

THE EFFECT OF VARIATION IN PREHEATING TEMPERATURE AND HARDFACING TREATMENT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MEDIUM CARBON STEEL

(Pengaruh Variasi Temperatur *Preheating* dan Perlakuan *Hardfacing* pada Sifat Fisis dan Mekanis Baja Karbon Sedang)

Rio Basuki¹, Joko Waluyo^{2*}, Saiful Huda³, Nidia Lestari⁴

ABSTRACT

Welding is an activity of joining two or more metal parts by heating the metal until it melts and then adding an additional material (electrode) so that the material fuses like a complete object. The welding process on steel causes the metal around the weld area to experience changes in the thermal cycle, so before welding, by providing preheating treatment with temperatures of 100°C, 150°C and 200°C, then on the surface of the metal and to increase its hardness, a further process is carried out, namely the *hardfacing* process. *Hardfacing* is a process where a harder material is applied to a parent material through a welding process. The *hardfacing* method is carried out by melting the HV-600 electrode wire on a plate until it obtains the desired thickness, resulting in a harder microstructural change on the metal surface. The aim of this research is to determine the effect of preheating temperatures of 100°C, 150°C and 200°C on the physical and mechanical properties of AISI 1040 steel material which is heat treated with HV – 600 electrodes in the Shield Metal Arch Welding process. The tests carried out in the research for physical properties were microstructure, and for mechanical properties were hardness and wear. The results of microstructure research at preheating temperatures of 100 °C, 150 °C, and 200 °C, the magnitudes are 79.52%, 72.01%, and 68.56% respectively and the hardness values are 79.6 HRC, 78 HRC respectively. and 75 HRC while the wear values are 0.0000587 m³/kg.m, 0.0000873 m³/kg.m and 0.0000917 m³/kg.m. From the results of this research, the optimum hardness and wear values are hard facing with preheating. 100 °C.

Keywords: Preheating, *Hardfacing*, AISI 1040 Steel, HV-600 Electrodes, SMAW

PENDAHULUAN

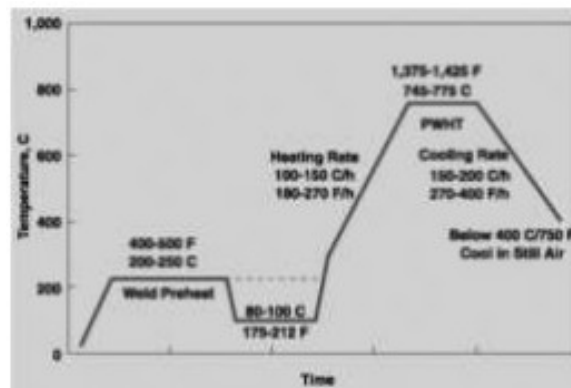
Kemajuan teknologi serta kebutuhan untuk menghasilkan konstruksi yang kuat menjadikan teknik pengelasan menjadi pilihan utama dalam pembangunan konstruksi, dimana

^{1, 2, 3, 4} Universitas AKPRIND Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author:
joko_w@akprind.ac.id

kontruksi yang kuat, aman, dan tahan lama memerlukan kualitas pengelasan yang baik. Kualitas hasil pengelasan tidak hanya data dilihat secara visual, namun harus diketahui juga struktur mikronya. Hasil pengelasan yang baik secara visual, belum tentu memiliki struktur yang baik. Untuk mengetahui hasil pengelasan tersebut telah memenuhi kriteria, harus ada pengukuran atau pengujian hasil las (Askar dkk., 2013).

Perlakuan preheat dilakukan sebelum proses pengelasan dilakukan yang bertujuan untuk menghindari terjadinya retak las yang terjadi pada proses pengelasan. Proses perlakuan ini dilakukan dengan cara memanaskan logam induk hingga suhu tertentu tergantung dari kadar karbon yang dimiliki. Sedangkan perlakuan Post Weld Heat Treatment (PWHT) merupakan perlakuan panas yang dilakukan setelah proses pengelasan yang bertujuan untuk membebaskan tegangan sisa yang terjadi akibat proses pengelasan. Proses PWHT dilakukan dengan cara memanaskan sambungan las hingga suhu tertentu dan didinginkan dengan laju pendinginan tertentu tergantung pada sifat mekanis yang ingin dicapai. Melalui perlakuan panas ini, sifat-sifat sambungan las yang kurang menguntungkan yang timbul akibat proses pengelasan pada logam dapat diperbaiki (Nurtanto, 2022).



