

# Perlakuan Panas Lapisan Hasil Multilapis *Hardfacing* Dengan Elektroda AWS A5.13 EFe2/A5.1 E7018

Ferry Budhi Susetyo<sup>1\*</sup>, Basori<sup>2</sup>, Ahmad Lubi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Nasional

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

\*Korespondensi penulis: fbudhi@unj.ac.id

(Received: 21-7-2021; Revised: 22-09-2021; Accepted: 11-10-2021)

**Abstract.** *Hardfacing is a common technique to increase the surface hardness of a material. This also can reach by heat treatment technique. Commonly, the hardfacing technique is applied in low carbon steel surfaces because the hardness of this material cannot be increased by heat treatment. For this reason, a combination of multilayer hardfacing processes will be carried out and followed by heat treatment to obtain optimum layer hardness. The methodology in this research is to perform multiple layers of hardfacing welding by two types of electrodes, where the first layer is with AWS A5.13 EFe<sub>2</sub>, the second layer is with AWS A5.1 E7018 and the third layer is with AWS A5.13 EFe<sub>2</sub>. After the hardfacing process is completed, then samples are heat treated until 1000°C and quickly cooled with engine oil (SAE 20-50 ) and palm oil. The results of this study are formed is perlite, ferrite, and martensite. The hardness of the samples untreated, engine oil cooling, and vegetable oil cooling is 468.1, 490.4, and 532.4 VHN respectively. This study concludes that the sample by cooling vegetable oil has the highest hardness because more martensite is formed. While the sample without heat treatment produces the lowest hardness due to the structure formed by ferrite and pearlite.*

**Keywords:** *hardfacing, heat treatment, quenching, perlite, ferrite, martensite.*

**Abstrak.** *Hardfacing adalah salah satu teknik dalam pengelasan yang berfungsi untuk meningkatkan nilai kekerasan permukaan suatu material. Selain itu untuk meningkatkan kekerasan permukaan dapat juga dilakukan dengan melakukan perlakuan panas pada material. Umumnya hardfacing dilakukan pada material baja karbon rendah, karena baja karbon rendah tidak bisa ditingkatkan kekerasannya dengan perlakuan panas. Untuk itu akan dilakukan kombinasi dari proses hardfacing secara multilapis dan dilanjutkan dengan perlakuan panas dengan tujuan untuk mendapatkan kekerasan lapisan yang optimum. Metodologi dalam penelitian ini adalah akan dilakukan pengelasan hardfacing secara multipis dimana lapis pertama dengan elektroda AWS A5.13 EFe<sub>2</sub>, lapis kedua dengan elektroda AWS A5.1 E7018 dan lapis ketiga dengan elektroda AWS A5.13 EFe<sub>2</sub>. Setelah selesai proses hardfacing, kemudian dilakukan perlakuan panas serta pendinginan cepat dengan dua media yang berbeda yaitu oli dan minyak sayur. Hasil dari penelitian ini adalah berdasarkan foto struktur mikro, struktur yang terbentuk adalah perlite, ferrite dan martensite dan kekerasan yang dihasilkan untuk sampel tanpa perlakuan panas, sampel dengan pendinginan oli dan sampel dengan pendinginan minyak sayur masing-masing adalah 468.1, 490.4 dan 532.4 VHN. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sampel dengan pendinginan minyak sayur memiliki kekerasan tertinggi karena lebih banyak martensite yang terbentuk. Sedangkan sampel tanpa perlakuan panas menghasilkan kekerasan terendah karena struktur yang terbentuk ferrite dan pearlite.*

**Kata Kunci:** *hardfacing, perlakuan panas, pendinginan cepat, perlite, ferrite, martensite.*

## PENDAHULUAN

Metode *hardfacing* merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kekerasan permukaan pada baja karbon rendah [1]. Selain meningkatkan kekerasan, manfaat *hardfacing* pun dapat meningkatkan kekerasan pada keausan pada benturan, temperatur tinggi, ketahanan korosi serta sebagainya [2]. *Hardfacing* bukanlah sesuatu yang baru, banyak industri-industri yang menggunakan cara ini terhadap material alat-alat mesin produksinya yang bekerja dengan cara bergesekan, hal ini bertujuan untuk mengurangi potensi kerusakan dalam waktu singkat sehingga dapat memperpanjang usia pemakaian dari alat-alat tersebut. Proses *hardfacing* bisa dilakukan dengan proses pengelasan menggunakan elektroda khusus yang memiliki kekerasan yang relatif tinggi [3].

