan, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia<sup>1</sup>

Email: [nadhifatulkamilah@student.ppns.ac.id](mailto:nadhifatulkamilah@student.ppns.ac.id)<sup>1</sup>

**Abstract** – A construction company manufactured a side dump trailer that was used to transport coal. This side dump trailer, experienced a failure on the floor in the form of a crack in the welding joint. The material used in this welding joint is dissimilar material between Bisalloy 400 steel and SM490YA. This study aims to analyze the failure and repair it by performing a combination of electrodes, preheat, and interpass on the mechanical and metallographic properties of Bisalloy 400 and SM490YA steel materials. To determine the hardness value, testing was carried out. The hardness test results obtained the highest hardness value of 385 HVN. The hardness test showed that increasing the preheat and interpass temperatures decreased the hardness of the material. The use of a buffer layer between two dissimilar materials proved effective in reducing the risk of cracking and deformation. This study confirms the importance of selecting the right welding parameters to improve joint quality in dissimilar materials with significant differences in carbon equivalent.

**Keyword:** Bisalloy 400, Buffer Layer, GMAW, Interpass, Preheat

## 1. PENDAHULUAN

*Problem case* yang terjadi berupa *defect welding joint* yaitu *cold crack* pada bagian *floor side dump trailer* yang merupakan sambungan *disimilar* material antara baja Bisalloy 400 dengan SM490YA, yang dimana meneliti lebih jauh variasi *preheat* dan *interpass*, serta kombinasi elektroda yang digunakan pada pengelasan *disimilar* material serta membuat parameter pengelasan untuk mengatasi *problem case* yang terjadi. Selain itu, tidak adanya kualifikasi pengelasan dan metode *preparation* yang dijadikan acuan pengerjaan konstruksi *side dump trailer*.

Pada *problem case* yang diambil sebelumnya, proses pengelasan yang digunakan yaitu GMAW dengan *filler metal* ER70S-6. Karena kuat tarik *filler metal* tersebut lebih rendah dari *base metal* maka diganti dengan *filler metal* ER80S-G. Pemilihan *filler metal* ER80S-G dikarenakan kuat tarik *filler metal* tersebut lebih tinggi dari kuat tarik *base metal*. Kandungan *carbon equivalent* (CE) pada Baja Bisalloy 400 lebih tinggi dari 0,4% yaitu sebesar 0,499% sehingga diperlukan suatu *treatment* agar memiliki *weldability* yang baik. Sedangkan kandungan *carbon equivalent* pada SM490YA jauh lebih rendah yaitu sebesar 0,37%. Perbedaan *carbon ekuivalen* yang signifikan penggunaan *buffer layer* sebagai lapisan pelindung yang ditempatkan di antara dua

material yang berbeda. Perbedaan CE dapat menyebabkan perbedaan dalam sifat termal, seperti laju pendinginan dan pengembangan termal, yang pada akhirnya bisa menyebabkan tegangan sisa.

*Buffer layer* membantu menyerap dan mendistribusikan tegangan ini, sehingga mengurangi risiko retak atau deformasi. Selain itu, dengan *buffer layer* perbedaan dalam komposisi kimia antara dua material bisa dikurangi secara bertahap. Hal ini, membantu menciptakan sambungan las yang lebih homogen dan mengurangi kemungkinan masalah seperti *cracking* atau *incomplete fusion*. Dengan memahami *structure chemical composition*, maka dapat mengetahui pengaruh pemilihan kombinasi elektroda ER80S-G dan E309L serta perubahan kekerasan akibat *preheat* dan *interpass*.

## 2. METODOLOGI

Pengelasan pada penelitian ini menggunakan material baja Bisalloy 400 yang dilas dengan material baja HSLA SM490YA dengan dimensi 400x250x20 mm. Material tersebut dilas menggunakan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dengan menggunakan parameter *preheat* dan *interpass temperature* yang divariasikan dengan kombinasi elektroda. Sehingga jumlah total tes kupon nantinya adalah

6 spesimen. Berikut adalah spesimen beserta pembagian parameter pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Parameter Pengelasan

| No. | Filler Metal          | Preheat | Interpass | Posisi |
|-----|-----------------------|---------|-----------|--------|
| 1.  | ER80S-G               | 30°C    | 250°C     | 1G     |
| 2.  |                       | 75°C    | 175°C     |        |
| 3.  |                       | 75°C    | 250°C     |        |
| 4.  | ER80S-G<br>+<br>E309L | 30°C    | 250°C     |        |
| 5.  |                       | 75°C    | 175°C     |        |
| 6.  |                       | 75°C    | 250°C     |        |