Gambar.1 Proses preheating

Baja karbon sedang merupakan baja yang banyak penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari. Material mudah dibentuk baik dengan teknik forging, machining bahan tersebut masih mempunyai kekerasan yang rendah untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon sedang dengan menggunakan pengerasan permukaan (*hardfacing*) dengan menggunakan pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding)

Metode *Hardfacing* ini dapat meningkatkan kekerasan, keausan pada benturan pada temperatur tinggi, ketahanan korosi. *Hardfacing* dapat dilakukan untuk material mesin yang bergesekan untuk mengurangi potensi kerusakan keausan dalam waktu singkat sehingga dapat memperpanjang usia pemakaian dari alat-alat tersebut. Proses *Hardfacing* bisa dilakukan dengan proses pengelasan dengan menggunakan elektroda khusus yang memiliki kekerasan yang relatif tinggi (Susetyo dkk., 2021).

Baja adalah logam paduan dengan unsur paduan dasar Fe. Selain itu, baja mengandung unsur campuran lain seperti silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), dan tembaga (Cu) yang jumlahnya dibatasi. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya (Muqsalmina dkk., 2019).

Baja AISI 1040 termasuk kedalam golongan baja karbon sedang yang memiliki kandungan karbon sebanyak 0,40% dan berat jenis 7870 kg/m³. Baja AISI 1040 memiliki kekuatan mekanik yang baik seperti mampu las, mampu mesin, keuletan yang baik, kekuatan, serta kekerasan yang tinggi. Ketahanan aus dan kekerasan baja AISI 1040 belum optimal, sehingga memerlukan suatu penebalan permukaan (*hardfacing*).

Elektroda adalah penghantar listrik yang terhubung dengan larutan elektrolit dari sebuah rangkaian listrik. Dalam suatu sel elektrokimia, elektroda dapat berperan sebagai anode ketika proses oksidasi maupun katode ketika proses redoks. Jenis penghubung elektrode antara lain ialah semi konduktor, elektrolit atau hampa udara. Elektroda yang digunakan untuk proses *hardfacing* pada baja karbon sedang AISI 1040 adalah elektroda HV 600 atau standart JIS Z 3251 DF2A-600-R. Elektroda ini adalah kawat las karbon yang cocok digunakan untuk proses *hardfacing*.

Analisa mikro adalah suatu analisis mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metallography. Dengan analisis mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat teknologi sangat mempengaruhi dari mikro struktur logam dan paduannya. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji. Pengamatan metallography dengan mikroskop optik dapat dibagi dua, yaitu metallography makro yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran 10-100 kali dan metallography mikro yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran diatas 100 kali (Permana & Rumendi, 2018)

Uji kekerasan Rockwell merupakan metode pengukuran kekerasan yang paling umum digunakan karena pengujian ini mudah dilakukan dan tidak memerlukan keahlian khusus. Uji kekerasan Rockwell sering dipakai untuk material yang keras. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia. Prinsip pengujian pada metode Rockwell adalah dengan menekan penetrator ke dalam benda kerja dengan beban mayor dan minor. Uji kekerasan Rockwell dapat menggunakan beberapa skala dan jenis kombinasi indenter dan beban yang berbeda. Jenis indenter yang digunakan pada kekerasan Rockwell berupa bola baja (HRB) dengan diameter ½, ¼, 1/8, 1/16 inchi ataupun kerucut intan (HRC) dengan sudut puncak 120 derajat yang digunakan untuk bahan-bahan keras.