Pada saat pengelasan, arus menjadi faktor pengaruh pada nilai kekerasan. Semakin tinggi arus pengelasan maka hasil uji kekerasanpun akan semakin tinggi [4]. Proses pengelasan dengan arus 110, 130 dan 150A dengan proses SMAW (DC+) menggunakan elektroda JIS Z 3251 DF2A-350-R sebanyak satu lapis, menghasilkan nilai uji keras tertinggi terdapat pada spesimen arus 150 A dengan nilai kekerasan 294 VHN dan nilai uji keras terendah terdapat pada spesimen arus 110A menghasilkan nilai kekerasan 222.03 VHN [5].

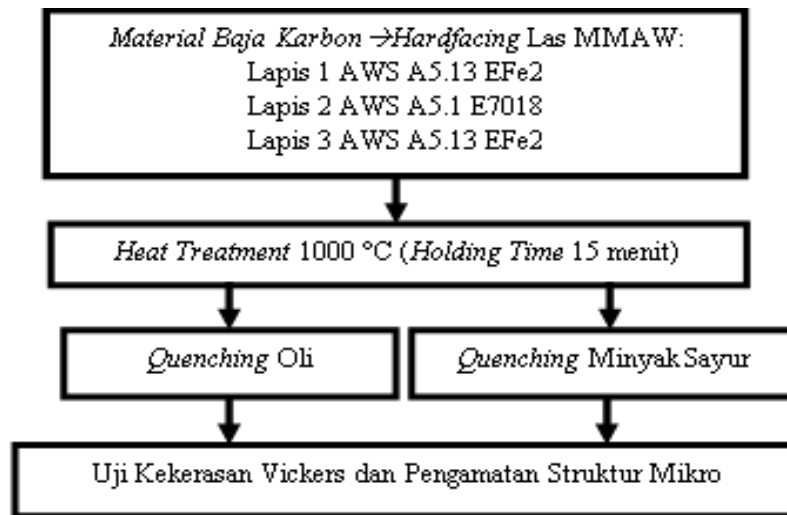
Selain *hardfacing* dengan pengelasan, peningkatan kekerasan dari suatu material juga bisa dilakukan dengan teknik pendinginan cepat (*quenching*) [6–8]. Pada *quenching* faktor yang berpengaruh adalah waktu tahan saat dalam tungku [9] dan media yang digunakan dalam pendinginan. Media yang umum digunakan pada industri dalam *quenching* adalah oli, air, minyak, minyak sayur dan *coolant* [10–13]. Waktu tahan yang biasa digunakan adalah 10-15 menit, karena semakin lama waktu tahan maka akan semakin lunak material tersebut, sehingga ketangguhannya meningkat [10,14]. Selain itu semakin lama *holding time* maka akan semakin menurunkan kekerasan [15]. Sedangkan suhu yang digunakan dalam proses *heat treatment* adalah 1000°C, karena semakin rendah suhu yang digunakan (750-900°C) maka akan semakin lunak kekerasan yang dihasilkan [16].

Komposisi dari elektroda AWS A5.13 EFe2 ini mempunyai paduan Carbon 0.25%, Mangan 0.75%, Silikon 0.5%, Sulfur 0.02%, Fosfor 0.02%, Chromium 2.1%, Vanadium 0.2% dan Molibdenum 0.6%. Sedangkan komposisi dari elektroda AWS A5.1 E7018 ini mempunyai paduan Carbon 0.1%, Mangan 1.0%, Silikon 0.35%, Sulfur 0.01%, Fosfor 0.01%, Chromium 0.1%, Nikel 0.01%, Molibdenum 0.02% dan Vanadium 0.02%.