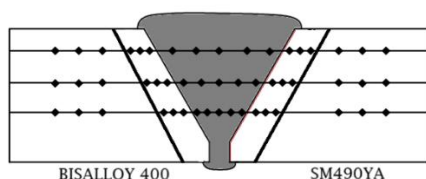
Material disambung dengan tipe sambungan *single V groove* dengan sudut 60°. *Filler metal* yang digunakan adalah ER80S-G dan filler untuk *buffer layer* yaitu menggunakan E309L. Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, *coupon test* akan dipotong sesuai dengan *code* yaitu AWS D1.1 dan selanjutnya dijadikan spesimen-spesimen untuk pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kekerasan atau *hardness test* merupakan salah satu jenis pengujian merusak atau *destructive test* yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material akibat dari proses pengelasan atau perlakuan lainnya serta untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain. *Hardness test* dilakukan dengan metode *Vickers* (HVN) yang menggunakan pembebanan 2 kgf dan waktu pembebanan 10 detik.

#### 3.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengambilan titik *hardness* dilakukan sebanyak 51 titik pada 3 variasi, yaitu 6 titik di daerah *base metal* atas, 6 titik di daerah *base metal* tengah, 6 titik di daerah *base metal* bawah, 5 titik di daerah *weld metal* atas, 5 titik di daerah *weld metal* tengah, 5 titik di daerah *weld metal* bawah, 6 titik di daerah HAZ atas, 6 titik di daerah HAZ tengah, dan 6 titik di daerah HAZ bawah. Untuk variasi selanjutnya, pengambilan titik *hardness* dilakukan sebanyak 57 titik pada 3 variasi, yaitu 6 titik di daerah *base metal* atas, 6 titik di daerah *base metal* tengah, 6 titik di daerah *base metal* bawah, 5 titik di daerah *weld metal* atas, 5 titik di daerah *weld metal* tengah, 5 titik di daerah *weld metal* bawah, 6 titik di daerah HAZ atas, 6 titik di daerah HAZ tengah, 6 titik di daerah HAZ bawah, 2 titik di daerah *buffer layer* atas, 2 titik di daerah *buffer layer* tengah, 2 titik di daerah *buffer layer* bawah.



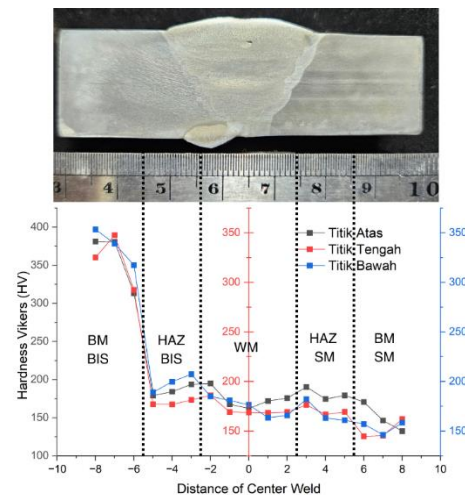
Gambar 3.1 *Indentation Point of Hardness*

#### 3.1.1 Pengujian Kekerasan Variasi 80A

Spesimen variasi 80A dengan penggunaan elektroda ER80S-G dan variasi *preheat* 30°C serta *interpass* 250°C, memiliki nilai kekerasan yang disajikan dalam bentuk Tabel 3.1 dan Gambar 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.1 Nilai Uji Kekerasan Variasi 80A

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM |       |
| A                                 | 1  | 194,8  | 381,1 | 170,6   | 179,1  | 190,3 |
|                                   | 2  | 167,5  | 380,7 | 146,3   | 184,1  | 174,5 |
|                                   | 3  | 162,2  | 313,3 | 132,4   | 193,8  | 179,2 |
|                                   | 4  | 171,9  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 175,7  | -     | -       | -      | -     |
| B                                 | 1  | 185,9  | 325,2 | 144,7   | 176,9  | 176,4 |
|                                   | 2  | 169,1  | 347,6 | 145,4   | 176,8  | 166,7 |
|                                   | 3  | 168,8  | 292,3 | 162     | 181,4  | 169,3 |
|                                   | 4  | 168,4  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 169,1  | -     | -       | -      | -     |
| C                                 | 1  | 185    | 353,4 | 157     | 189    | 182,1 |
|                                   | 2  | 181    | 339   | 146,2   | 199,8  | 163,1 |
|                                   | 3  | 176,4  | 317,4 | 158,4   | 207,3  | 160,9 |
|                                   | 4  | 163,5  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 165,7  | -     | -       | -      | -     |