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antar permukaan tersebut dan permukaan lainnya (Wardana, 2012). Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (revolving disc). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Rumus nilai keausan spesifik:

$$Ws = \frac{B \cdot b_0^3}{8 \cdot r \cdot p_0 \cdot 10} = \left(\frac{mm^3}{kg} \cdot m \right) \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

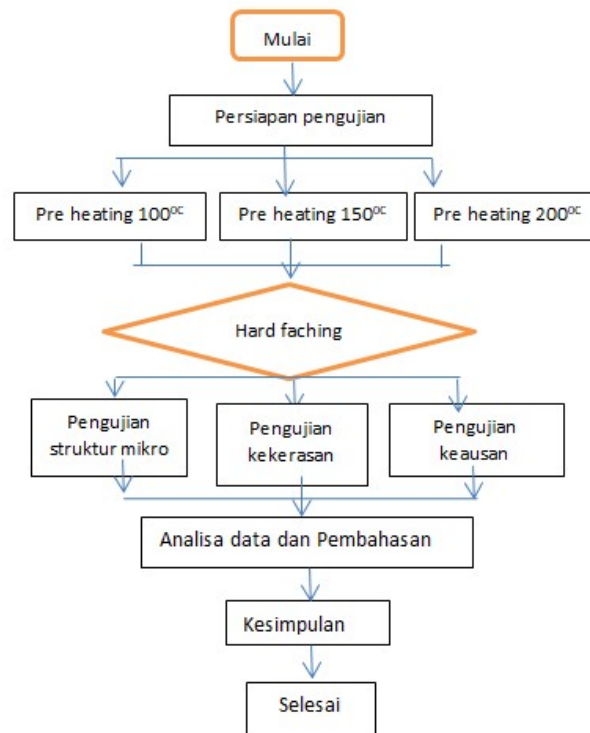
- Ws : Harga keausan spesifik (mm³/kg.m)
- B : Lebar piringan pengaus (mm)
- b0 : Lebar keausan pada benda uji (mm)
- R : Jari-jari piringan pengaus
- p0 : Gaya yang bekerja pada proses keausan (kg)

I0 : Jarak proses pengausan (mm)

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh preheating dan interpass temperatur pada sifat fisis (struktur mikro) dan sifat mekanis (kekerasan, keausan) hasil proses *hardfacing* baja karbon sedang.

METODE PENELITIAN

Untuk mempermudah dalam penelitian maka dibuat diagram alir penelitian seperti terlihat pada gambar 2



Gambar 2. Diagram alir Penelitian

Alat

Dalam penelitian ini dibutuhkan alat, baik untuk kelengkapan pembuatan spesimen maupun alat uji spesimen yang diantaranya sebagai berikut :

- Mesin Las SMAW
- Oxy-gas*
- Infrared thermometer*

- d. Gerinda tangan
- e. Microscop optic
- f. Alat Uji kekerasan
- g. Alat uji keausan
- h. Software pengolah data
- i. Pengaris
- j. *Oxy-gas*

Bahan

Bahan yang digunakan dalam spesimen penelitian ini adalah: Plat baja karbon AISI 1040 yang mempunyai kandungan karbon 0,37 sampai dengan 0,44. Adapun spesimen uji seperti terlihat pada gambar 3



Gambar 3. Plat baja AISI 1040

Untuk komposisi kimiawi Baja AISI 1040 seperti ada pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia Baja AISI 1040 (Azom, 2023)

| Komponen Kimia | Komposisi (%) |
|----------------|---------------|
| Besi (Fe) | 98,6 – 99 |
| Mangan (Mn) | 0,6 - 0,9 |
| Karbon (C) | 0,37 - 0,44 |
| Belerang (S) | $\leq 0,05$ |
| Pospor, (P) | $\leq 0,04$ |

Elektroda HV-600

Elektroda HV 600 merupakan elektroda *Hardfacing* yang memiliki kandungan karbon 0,47 dan digunakan sebagai bahan untuk pembuatan pelapisan pada permukaan spesimen. Adapun gambar elektroda yang digunakan untuk hard faching pada spesimen uji seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Elektroda Hard faching

Pemilihan elektroda HV 600 untuk hard faching karena mempunyai komposisi kimia seperti pada tabel 2 .