Pada penelitian sebelumnya dapat diketahui pengelasan dengan arus 130A menghasilkan kekerasan tertinggi [17]. Oleh sebab itu, maka akan dilakukan penelitian dengan melakukan proses *quenching* dengan media pendingin oli dan minyak sayur terhadap lapisan *hardfacing* yang dilas dengan menggunakan elektroda AWS A5.13 EFe2/AWS A5.1 E7018 sebanyak 3 lapis terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro. Dengan melakukan *buffer layer* pada lapisan kedua dengan elektroda AWS A5.1 E7018 diharapkan menjadi alternatif dalam melakukan proses *hardfacing*.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat secara sistematis pada bagan alir pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1, penelitian diawali dengan persiapan material baja karbon. Setelah material siap kemudian panaskan elektroda (150°C) dengan waktu 60 menit. Lalu lakukan *hardfacing* menggunakan jenis SMAW (DC+ dan 130A). Proses *hardfacing* pada permukaan baja karbon dilakukan sebanyak tiga lapis. Dimana lapis pertama menggunakan elektroda AWS A5.13 EFe2, lapis kedua menggunakan elektroda AWS A5.1 E7018 dan lapis ketiga menggunakan elektroda AWS A5.13 EFe2. Waktu pengelasan dan kecepatan pengelasan masing-masing jenis elektroda dapat dilihat pada tabel 1.



GAMBAR 1. Diagram alir penelitian.

TABEL 1. Waktu pengelasan dan kecepatan pengelasan

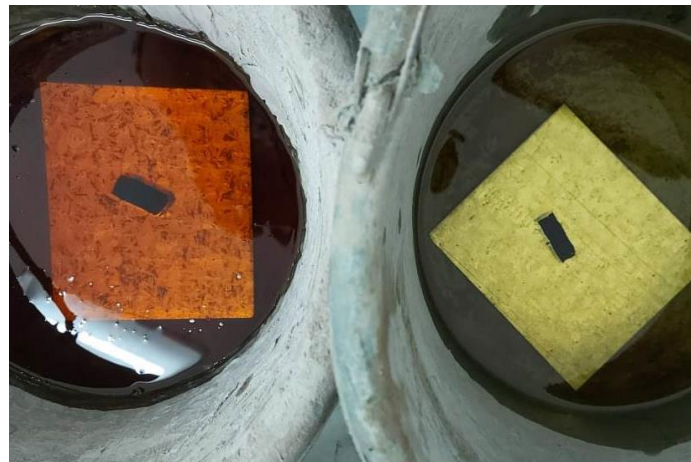
Lapisan	Jenis Elektroda	Waktu Pengelasan (s)	Kecepatan Pengelasan (mm/s)
1	AWS A5.13 EFe2	58	2.56
2	AWS A5.1 E7018	40	3.75
3	AWS A5.13 EFe2	53	3.83

Setelah selesai proses *hardfacing*, kemudian spesimen dibagi menjadi tiga bagian (potongan). Potongan pertama tanpa perlakuan panas, potongan kedua perlakuan panas dengan pendinginan oli, dan terakhir untuk potongan ketiga perlakuan panas dengan pendinginan minyak sayur.



GAMBAR 2. (kiri) Tungku pemanas, (kanan) alat uji kekerasan

Setelah selesai dipotong, kemudian dua buah spesimen dilakukan pemanasan didalam tungku dengan suhu 1000°C selama 15 menit lalu dilakukan pendinginan cepat dengan media oli dan minyak sayur. Adapun volume minyak sayur dan oli yang digunakan sebagai media pendingin adalah sebanyak 1 liter. Waktu yang dibutuhkan dari mulai spesimen dikeluarkan dalam tungku sampai dengan dicelupkan pada dua media pendingin yang berbeda kurang lebih 5 detik.