Gambar 3.2 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 80A

Pada spesimen variasi 80A dapat diketahui nilai kekerasan tertinggi terdapat di *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS) dengan nilai 381,1 HVN dan kekerasan terendah terdapat di *base metal* SM490YA (BM SM) dengan nilai 132,4 HVN. Sedangkan nilai kekerasan pada daerah HAZ dan *weld metal* rata-rata sama. Kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan *buffer layer* memiliki nilai kekerasan yang relatif sama

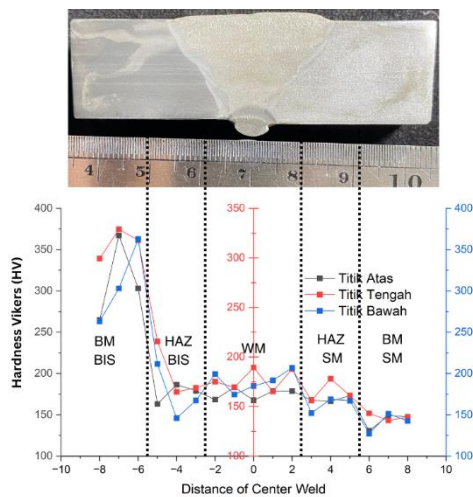
#### 3.1.2 Pengujian Kekerasan Variasi 80B

Spesimen Variasi 80B dengan penggunaan elektroda ER80S-G dan variasi *preheat* 75°C serta *interpass* 175°C, memiliki nilai kekerasan yang

disajikan dalam bentuk Tabel 3.2 dan Gambar 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.2 Nilai Uji Kekerasan Variasi 80B

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM |       |
| A                                 | 1  | 168,4  | 265   | 130,6   | 163,1  | 167,9 |
|                                   | 2  | 183,6  | 367,2 | 149,4   | 186,6  | 166,6 |
|                                   | 3  | 167,7  | 303,2 | 147,5   | 179,1  | 173,2 |
|                                   | 4  | 178,9  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 178,9  | -     | -       | -      | -     |
| B                                 | 1  | 175,2  | 299,4 | 143,3   | 215,8  | 156,2 |
|                                   | 2  | 169,4  | 328,9 | 136,1   | 164,8  | 178,2 |
|                                   | 3  | 189,5  | 318   | 139,3   | 168,9  | 161,1 |
|                                   | 4  | 165,3  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 187,9  | -     | -       | -      | -     |
| C                                 | 1  | 199,4  | 263,2 | 127,4   | 211,6  | 152,2 |
|                                   | 2  | 174,5  | 303,2 | 151,3   | 146    | 168,9 |
|                                   | 3  | 185    | 362,9 | 142,6   | 167,5  | 167,1 |
|                                   | 4  | 191,7  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 207    | -     | -       | -      | -     |



Gambar 3.3 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 80B

Pada spesimen variasi 80B dapat diketahui nilai kekerasan tertinggi terdapat di *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS) dengan nilai 367,2 HVN dan kekerasan terendah terdapat di *base metal* SM490YA (BM SM) dengan nilai 127,4 HVN. Sedangkan nilai kekerasan pada daerah HAZ dan *weld metal* rata-rata sama.

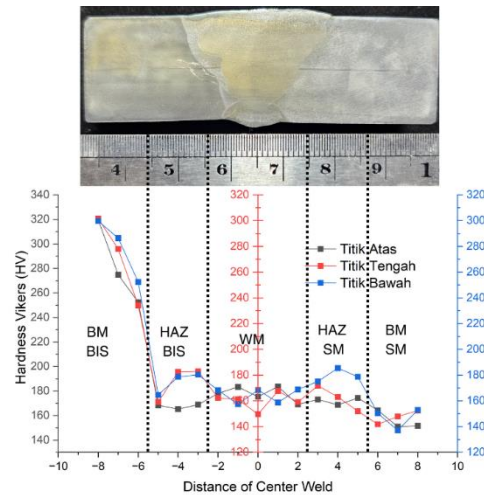
### 3.1.3 Pengujian Kekerasan Variasi 80C