Tabel 2. Komposisi kimia elektroda HV 600 (Steel, 2014)

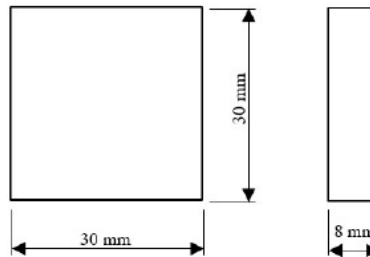
| | C | Mn | Si | S | P | Cr | Fe |
|----------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Min | 0,3 | 0,5 | - | - | - | 3,0 | - |
| Max | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 0,03 | 0,03 | 6,0 | - |
| Typical | 0,47 | 1,0 | 0,4 | 0,02 | 0,02 | 4,0 | Bal |

PEMBUATAN SAMPEL UJI

Pembuatan sampel uji ada beberapa antara lain sampel pengujian untuk struktur mikro, kekerasan dan sampel uji untuk keausan.

1. Sampel uji struktur mikro

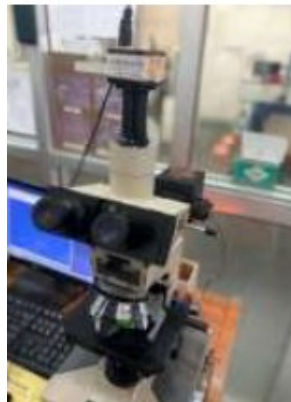
Dimensi yang digunakan pada pengujian struktur mikro, kekerasan dan pengujian keausan di buat sama dengan demensi panjang 30mm, lebar 20mm dan tebal 8 mm seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Dimensi uji struktur mikro, kekerasan dan keausan

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui unsur kandungan yang terdapat didalam spesimen baja karbon menengah yang akan diuji. Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan agar dapat terlihat kandungan didalam benda uji tersebut. Alat yang digunakan untuk uji struktur mikro tersebut adalah mikroskop optik dengan pembesaran 500X.



Gambar 6. Mikroskop Optik

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan/material terhadap gaya deformasi dari material. Pengujian kekerasan ini menggunakan skala

kekerasan C dengan menggunakan indenter 120^0 diamond cone dengan pembebanan 150kg. adapun alat yang digunakan di dalam pengujian seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Proses uji kekerasan

Pengujian keausan

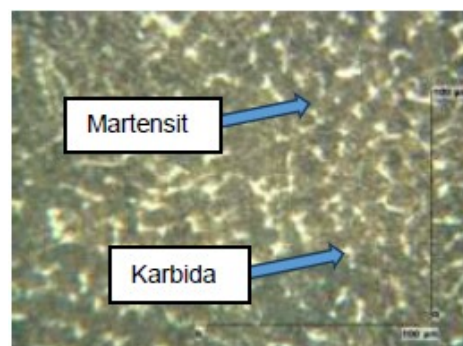
Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan aus dengan metode ogoshi berdasar standar ASTM G 99 tentang wear testing with apin on disk (wardana 2012). Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan alat Ogishi hight speed universal testing machine yang menggunakan jari-jari disc (r) 13,06 mm dan tebal disc pengaus (B) 3mm dengan gaya yang bekerja pada proses pengausan sebesar 6,36 kg serta jarak pengausan 66,6 meter dan revolving disc berputar selama 4 menit. Kontak antar permukaan spesimen akan menghasilkan jarak bekas bekas gesekan yang dijadikan untuk menentukan dasar nilai keausan.



