

## Efek Perlakuan Panas pada Substrat Baja Karbon dan Lapisan Hasil Pengerasan Permukaan dengan Metoda MMAW

Ferry Budhi Susetyo<sup>1)</sup>, Siska Titik Dwiwati<sup>2)</sup>, Muhammad Yazid<sup>2)</sup>, Yos Nofendri<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur, 13220

<sup>2)</sup>Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur, 13220

<sup>3)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta  
Jl. Sunter Permai Raya No.36, Papanggo, Tj. Priok, Jakarta Utara, 14350

E-mail: [fbudhi@unj.ac.id](mailto:fbudhi@unj.ac.id)

### Abstract

*This research was conducted using carbon steel with composition of carbon 0.2%. The addition of harder materials using the MMAW process with HV 450 electrodes. The specimens in this study were warmed up to 1000 ° C and then held for a time variation of 10, 20, or 30 minutes in the furnace. Then rapid immersed with two types of quenching media, namely coolant and oil. The results of this study showed that the detention time of 20 minutes resulted in higher hardness in all specimens tested. Micro structures formed on the substrate are ferrite, pearlite and bainite. While the micro structure formed in the non-treatment layer are pearlite and bainite, while the layer that is carried out quenching coolant and oil are ferrite, bainite and martensite.*

**Keywords:** *Hardfacing, MMAW, HV 450, hardness, martensite.*

### Abstrak

*Penelitian ini dilakukan menggunakan material baja dengan kadar karbon 0,2%. Penambahan material yang lebih keras menggunakan proses MMAW dengan elektroda HV 450. Spesimen dalam penelitian ini dilakukan pemanasan sampai dengan 1000°C kemudian ditahan dengan variasi waktu selama 10, 20, atau 30 menit. Kemudian dicelup dengan dua jenis media quenching yaitu coolant dan oli. Hasil penelitian ini menunjukkan pada penahanan waktu 20 menit menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada semua spesimen yang diuji. Struktur mikro yang terbentuk pada substrat adalah ferrite, pearlite dan bainit. Sedangkan struktur mikro yang terbentuk pada lapisan non treatment adalah pearlite dan bainit, sedangkan pada lapisan yang dilakukan quenching coolant dan oli adalah ferrite, bainit dan martensit.*

**Kata kunci:** *Hardfacing, MMAW, HV 450, kekerasan, martensit.*

## LATAR BELAKANG

Baja karbon rendah banyak digunakan oleh dunia industri meskipun terbatas pada penggunaannya, dimana aplikasinya pada konstruksi atau komponen tidak membutuhkan tegangan tarik maupun kekerasan yang tinggi. Baja karbon rendah juga memiliki harga relatif murah dan mudah dalam proses pembentukannya [1]. Baja karbon rendah memiliki karakteristik tidak dapat dikeraskan melalui *heat treatment* kecuali dengan proses modifikasi permukaan [2]. Meski baja karbon rendah tidak bisa langsung dikeraskan, baja karbon rendah sering dilakukan pengerasan permukaan melalui berbagai metode seperti *carburizing* [3], dan *hardfacing* [4].

*Hardfacing* juga dikenal sebagai mengeraskan permukaan dengan menambahkan lapisan lain pada permukaannya. Proses ini bisa menggunakan teknik pengelasan jenis MMAW untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan, atau benturan.

Umumnya pengelasan MMAW digunakan untuk menyambung dua buah logam [5,6]. Namun metode *harfacing* dengan pengelasan MMAW adalah salah satu metode yang paling banyak dilakukan karena mudah ditemukan dan juga digunakan [7].