Spesimen Variasi 80C dengan penggunaan elektroda ER80S-G dan variasi *preheat* 75°C serta *interpass* 250°C, memiliki nilai kekerasan yang disajikan dalam bentuk Tabel 3.3 dan Gambar 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.3 Nilai Uji Kekerasan Variasi 80C

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM |       |
| A                                 | 1  | 178,1  | 319,5 | 164,4   | 168,4  | 173,1 |
|                                   | 2  | 183,4  | 274,9 | 151     | 165,4  | 168,8 |
|                                   | 3  | 175,4  | 252,5 | 151,7   | 168,9  | 174,4 |
|                                   | 4  | 183,7  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 169,2  | -     | -       | -      | -     |
| B                                 | 1  | 162,3  | 301,6 | 141,9   | 159,2  | 171,8 |

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM | BF    |
| A                                 | 2  | 161,2  | 278   | 147,9   | 182,5  | 163,1 |
|                                   | 3  | 149,7  | 234,2 | 152,5   | 182,9  | 152   |
|                                   | 4  | 167,7  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 159,1  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 1  | 168,3  | 299,7 | 150,4   | 164,7  | 175,2 |
| C                                 | 2  | 157,5  | 286,4 | 137,1   | 178,7  | 185,5 |
|                                   | 3  | 168,5  | 252,3 | 153     | 180,4  | 178,7 |
|                                   | 4  | 158,7  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 168,9  | -     | -       | -      | -     |



Gambar 3.4 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 80C

Pada spesimen variasi 80C dapat diketahui nilai kekerasan tertinggi terdapat di *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS) dengan nilai 319,5 HVN dan kekerasan terendah terdapat di *base metal* SM490YA (BM SM) dengan nilai 137,1 HVN. Nilai kekerasan pada daerah HAZ cenderung lebih naik daripada 2 spesimen sebelumnya. Kenaikan nilai kekerasan terjadi pada pengambilan titik tengah dan titik bawah pada daerah HAZ. Pada daerah *weld metal* nilai kekerasan rata-rata sama.

### 3.1.3 Pengujian Kekerasan Variasi BFA

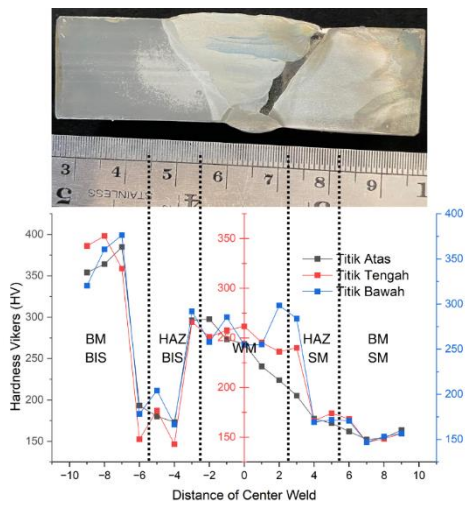
Spesimen Variasi BFA dengan penggunaan elektroda ER80S-G + E309L dan variasi *preheat* 30°C serta *interpass* 250°C, memiliki nilai kekerasan yang disajikan dalam bentuk Tabel 3.4 dan Gambar 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.4 Nilai Uji Kekerasan Variasi BFA

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM | BF    |
| A                                 | 1  | 296,2  | 354,1 | 152,4   | 193,4  | 177,5 |
|                                   | 2  | 297,8  | 364,3 | 154     | 180,2  | 172   |
|                                   | 3  | 273,3  | 385   | 163,9   | 173,4  | 162   |
|                                   | 4  | 268    | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 240,6  | -     | -       | -      | -     |
| B                                 | 1  | 265,9  | 342,6 | 145,1   | 148    | 166,8 |
|                                   | 2  | 251,2  | 352,7 | 148,5   | 176,9  | 174,1 |
|                                   | 3  | 257,6  | 319,8 | 153,8   | 143,1  | 168,4 |
|                                   | 4  | 261,7  | -     | -       | -      | -     |
|                                   | 5  | 245,4  | -     | -       | -      | -     |
| C                                 | 1  | 292    | 320,4 | 146,9   | 178,4  | 169,3 |
|                                   | 2  | 258    | 360,7 | 153,3   | 204,3  | 171,8 |

|   |       |       |       |       |       |   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 3 | 285,6 | 376,5 | 156,8 | 166,7 | 170,7 | - |
| 4 | 254,6 | -     | -     | -     | -     | - |
| 5 | 255,2 | -     | -     | -     | -     | - |

|   |       |   |   |   |   |   |
|---|-------|---|---|---|---|---|
| 5 | 329,5 | - | - | - | - | - |
|---|-------|---|---|---|---|---|