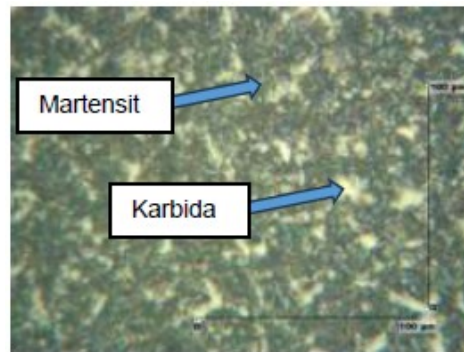
Gambar 7. Pengujian keausan

Pembahasan metalografi

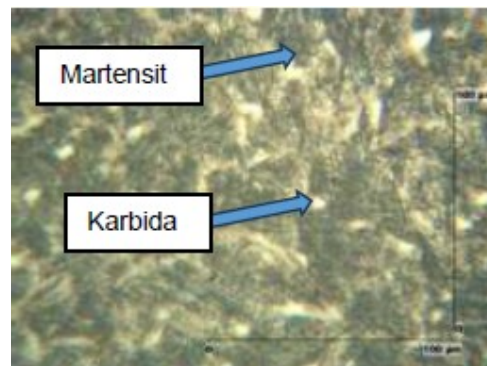
Proses pengujian metalografi dilakukan untuk mengamati struktur mikro yaitu ukuran butir serta fasa yang terbentuk pada logam yang telah mendapatkan pemanasan pre heating dan hard faching. Adapun spesimen area yang diamati dapat dilihat pada gambar 8,9 dan 10.



Gambar 8 Struktur mikro spesimen dengan preheating 100⁰ C dan *hardfacing*



Gambar 9 Struktur mikro spesimen dengan preheating 150⁰ C dan *hardfacing*



Gambar 10 Struktur mikro spesimen dengan preheating 200⁰ C dan *hardfacing*

Perhitungan pengujian . Struktur mikro menggunakan software (aplikasi) pada perhitungan ini menggunakan aplikasi *image*. Aplikasi ini menggunakan program untuk memproses gambar biologis.

Langkah perhitungan

1. Buka aplikasi Image J
2. Klik file open
3. Pilih foto mikro yang akan dianalisa kemudian klik open
4. Kalibrasi skala pada gambar dengan mengukur garis sekala, klik menu analyze kemudian set scale dan pada kolom distance diisi sesuai skala dan pada unit of length diisi mm.
5. Pilih menu edit kemudian klik invert
6. Ubah tipe gambar menjadi 8 – bit
7. Untuk mengetahui prosentase pada strutur mikro, klik menu *image*.
8. Untuk melihat hasil dari proses *Threshold*, klik *analyze*.

Tabel 2. Hasil perhitungan fasa *hardfacing* dengan pre heating 100⁰ C.

| No | Tempering preheating | Prosentase (%) | |
|-----------------|----------------------|----------------|---------|
| | | Martensit | Karbida |
| 1 | 100 ⁰ C | 80,57 | 19,43 |
| 2 | | 80,97 | 19,03 |
| 3 | | 77,03 | 22,97 |
| Rata-rata | | 79,52 | 20,48 |
| Standar deviasi | | 2,17 | 2,17 |

Tabel 3. Hasil perhitungan fasa hard faching dengan pre heating 150⁰ C.

| No | Tempering preheating | Martensit | Karbida |
|-----------------|----------------------|-----------|---------|
| 1 | 150 ⁰ C | 74,12 | 25,88 |
| 2 | | 71,86 | 28,14 |
| 3 | | 70,04 | 29,96 |
| Rata-rata | | 72,01 | 27,99 |
| Standar deviasi | | 2,04 | 2,04 |

Tabel 4. Hasil perhitungan fasa hard facing dengan pre heating 200⁰ C.