Untuk meningkatkan sifat keras dan kemampuan pada komponen dengan *hardfacing* tergantung pada paduan logam pengisi yang digunakan [7]. Selain itu untuk lebih meningkatkan hasil kekerasan bisa juga dilakukan proses *quenching* setelah *harfacing* [8]. Setelah dilakukannya *quenching* pada material tersebut, didapatkan peningkatan kekerasan pada permukaan material. Dalam proses *quenching*, media pendingin merupakan faktor yang paling penting karena berhubungan dengan laju pendinginan. Media pendingin yang biasa digunakan di industri adalah oli dengan berbagai viskositas [9]. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pengelasan *hardfacing* sebanyak dua lapisan dengan elektroda HV 450 yang

dilakukan *quenching* media air menghasilkan kekerasan sebesar 418,66 VHN [4]. Oleh karena itu, dilakukan penelitian *hardfacing* sebanyak empat lapis pada material baja karbon rendah dengan menggunakan elektroda HV 450 (kekerasan 450 VHN), kemudian dilakukan *quenching* agar nilai kekerasan dapat lebih meningkat.

### METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur penelitian diawali dengan menyiapkan alat dan bahan. Alat serta perlengkapan mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah: mesin MMAW Polaritas DC+, tang penjepit, gerinda tangan, mesin potong, *hair dryer*, alat uji kekerasan *Vickers* dan perlengkapan k3 pengelasan.

Bahan-bahan yang digunakan untuk menunjang pelaksanaan penelitian, yaitu: baja karbon dengan kadar karbon 0,2%, elektroda HV 450 diameter 3.2 mm, amplas dengan tingkat kehalusan 80-2000, autosol, larutan asam nitrat, air aquades dan alkohol.

Setelah alat dan bahan lengkap kemudian dilanjutkan dengan proses pengelasan sebanyak empat lapis menggunakan kuat arus listrik sebesar 100 A dengan polaritas DC+ untuk seluruh lapisan *hardfacing*. Jumlah spesimen yang dilakukan pengelasan sesuai dengan variasi *holding time* perlakuan panas dan media *quenching*-nya. Terdapat 3 spesimen yang dilas untuk perlakuan panas dengan media *quenching coolant* dan media *quenching oli*, dan 1 spesimen yang tidak diberikan perlakuan panas.

Untuk mempermudah dalam penyebutan maka spesimen diberikan kode seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kode spesimen

Kode	Keterangan	Media	Holding time
SNT		-	-
SC1	Substrat	<i>coolant</i>	10
SC2			20
SC3			30
SO1		oli	10
SO2	20		
SO3	30		
LNT		-	-
LC1	Lapisan <i>weld</i>	<i>coolant</i>	10
LC2			20
LC3			30
LO1		oli	10
LO2	20		
LO3	30		



Gambar 1. Substrat sebelum di las



Gambar 2. Hasil pengelasan spesimen

Langkah selanjutnya adalah memotong spesimen hasil *hardfacing* sesuai ukuran yang dibutuhkan dalam penelitian, yaitu dengan ukuran 200 x 100 x 100 mm. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan gerinda potong seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pemotongan spesimen

Setelah spesimen dipotong sesuai ukuran kemudian langkah selanjutnya spesimen dipanaskan di dalam tungku dengan suhu 1000°C dengan variasi *holding time* 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Setelah dipanaskan dan di tahan sesuai dengan waktu yang diinginkan, kemudian dilakukan pendinginan cepat (*quenching*) dengan media *coolant* dan media oli.



Gambar 4. Hasil pemotongan spesimen



Gambar 5. Proses *surface grinding*

Setelah spesimen dilakukan perlakuan panas kemudian langkah selanjutnya adalah meratakan permukaan hasil *hardfacing* dengan *surface grinding*. Setelah rata, kemudian spesimen dilakukan uji kekerasan vickers dengan beban 5kgf. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing spesimen.



Gambar 6. Uji keras Vickers

Setelah selesai diuji keras selanjutnya adalah melakukan pengamatan struktur mikro. Sebelum melakukan pengamatan, spesimen harus melewati beberapa tahap, yaitu: Spesimen harus dipoles menggunakan amplas dengan tingkat kekasaran mulai dari 80-2000. Setelah dipoles menggunakan amplas, spesimen akan dipoles menggunakan kain beludru dengan mengoleskan autosol ke permukaan sampai mengkilat dan tidak ada guratan. Proses etsa dilakukan dengan mencelupkan spesimen yang akan diamati dengan rentang waktu 5-10 detik.