Gambar 3.5 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen BFA

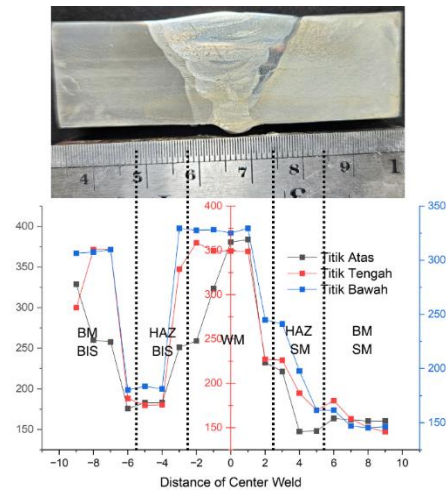
Pada spesimen variasi BFA dapat diketahui nilai kekerasan tertinggi terdapat di *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS) dengan nilai 385 HVN dan kekerasan terendah terdapat di HAZ (HAZ BIS) dengan nilai 143,1 HVN. Terjadi kenaikan yang signifikan pada grafik yang tertera yaitu pada bagian *weld metal* (WM) dan juga HAZ (HAZ SM) dimana nilai kekerasan rata-rata sama dibandingkan dengan daerah HAZ BIS. Kenaikan tertinggi pada HAZ SM yaitu pada pengambilan kekerasan titik bawah. Pada daerah HAZ BIS, nilai kekerasan cenderung sama dengan nilai dari BM SM.

3.1.3 Pengujian Kekerasan Variasi BFB

Spesimen Variasi BFB dengan penggunaan elektroda ER80S-G + E309L dan variasi *preheat* 75°C serta *interpass* 175°C, memiliki nilai kekerasan yang disajikan dalam bentuk Tabel 3.5 dan Gambar 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.5 Nilai Uji Kekerasan Variasi BFB

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM | BF    |       |
| A                                 | 1  | 251,2  | 328,9 | 162     | 175,8  | 147,6 | 232,5 |
|                                   | 2  | 259,1  | 260,2 | 160,5   | 182,9  | 148,2 | 221,5 |
|                                   | 3  | 323,4  | 257,8 | 160,7   | 183,2  | 163,8 | -     |
|                                   | 4  | 380,7  | -     | -       | -      | -     | -     |
|                                   | 5  | 383,8  | -     | -       | -      | -     | -     |
| B                                 | 1  | 328,9  | 285,4 | 160,1   | 183    | 189   | 227,1 |
|                                   | 2  | 358,6  | 351   | 150,2   | 175,3  | 169,6 | 226,1 |
|                                   | 3  | 349,6  | 351   | 145,6   | 175,9  | 180,6 | -     |
|                                   | 4  | 349,3  | -     | -       | -      | -     | -     |
|                                   | 5  | 348,9  | -     | -       | -      | -     | -     |
| C                                 | 1  | 329,5  | 306,5 | 147,1   | 180,4  | 197,8 | 245   |
|                                   | 2  | 327,6  | 307,6 | 145,4   | 183,7  | 161,6 | 241,2 |
|                                   | 3  | 328,2  | 309,9 | 146,4   | 181,3  | 161,7 | -     |
|                                   | 4  | 325,2  | -     | -       | -      | -     | -     |



Gambar 3.6 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen BFB

Pada spesimen variasi BFB dapat diketahui nilai kekerasan tertinggi terdapat di *weld metal* (WM) dengan nilai 383,8 HVN dan kekerasan terendah terdapat di HAZ SM dengan nilai 147,6 HVN. Terjadi kenaikan yang signifikan pada grafik yang tertera yaitu pada bagian *weld metal* (WM) yang mana melebihi nilai kekerasan dari *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS). Untuk daerah *base metal* SM490YA (BM SM) dan *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS) relatif sama dari nilai hasil kekerasan spesimen sebelumnya. Nilai kekerasan untuk daerah HAZ BIS cenderung sama antara semua titik atas, titik tengah, dan titik bawah. Sedangkan pada HAZ SM nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah titik atas.