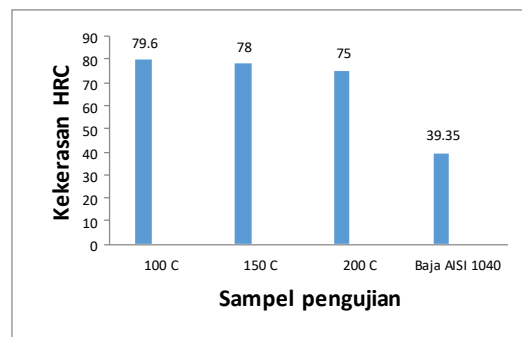
| No | Tempering preheating | Prosentase (%) | |
|-----------------|----------------------|----------------|---------|
| | | Martensit | Karbida |
| 1 | 200 ⁰ C | 68,74 | 31,26 |
| 2 | | 65,93 | 34,07 |
| 3 | | 71,02 | 31,44 |
| Rata-rata | | 68,56 | 31,44 |
| Standar deviasi | | 2,55 | 2,55 |

Dari Tabel 2, 3 dan 4 prosentase martensit terbesar pada hard faching dengan preheating 100⁰C kemudian dengan preheating 150⁰C dan 200⁰C hal ini disebabkan karena pada preheating 100⁰ C perbedaan dengan temperatur pengelasan 1500⁰ C lebih besar dibandingkan dengan temperatur 150⁰C, 200⁰C sehingga menyebabkan prosentase martensit

yang terbentuk pada temperatur 100⁰ prosentasenya lebih besar dibandingkan pada temperatur 150⁰C, 200⁰C yang besarnya adalah 79,52%, 72,01% dan 68,56 %.

Pembahasan kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan material setelah mendapatkan pengerasan permukaan (*hardfacing*) Pengujian ini menggunakan alat uji kekerasan Rockwell C. Adapun hasil dari pengujian ini dapat pada grafik 1 dibawah ini.



Grafik 1. Hasil pengujian kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan pengerasan permukaan (*hardfacing*) pada preheating 100⁰ C, 150⁰ C dan 200⁰ C seperti pada grafik 1 kekerasan tertinggi pada temperatur preheating 100⁰ C kemudian diikuti dengan preheating 150⁰ C dan 200⁰ C yang besarnya adalah 79,6, 78 dan 75 HRC serta bahan uji tanpa *hardfacing* nilai kekerasannya adalah 39,35 HRC. Dari data-data tersebut nilai kekerasan yang dihasilkan mempunyai kecenderungan mengalami penurunan temperatur semakin tinggi menyebabkan laju pendinginan semakin lambat sehingga nilai kekerasan pada proses *hard faching* mengalami penurunan karena matrik martensit yang terjadi prosentasenya mengalami penurunan juga. Dari hasil pengujian metallografi matrik martensit untuk *hardfacing* dengan preheating 100⁰ C, 150⁰ C dan 200⁰ C prosentase martensitnya masing-masing besarnya adalah 79,52%, 72,01% dan 68,56 %..

Pembahasan Keausan

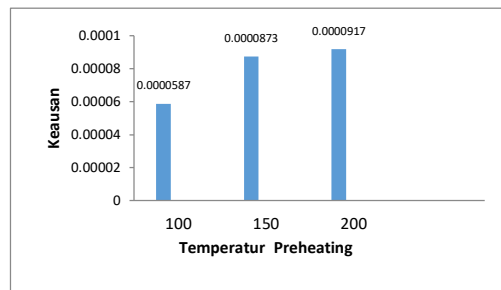
Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan uji ogoshi. Pengujian ini dengan menggunakan jari-jari disc 13,06 mm, serta tebal disc pengaus (B) 3 mm, dan beban yang digunakan pada saat pengujian sebesar 6,36 kg serta jarak pengausan sebesar 66,6 meter

berputar selama 4 menit. Hasil penggoresan berupa bekas goresan revolving disc kemudian diukur dengan menggunakan mikroskop makro. Hasil perhitungan untuk mencari nilai keausan adapun hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian keausan

| Kode benda uji | Bo mm | B mm | R mm | Po kg | Lo (mm) | Keausan mm ³ /kgm |
|----------------|--------|---------|---------|----------|------------|---------------------------------|
| 100 | 0,9532 | 3 | 13,06 | 6,36 | 66,6 | 0,0000587 |
| 150 | 0,0808 | 3 | 13,06 | 6,36 | 66,6 | 0,0000873 |
| 200 | 0,1060 | 3 | 13,06 | 6,36 | 66,6 | 0,0000917 |