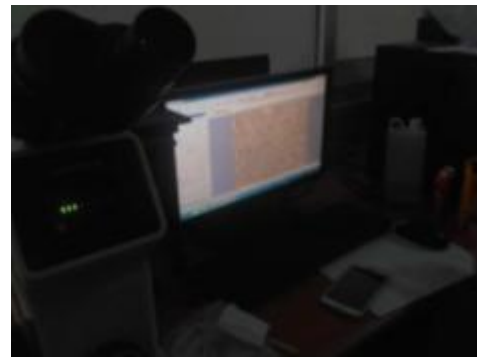


Gambar 7. Pemolesan spesimen



Gambar 8. Hasil pemolesan spesimen

Langkah terakhir adalah melakukan proses etsa, dimana proses etsa menggunakan campuran asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) sebanyak 5% dan alkohol 95%. Permukaan yang telah dietsa selanjutnya akan dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100 kali.



Gambar 9. Proses pengamatan foto mikro

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Kekerasan *Vickers*.

Perbedaan tingkat kekerasan pada permukaan baja karbon rendah (substrat) setelah dilakukan *hardfacing* kemudian di *heat treatment* dapat dilihat sebagai berikut.

### *Hasil Uji Kekerasan Substrat*

Pengujian dilakukan pada substrat spesimen yang dilas untuk mengetahui perubahan kekerasan yang terjadi pada substrat spesimen setelah dilakukan pengelasan *hardfacing* dengan proses MMAW. Perbedaan tingkat kekerasan pada spesimen substrat yang dilakukan pengelasan *hardfacing* MMAW dengan variasi *holding time* saat diberikan *heat treatment* dan dengan variasi media *quenching* dapat dilihat pada data di bawah ini.

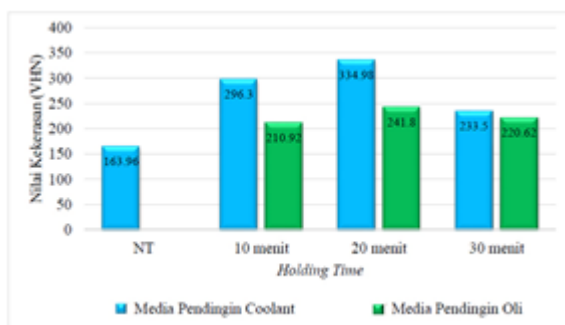
Tabel 2. Nilai kekerasan *vickers* substrat dengan las

Kode Spesimen	Penu-sukan	Kekerasan (VHN)	Rata-Rata Kekerasan (VHN)
SNT	1	163	163,96
	2	157,5	

	3	164,2	
	4	168,7	
	5	166,4	
	1	305,5	
	2	312,6	
SC1	3	287,4	296,3
	4	288,7	
	5	288,7	
	1	325	
	2	359	
SC2	3	341,3	334,98
	4	324,2	
	5	325,4	
	1	232,9	
	2	234,6	
SC3	3	237,2	233,5
	4	222,5	
	5	240,3	
	1	198,9	
	2	224,7	
SO1	3	219,3	210,92
	4	207,6	
	5	204,1	
	1	240,6	
	2	242,5	
SO2	3	241,3	241,8
	4	240,8	
	5	243,8	
	1	229,2	
	2	213,4	
SO3	3	221,7	220,62
	4	224,9	
	5	213,9	

Terlihat pada gambar 10 yaitu grafik yang menunjukkan rata-rata nilai kekerasan pada substrat yang sudah dilakukan pengelasan *hardfacing*, dapat dilihat spesimen tersebut mengalami perubahan setelah dilakukannya *quenching* baik menggunakan dengan *coolant* maupun oli sebagai medianya.

Pada substrat dengan dilakukan pengelasan *hardfacing* dengan proses MMAW ini, nilai kekerasan tertinggi yang didapatkan melalui uji kekerasan *vickers* adalah 334,98 VHN dengan *holding time* selama 20 menit (SC2), yang dilakukan *quenching* dengan media *coolant* dan nilai kekerasan terendah adalah 163,96 VHN yang terdapat pada substrat yang *non treatment* (SNT).