**GAMBAR 3.** Pendinginan oli dan minyak sayur

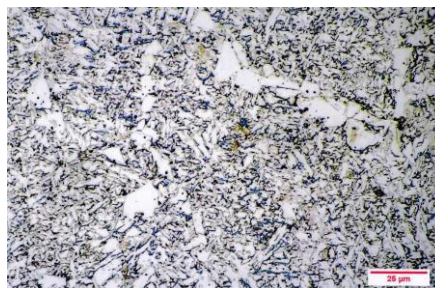
Setelah spesimen menjadi dingin, kemudian dibersihkan dengan menggunakan kain majun. Setelah dibersihkan kemudian permukaan yang akan dilakukan uji keras diratakan. Setelah diratakan kemudian dilakukan uji keras dengan beban 10Kgf di laboratorium Material Teknik Mesin UNJ dengan menggunakan standar ASTM E92. Sedangkan untuk pengamatan struktur mikro dilakukan di lembaga uji mekanik (LUM) Teknik Metalurgi UI menggunakan standar ASTM E3 dan ASTM E 407.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan akan dilakukan interpretasi data struktur mikro dan kekerasan dari sampel yang telah dibuat.

### Struktur Mikro

Hasil foto struktur mikro untuk ketiga sampel dapat dilihat pada gambar sebagai berikut. Dimana dapat terlihat ada sampel 130A (sampel tanpa perlakuan panas), sampel oli (sampel dengan pendinginan oli), dan sampel minyak (sampel dengan pendinginan minyak).



(a)



(b)



(c)

**GAMBAR 4.** Struktur mikro (a) 130A [17], (b) Oli (c) Minyak sayur

Berdasarkan gambar 4 (a) dapat terlihat struktur yang terbentuk adalah *ferrite* dan *pearlite* [18]. *Ferrite* yang berwarna putih dan *pearlite* yang berwarna hitam [19]. Dari gambar 5 (b) dan (c) juga dapat terlihat bahwa ukuran butiran akan semakin kecil ketika spesimen dilakukan perlakuan panas. Selain itu pada gambar 5 (b) dan (c) dapat terlihat adanya *martensite* yang berbentuk seperti jarum [8]. Fasa *martensite* yang terbentuk akan mempengaruhi ketangguhan dari material tersebut [20].

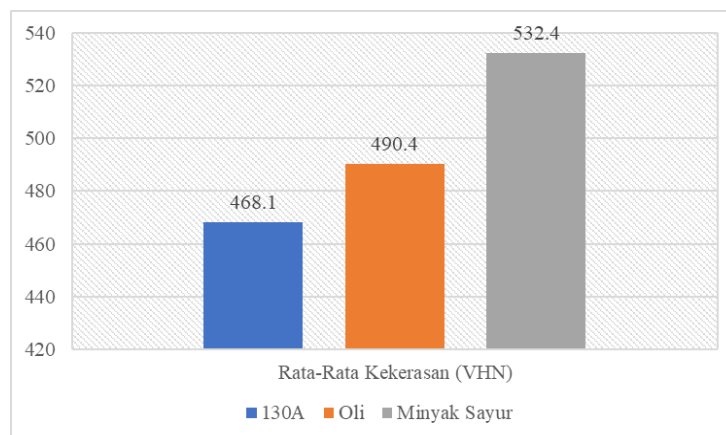
### Pengujian Keras

Pengujian kekerasan untuk ketiga sampel pada penelitian yang dilakukan terlihat pada tabel 2. Dimana dapat terlihat ada sampel 130A (sampel tanpa perlakuan panas), sampel oli (sampel dengan pendinginan oli), dan sampel minyak sayur (sampel dengan pendinginan minyak sayur).

**TABEL 2.** Hasil uji kekerasan seluruh spesimen

Titik Uji	Nilai Kekerasan (VHN)		
	130A [17]	Oli	Minyak Sayur
1	545,9	482,1	539,4
2	464,0	501,8	518,3
3	447,7	498,1	510,8
4	439,1	479	549,4
5	443,8	490,8	544,0
<b>Rata-Rata Kekerasan (VHN)</b>	468,1	490,4	532,4

Berdasarkan tabel 2 dapat terlihat nilai rata-rata hasil uji kekerasan yang diambil sebanyak 5 kali pengulangan pada tiap-tiap sampel. Dari 5 kali pengulangan kemudian diambil nilai rata-ratanya. Setelah didapatkan nilai rata-ratanya kemudian dibuat gambar sebagai berikut.