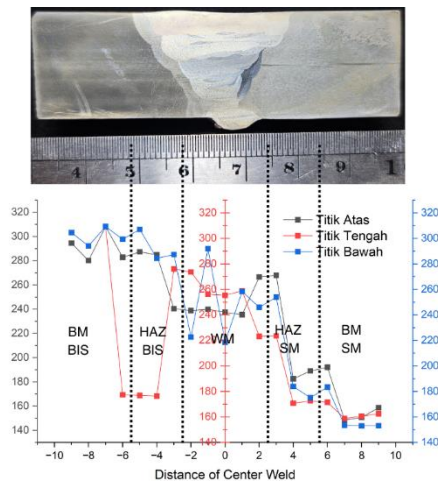
3.1.3 Pengujian Kekerasan Variasi BFC

Spesimen Variasi BFC dengan penggunaan elektroda ER80S-G + E309L dan variasi *preheat* 75°C serta *interpass* 250°C memiliki nilai kekerasan yang disajikan dalam bentuk Tabel 4.19 dan Gambar 4.19 di bawah ini.

Tabel 3.6 Nilai Uji Kekerasan Variasi BFC

| Hasil Pengambilan Nilai Kekerasan |    |        |       |         |        |       |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|---------|--------|-------|-------|
| Jumlah Titik                      | WM | BM BIS | BM SM | HAZ BIS | HAZ SM | BF    |       |
| A                                 | 1  | 240,4  | 294,6 | 148,4   | 282,9  | 182,5 | 266,6 |
|                                   | 2  | 238,9  | 280,2 | 150,7   | 287,4  | 189,1 | 268   |
|                                   | 3  | 239,9  | 308,2 | 158,7   | 284,9  | 192,1 | -     |
|                                   | 4  | 237,4  | -     | -       | -      | -     | -     |
|                                   | 5  | 235,5  | -     | -       | -      | -     | -     |
| B                                 | 1  | 276,1  | 304,6 | 158,9   | 177,4  | 170,7 | 223,2 |
|                                   | 2  | 273,7  | 294,1 | 160,6   | 176,9  | 172,6 | 223,6 |
|                                   | 3  | 256,3  | 309,3 | 162,5   | 176,4  | 171,5 | -     |
|                                   | 4  | 255,4  | -     | -       | -      | -     | -     |
|                                   | 5  | 258,9  | -     | -       | -      | -     | -     |
| C                                 | 1  | 287,4  | 304,6 | 153,4   | 299,4  | 183,9 | 246   |
|                                   | 2  | 222,7  | 294,1 | 153     | 307,1  | 175,1 | 254   |
|                                   | 3  | 292    | 309,3 | 153,1   | 284,4  | 183,4 | -     |
|                                   | 4  | 218,6  | -     | -       | -      | -     | -     |
|                                   | 5  | 258,4  | -     | -       | -      | -     | -     |





Gambar 3.7 Grafik Nilai Kekerasan Spesimen BFC

Pada spesimen variasi BFC dapat diketahui nilai kekerasan tertinggi terdapat di *base metal* Bisalloy 400 (BM BIS) dengan nilai 308,2 HVN dan kekerasan terendah terdapat di HAZ SM dengan nilai 148,4 HVN. Terjadi kenaikan yang signifikan pada grafik yang tertera yaitu pada bagian HAZ BIS untuk titik atas dan bawah, akan tetapi untuk titik tengah nilai kekerasan HAZ BIS cenderung rendah. Untuk daerah *weld metal* (WM) titik tengah dan atas cenderung stabil, sedangkan untuk titik bawah terjadi fluktuasi kenaikan dan penurunan yang signifikan. Untuk HAZ SM nilai kekerasan tertinggi terjadi di titik atas, sedangkan titik tengah dan bawah nilai kekerasannya cenderung sama. Pada daerah *base metal* SM490YA nilai kekerasan cenderung rata-rata sama.