Gambar 10. Grafik rata – rata nilai kekerasan hasil uji keras *vickers* substrat dengan las

Fenomena perubahan yang terjadi pada nilai kekerasan substrat dengan las yang dilakukan *quenching* menggunakan *coolant*, dimana nilai kekerasan meningkat saat dilakukan *heat treatment* selama 10 menit pada substrat dengan las dari 163,96 VHN menjadi 296,3 VHN. Kemudian nilai kekerasan naik kembali menjadi 334,98 VHN saat dilakukan *holding time* selama 20 menit, namun nilai kekerasan menurun pada substrat dengan las yang dilakukan *quenching* dengan media *coolant* menjadi 233,5 VHN saat dilakukan *holding time* selama 30 menit. Terjadi fenomena penurunan yang cukup signifikan karena nilai kekerasan yang dimiliki lebih rendah dibandingkan dengan substrat dengan las yang diberikan *heat treatment* selama 10 menit.

Fenomena nilai kekerasan yang sedikit berbeda ditunjukkan oleh substrat dengan las yang dilakukan *quenching* menggunakan oli. Pada spesimen yang menggunakan oli sebagai media *quenching* nya, nilai kekerasan terendahnya adalah 210,92 VHN yang terdapat pada spesimen yang dilakukan *holding time* selama 10 menit. Kemudian nilai kekerasannya meningkat menjadi 241,8 VHN saat dilakukan *holding time* selama 20 menit, dan terakhir nilainya menurun menjadi 220,62 saat dilakukan *holding time* selama 30 menit dilakukan *quenching* dengan media oli, meski tidak terlalu signifikan karena nilai kekerasannya tidak mencapai nilai kekerasan pada *holding time* 10 menit yaitu 210,92 VHN.

### Hasil Uji Kekerasan Lapisan

Perbedaan tingkat kekerasan pada lapisan *weld* yang terdapat pada spesimen yang dilakukan pengelasan *hardfacing* dengan proses MMAW dengan variasi *holding time* saat dilakukan *heat treatment* dan dengan variasi media *quenching* dapat dilihat pada data di bawah ini.

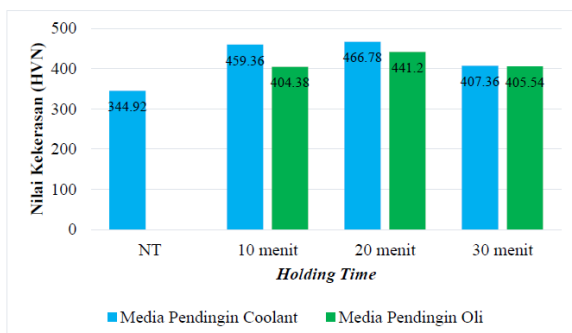
Tabel 3. Nilai kekerasan lapisan *weld*

Kode Spesimen	Penu-sukan	Kekerasan (VHN)	Rata-Rata Kekerasan (VHN)
	1	348,9	
	2	351,9	
LNT	3	338,9	344,92
	4	340,9	
	5	344	
	1	450,8	
	2	470,3	
LC1	3	455,9	459,36
	4	451,5	
	5	468,3	
	1	455,9	
	2	466,3	
LC2	3	466,3	466,78
	4	465,7	
	5	471	

	5	475	
	1	410,9	
	2	413,1	
LC3	3	412,6	407,36
	4	390,4	
	5	409,8	
	1	398,1	
	2	405,5	
LO1	3	407,7	404,38
	4	402,9	
	5	407,7	
	1	449	
	2	439	
LO2	3	439	441,2
	4	445,9	
	5	433,1	
	1	402,9	
	2	407,1	
LO3	3	403,4	405,54
	4	408,8	
	5	405,5	

Dari gambar 11 yaitu grafik yang menunjukkan rata-rata nilai kekerasan, dapat dilihat bahwa nilai ini menunjukkan tingkat kekerasan dari lapisan *weld* akan lebih tinggi setelah dilakukannya *quenching* baik menggunakan dengan *coolant* maupun oli sebagai mediana.