**GAMBAR 5.** Hasil uji kekerasan.

Pada pabrik yang melakukan proses perlakuan panas, umumnya menggunakan media pendingin oli, karena laju pendinginan yang cukup sehingga tidak menimbulkan retakan pada komponen yang di perlakuan panas [10]. Berdasarkan gambar 5 dapat terlihat sampel yang dilakukan perlakuan panas kemudian didinginkan mendadak dengan pendinginan minyak memiliki kekerasan tertinggi. Kemudian diikuti dengan sampel yang dilakukan perlakuan panas kemudian didinginkan mendadak dengan pendinginan oli dan yang terakhir sampel tanpa perlakuan panas menghasilkan kekerasan yang paling rendah jika dibandingkan dengan sampel-sampel yang lain. Hasil ini masih lebih keras jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan menggunakan elektroda yang sama. Pada penelitian lain dimana melakukan proses *hardfacing* dengan satu lapis menggunakan elektroda HV 350 kemudian dilakukan perlakuan panas (suhu 1000°C dan waktu tahan 10 menit) hanya mendapatkan kekerasan 202 sampai dengan 299 VHN [10]. Karena menurut *manufacturers of a diverse range of advanced welding consumable*,

*hardfacing* satu lapis menggunakan elektroda HV 350 hanya akan menghasilkan kekerasan 240-270 VHN.

Pada penelitian sebelumnya didapatkan kekerasan sebelum di *quenching* 348 VHN, setelah di *quenching* oli dan air naik menjadi 402.8 dan 418 VHN [21]. Hal ini disebabkan karena pengelasan dilakukan dengan arus lebih rendah yaitu 110 dan 120 A, kemudian pelapisan hanya 2 lapis. Dan yang terakhir *holding time*-nya terlalu lama yaitu 60 menit, karena semakin lama *holding time* maka akan semakin menurunkan kekerasan [15]. Pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan elektroda yang berbeda yaitu HV 600 sebanyak empat lapis dan variasi suhu tungku 750-900°C dan media pendingin oli didapatkan kekerasan 586-751 VHN. Hasilnya jauh lebih tinggi karena menurut *manufacturers of a diverse range of advanced welding consumable*, jenis elektroda HV 600 memiliki kekerasan 540-675 untuk *hardfacing* tiga lapis[16].

Dalam proses *hardfacing* semakin tebal lapisan maka akan semakin tinggi kekerasan, hal ini sesuai dengan *manufacturers of a diverse range of advanced welding consumable* AWS A5.13 EFe2. Kekerasan yang dapat dihasilkan dengan tiga lapis elektroda AWS A5.13 EFe2 adalah 465 VHN. Pada penelitian kami sebelumnya didapatkan hasil uji kekerasan untuk arus 110, 120 dan 130A masing-masing adalah 358,94, 443,6, dan 468,1 VHN [17]. Jika dibandingkan dengan *manufacturers of a diverse range of advanced welding consumable* AWS A5.13 EFe2 maka dengan menggunakan elektroda AWS A5.1 E7018 lapisan ke dua cukup representatif menjadi alternatif dalam penerapannya. Karena kekerasan yang dihasilkan mendekati, bahkan dapat lebih tinggi ketika menggunakan arus yang lebih tinggi. Sehingga dalam penelitian sebelumnya arus cukup berperan penting dalam peningkatan kekerasan. Ketika proses *hardfacing* menggunakan arus rendah, maka akan menghasilkan kekerasan yang rendah. Hal ini terkait dengan panas yang dihasilkan, semakin rendah arus yang digunakan maka akan semakin rendah panas yang dihasilkan [22]. Dalam penelitian yang dilakukan saat ini dengan menerapkan proses perlakuan panas dimana pendinginan secara cepat dengan menggunakan dua media yang berbeda dapat dihasilkan kekerasan yang semakin tinggi lagi. Sehingga proses ini juga berperan penting dalam meningkatkan kekerasan dari lapisan hasil *hardfacing*. Hal ini sesuai dengan penelitian lain bahwa dengan melakukan pendinginan cepat paska proses pemanasan dalam tungku maka akan meningkat kekerasannya [8,23].