Hasil pengujian spesimen didapatkan nilai kekerasan yang relatif sama pada *base metal*, HAZ, dan *buffer layer* akan tetapi sangat berbeda di daerah *weld metal*. Kekerasan pada daerah *weld metal* untuk variasi 80A, 80B, dan 80C relatif rendah sedangkan pada variasi BFA, BFB, dan BFC relatif tinggi. Selama proses pengelasan spesimen menggunakan *buffer*, suhu pendinginan setelah pengelasan lebih cepat dibandingkan spesimen tanpa menggunakan *buffer*. Hal ini, berbanding lurus dengan fungsi *buffer* yakni membantu mengatur kondisi termal selama proses pengelasan.

Kekerasan tertinggi terdapat pada *base metal* Bisalloy 400 yang memiliki fasa martensite dan kekerasan terendah terdapat pada *base metal* SM490YA karena tidak terpengaruh oleh preheat temperature. Pada interpass temperature 250°C memiliki laju pendinginan yang

lebih rendah dibandingkan dengan laju interpass temperature 175°C. Preheat temperature yang lebih tinggi akan memungkinkan lebih banyak waktu bagi spesimen untuk mendingin kesuhu yang diperlukan untuk pengelasan berikutnya (Prayoga, 2021). Preheat dan interpass temperature yang tinggi cenderung menurunkan nilai kekerasan material (Ramadhani et al., 2022).

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penyajian data dan analisis hasil pengujian dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu, analisis perbandingan kombinasi elektroda, *preheat*, dan *interpass* terhadap uji kekerasan menunjukkan bahwa *preheat* dan *interpass temperature* yang tinggi cenderung menurunkan nilai kekerasan material. Hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan spesimen variasi BFA sebesar 385 HVN, spesimen variasi BFB sebesar 383,8 HVN, spesimen variasi 80A sebesar 381,1 HVN, spesimen variasi 80B sebesar 367,2 HVN, spesimen variasi 80C sebesar 319,5 HVN, dan spesimen variasi BFC sebesar 308,2 HVN.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam melakukan pengerjaan tugas akhir ini, seperti dosen pembimbing, PT. Korindo Heavy Industry, dan terkhusus juga untuk Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

#### 7. PUSTAKA

- [1] American Welding Society. (2020). *Structural Welding Code- Steel ANSI/AWS D1.1-2020*. [https://www.academia.edu/42330911/AWS\\_D1.1\\_Ed.2020](https://www.academia.edu/42330911/AWS_D1.1_Ed.2020)
- [2] Funderburk, R. S. (1998). The Importance of Interpass Temperature. *Key Concepts in Welding Engineering*, XV, 2.
- [3] Ibrahim, I. A., Mohamat, S. A., Amir, A., & Ghalib, A. (2012). The effect of Gas Metal Arc Welding (GMAW) processes on different welding parameters. *Procedia Engineering*, 1502–1506. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.342>
- [4] M.M. Munir, ST., M., M. Thoriq Wahyudi, ST., M., Hendri Budi Kurniyanto, S.ST., M., & Dika Anggara, S.ST., M. (2019). *Modul Praktik DT NDT* (Issue April). <http://eprints.stikes->

- aisyiyah.ac.id/773/1/28. Modul Praktikum Komunitas.pdf
- [5] Pangaribowo, B. H., & Akbar Putra, W. H. (2018). Studi Pengaruh Pemanasan Awal pada Pengelasan Ulang Baja ASTM A36 Akibat Reparasi Terhadap Sifat Mekanis Menggunakan Proses Las FCAW. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012040>
- [6] Pratikno, H., Baredwan, A. H., & Dhanista, W. L. (2021). Effect of Preheating Process and V Groove Type on the Tensile and Metallography Test of ASTM A53 with A36 Weld Joint Using FCAW Method. *International Journal of Offshore and Coastal Engineering*, 6(2), 40. <https://doi.org/10.12962/j25800914.v6i2.14769>
- [7] Prayoga, S. F. (2021). *Analisis Variasi Interpass Temperature Pada Pengelasan Material BISPLATE 400 Dengan Proses SMAW Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik.pdf*.
- [8] Ramadhani, S., Basyirun, B., Rusiyanto, R., & Sunyoto, S. (2022). Pengaruh Variasi Temperatur Preheat Pada Pengelasan Smaw Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Karbon SS400. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 7(1), 12–20. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v7i1.46929>
- [9] S. Barai, D. Biswas, and B. Sau, *Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique*, vol. 2018–Janua. 2018.