Pada lapisan *weld* dengan dilakukan pengelasan *hardfacing* dengan proses MMAW ini, nilai kekerasan tertinggi yang didapatkan melalui uji kekerasan *vickers* adalah 466,78 VHN (LC2) dengan *holding time* selama 20 menit yang dilakukan *quenching* dengan media *coolant* dan nilai kekerasan terendah adalah 344,92 VHN (LNT) yang terdapat pada spesimen yang *non treatment*. Hasil kekerasan spesimen LC2 dengan *holding time* 20 menit dengan media *coolant*-pun masih lebih tinggi dari penelitian sebelumnya, yaitu sebesar 418,66 VHN [4]. Menurut spesifikasi manufaktur kekerasan maksimal yang bisa dihasilkan dengan elektroda HV 450 adalah sekitar 465 HV, sehingga *holding time* 20 menit dengan media *coolant* merupakan proses *heat treatment* yang cocok digunakan untuk meningkatkan kekerasan elektroda HV 450.



Gambar 11. Grafik perubahan rata – rata nilai kekerasan lapisan *weld*

Fenomena kekerasan yang terdapat pada lapisan *weld* yang dilakukan *quenching* menggunakan *coolant* mengalami kenaikan pada grafiknya, dimana nilai kekerasan tertinggi saat dilakukan *holding time* selama 20 menit seperti yang ditampilkan gambar di atas yang merupakan nilai kekerasan tertinggi. Nilai kekerasan naik dari 459,36 VHN menjadi 466,78 VHN saat dilakukan *holding time* selama 20 menit, dan terakhir mengalami penurunan yang cukup signifikan pada nilai kekerasan pada lapisan *weld* yang dilakukan *quenching* dengan media *coolant*, dimana nilai kekerasannya turun dari 466,78 VHN menjadi 407,36 VHN saat diberikan *holding time* selama 30 menit.

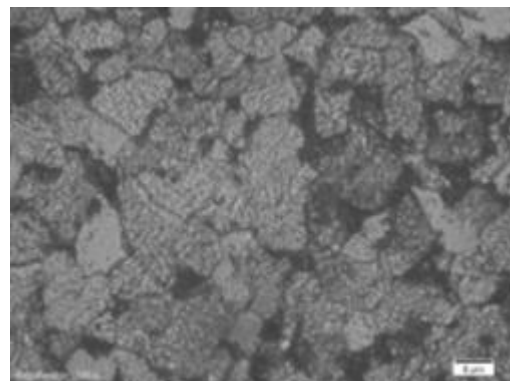
Fenomena kekerasan serupa juga ditunjukkan dari lapisan *weld* yang dilakukan *quenching* menggunakan media oli, pada spesimen yang menggunakan oli sebagai media *quenching* nya memiliki nilai kekerasan sebesar 404,38 VHN pada spesimen yang dilakukan *holding time* selama 10 menit, lalu mengalami kenaikan pada nilai kekerasannya menjadi 441,2 VHN saat dilakukan *holding time* selama 20 menit, dan terakhir kembali turun nilai kekerasannya menjadi 405,54 VHN ketika dilakukan *holding time* selama 30 menit.

### Struktur Mikro

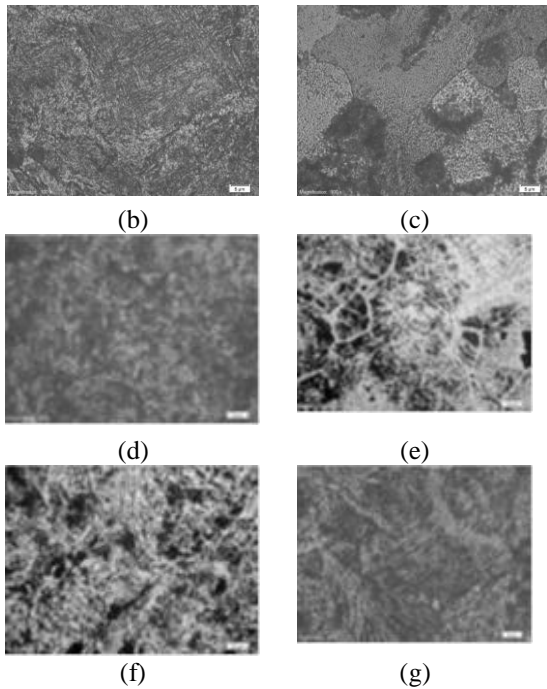
Pengujian kedua yang dilakukan adalah uji struktur mikro. Pengamatan struktur mikro yang dilakukan oleh peneliti pada spesimen dengan pembesaran 100x. Pengamatan struktur mikro ini menunjukkan adanya perubahan fasa yang terbentuk akibat dilakukannya pemanasan yang kemudian dilakukan *quenching*.