## KESIMPULAN

Pembuatan dan perlakuan panas dari semua spesimen telah selesai dilakukan. Struktur mikro yang terbentuk adalah *perlite*, *ferrite* dan *martensite*. Dapat diketahui sampel dengan pendinginan minyak sayur memiliki kekerasan tertinggi. Sedangkan sampel tanpa perlakuan panas menghasilkan kekerasan terendah. Untuk meningkatkan kekerasan, arus dan media pendingin merupakan dua parameter yang berpengaruh.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang telah membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak: 057a/5.FT/PP/IV/2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Chotěborský, P. Hrabě, M. Müller, J. Savková, and M. Jirka, Res. Agric. Eng., 54, 192–198 (2008).
- [2] H. Singh, Int. J. Res. Advent Technol., 2, 2321–963 (2014).
- [3] Sopiyan, Basori, and F.B. Susetyo, SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin, 14, 118–122 (2020).
- [4] M.Y.N. L., H. Suryanto, and A. Qolik, J. Tek. Mesin, 24, 1–12 (2016).

- [5] Sopiyan, F.B. Susetyo, and Syamsuir, J. *Kaji. Tek. Mesin*, 3, 57–107 (2018).
- [6] Astrini, J. *Teor. Dan Apl. Fis.*, 4, 195–200 (2016).
- [7] F.D. Ayu V and S. Sumiati, *Juminten*, 1, 104–115 (2020).
- [8] S. Rasyid, A. Ahmad, M.S. Ramadhani, and I. Herdin, *J. Sinergi*, 16, 156 (2019).
- [9] J. Waluyo, S. Huda, and H. Mahendra, *J. Teknol.*, 5, 1–8 (2012).
- [10] Sopiyan, Syamsuir, and Y. Nofendri, *J. Kaji. Tek. Mesin*, 4, 104–107 (2019).
- [11] A.O.M. Al-uqaily and J.M.S. Al-murshdy, *J. Babylon Univ.*, 22, 703–715 (2014).
- [12] Karmin, J. *Austenit*, 1, 17–25 (2009).
- [13] D. Faria, P. Brito, P.A. Ramos, L.P. Resende, and D. Ant, *J. Clean. Prod.*, 216, 230–238 (2019).
- [14] M. Fitri, B. Sukiyono, and M.L. Simanjuntak, *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, 13, 80 (2019).
- [15] A.R.S. Utama, A. Wahab, and N. Robbi, *J. Tek. Mesin*, 6, 1–7 (2016).
- [16] B. Basori and F.B. Susetyo, *J. Kaji. Tek. Mesin*, 5, 83–86 (2020).
- [17] F.B. Susetyo, H.H. Sutrisno, and R.A. Suryadewi, *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Dan Inov.*, 3, 97–104 (2021).
- [18] A.S. Mohruni and B.H. Kembaren, *J. Rekayasa Mesin*, 13, 001–008 (2013).
- [19] T.B. Santoso, S. Solichin, and P. Tri Hutomo, *J. Tek. Mesin*, 23, 56–64 (2015).
- [20] B. Arivazhagan and M. Vasudevan, *J. Manuf. Process.*, 16, 305–311 (2014).
- [21] F.B. Susetyo, A. Kholil, and M. Fatihuddin, *J. Konversi Energi Dan Manufaktur*, 6, 1–5 (2019).
- [22] A.A. Soleh, H. Purwanto, and I. Syafa'at, *J. Ilm. Cendekia Eksakta*, 1, 29–35 (2017).
- [23] A. Pramono, *J. Ilm. Tek. Mesin Cakra*, 5, 32–38 (2011).