Berdasar grafik 2 nilai keausan terbaik pada pre heating 100⁰C kemudian 150⁰C dan 200⁰C yang besarnya 0,0000587 m³/kg.m, 0,0000873 m³/kg.m dan 0,0000917 m³/kg.m hal ini disebabkan pada preating 100⁰C kemudian 150⁰C dan 200⁰C prosentase martensit rata-rata yang terbentuk besarnya 79,52%, 72,01% dan 68,56% dan kekerasannya masing-masing 79,26 HRC. 78 HRC dan 75 HRC semakin besar prosentase martensit yang terbentuk maka pada bahan tersebut kekerasannya semakin besar sehingga mengakibatkan keausannya menjadi semakin rendah.



Grafik 2. Hasil pengujian Keausan

KESIMPULAN

Dari data-data tersebut dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pengujian kekerasan hard faching tertinggi besarnya adalah 79,6 HRC dan bahan tanpa hard facing besarnya 39,35 HRC terjadi kenaikan sebesar 51%.
2. Pada pengujian struktur mikro fasa martensit terbesar pada hard facing dengan preheating

- 100⁰ C yang besarnya 79,52% dan terendah pada hard facing 200⁰ C yang besarnya 68,56%
3. Pada pengujian keausan, besarnya keausan terendah pada hard facing dengan dengan preheating 100⁰ C yang besarnya 0,0000587 mm³/kgm dan tertinggi pada hard facing 200⁰ C yang besarnya 0,0000917 mm³/kgm.

DAFTAR PUSTAKA

- Askar, S., Sinarep, & Sari, N. H. (2013). Pengaruh Preheat Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja Jis Ss 400. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1), 16–25. <https://doi.org/10.29303/d.v3i1.84>
- Azom (2023) AISI 1040 Carbon Steel (UNS g 10400) <https://www.azom.com/article.aspx?eId=6525>.
- Dwiyati, ST, Susetyo, F. B., & Yudhantono, A.D.P (2018) Pengaruh laju aliran gas terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah hasil *hardfacing* dengan proses GTAW. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, 57(April), 1–6
- Muqsalmina, Syukran, & Hanif. (2019). Pengaruh interpass temperatur terhadap sifat mekanik proses pengelasan SMAW material carbon steel SS400 (Effect of temperature interpasses on mechanical properties welding process of SMAW SS400 carbon steel material). *Journal of Welding Technology*, 1(1), 17–21.
- Nurtanto,F (2022). Analisa Pengaruh Temperatur Tempering terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja SKD11 Uniersitas Diponegara Semarang.
- Permana,T.S.G, & Rumendi, U (2018) Analisa Uji keausan material ST 37 hasil carburising dan Hardening dengan menggunakan uji keausan horisontal. *Steman*, april, 1-5.
- Ramdhani,S, Basyirun, Rusiyanto, & Sunyoto (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
- Rifaldi,A, Ryadin ,AU, & Hakim,A.R (2021).Pengaruh suhu preheating terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pelat baja ASTM a36pada pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) *Sigma Teknika*,4 (1), 81-90 <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.V4i1.3216>
- Seinindi,M.S, Soundarrajan,R Satishkumar, K. S., & Suresh, S. (2021). Enhancing the FDM infill pattern outcomes of mechanical behavior for asbuilt and annealed PETG and

- CEPETG composites parts. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7208–7212
<https://doi.org/10.1016/j.matpr,2021.02.417>
- Steel,N.(2014). MANUFACTURERS OF A DIVERSE RANGER OF-600.21 September 2023.
- Susetyo,F,B Basori, & Lubi,A. (2021) Perlakuan Panas Lapisan Multilapis Hardfacing Dengan Elektroda AWS A5.13 Efe2/A5.1E7018. *Jurnal ilmiah GIGA* 24(November),72-78
- Wardana, P.F Pemanfaatan serbuk bambu sebagai alternatif Material kanvas rem non-asbestos Sepeda motor (Universitas Sebelas Maret) digilib,uns.ac.id