### Struktur Mikro Substrat

Perbedaan hasil uji struktur mikro pada permukaan substrat yang telah dilakukan pengelasan *hardfacing* MMAW dengan variasi *holding time* saat dilakukan *heat treatment* dan variasi media *quenching* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



(a)

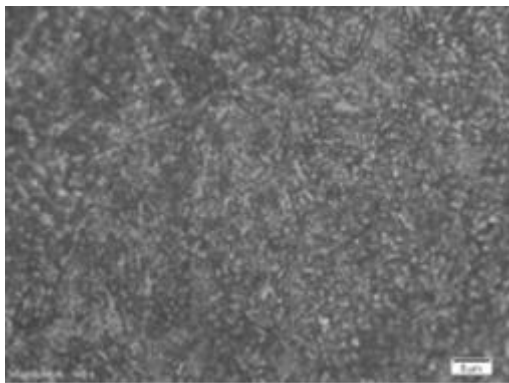


Gambar 12. Struktur mikro substrat (a) SNT, (b) SC1, (c) SC2, (d) SC3, (e) SO1, (f) SO2 dan (g) SO3

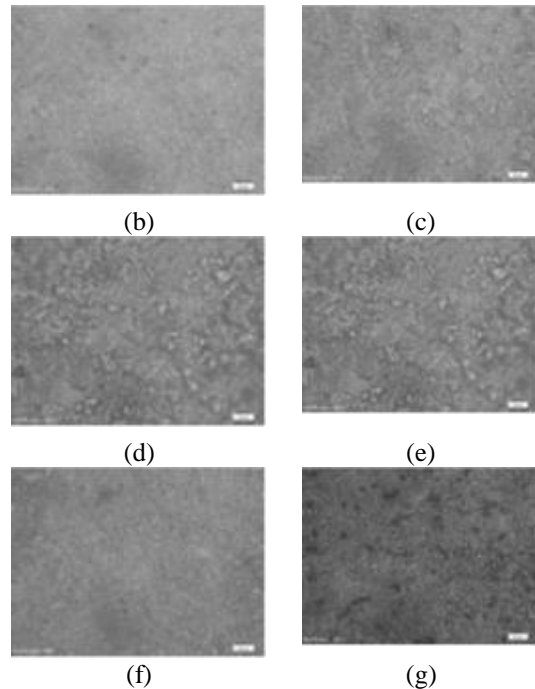
Hasil pengujian struktur mikro pada substrat dapat dilihat seperti pada gambar 12. Gambar 12 menunjukkan terjadinya perubahan struktur mikro yang dimiliki oleh karbon rendah setelah dilakukan pengelasan *hardfacing*, dimana fasa yang muncul bervariasi yaitu *ferrite*, *pearlite* dan *bainit*.

#### Struktur Mikro Lapisan

Perbedaan hasil uji struktur mikro pada lapisan *weld* hasil *hardfacing* dengan proses MMAW dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



(a)



Gambar 13. Struktur mikro lapisan (a) LNT, (b) LC1, (c) LC2, (d) LC3, (e) LO1, (f) LO2 dan (g) LO3

Hasil pengujian struktur mikro pada permukaan spesimen las dapat dilihat seperti pada gambar 13, dimana strukturnya berubah yang terlihat pada tersebarnya kadar karbon yang dimiliki spesimen. Gambar 13 (a) menunjukkan terjadinya perubahan struktur mikro yang dimiliki oleh karbon rendah setelah dilakukan pengelasan *hardfacing*, dimana fasa yang muncul didominasi oleh *pearlite* dan *bainit*. Pada gambar 13 (b) sd (d) terjadi perubahan struktur mikro dimana pada spesimen dengan *holding time* 20 menit didominasi oleh fasa martensit yang ditunjukkan dengan nilai kekerasan tertinggi diantara spesimen lain yang di *quenching* media *coolant*. Fenomena yang sama terjadi pada spesimen yang di *quenching* dengan media oli (gambar 13 (e) sd (g)), dimana perbedaan terlihat pada spesimen dengan *holding time* 30 menit yang di *quenching* media oli lebih didominasi dengan fasa *ferrite* dan *bainit*.

#### KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian mekanik berupa pengujian kekerasan serta uji foto mikro baja karbon rendah. Didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan substrat *hardfacing* meningkat setelah diberikan *heat treatment* dan dilakukan *quenching* dengan media *coolant* pada *holding time* 10 menit yaitu dari 163,96 VHN menjadi 296,3 VHN, di 20 menit kekerasan naik dari 296,3 VHN menjadi 334,98 VHN, dan

- kekerasan menurun dari 334,98 VHN menjadi 233,5 VHN.
2. Nilai kekerasan substrat *hardfacing* meningkat setelah diberikan *heat treatment* dan dilakukan *quenching* dengan media oli pada *holding time* 10 menit yaitu dari 163,96 VHN menjadi 210,92 VHN, di 20 menit kekerasan naik dari 210,92 VHN menjadi 241,8 VHN, dan kekerasan menurun dari 241,8 VHN menjadi 233,5 VHN.
  3. Nilai kekerasan lapisan *weld hardfacing* meningkat setelah diberikan *heat treatment* dan dilakukan *quenching* dengan media *coolant* pada *holding time* 10 menit yaitu dari 344,92 VHN menjadi 459,36 VHN, di 20 menit kekerasan naik dari 459,36 VHN menjadi 466,78 VHN, dan kekerasan menurun dari 466,78 VHN menjadi 407,36 VHN.
  4. Nilai kekerasan lapisan *weld hardfacing* meningkat setelah diberikan *heat treatment* dan dilakukan *quenching* dengan media oli pada *holding time* 10 menit yaitu dari 344,92 VHN menjadi 404,38 VHN, di 20 menit kekerasan naik dari 404,38 VHN menjadi 441,2 VHN, dan kekerasan menurun dari 441,2 VHN menjadi 405,54 VHN.
  5. Diantara 3 variasi *holding time* pada *heat treatment*, waktu *holding time* di 20 menit memiliki nilai kekerasan tertinggi dari keseluruhan spesimen baik substrat maupun lapisan *weld*.
  6. Struktur mikro yang terbentuk pada permukaan substrat *non treatment* di dominasi ferrite, pearlite dan bainit, sedangkan pada permukaan lapisan *weld* spesimen *quenching coolant* dan oli di dominasi fasa martensit di *holding time* 20 menit dan di dominasi fasa *bainit* dan *ferrite* di *holding time* 30 menit.
- [4 ] Susetyo, F.B. *et al.* 2019. "Efek Polaritas Dan Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Hardfacing Baja Karbon Rendah". *J. Konversi Energi dan Manufaktur* Vol. 1, 2–6.
- [5 ] Tarkono *et al.* 2012. "Studi Penggunaan Jenis Elektroda Las Yang Berbeda Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan SMAW Baja AISI 1045". *J. Mech.* Vol. 3, 51–62.
- [6 ] Nafrizal *et al.* 2011. "Analisis Uji Destructive Dan Non Destructive Terhadap Hasil Sambungan Las V-Tunggal Baja AISI 1045". *J. Mech.* Vol. 2,
- [7 ] Singh, H. 2014. "Studies the Effect of Iron Based Hardfacing Electrodes on Stainless Steel Properties Using Shielded Metal Arc Welding Process". *Int. J. Res. Advent Technol.* Vol. 2, 2321–963.
- [8 ] Sopiyan *et al.* 2019. "Evaluasi Hasil Hardfacing Elektroda HV 350 Pasca Quenching Media Air, Coolant dan Oli". *J. Kaji. Tek. Mesin* Vol. 4, 104–107.
- [9 ] Bangsawan, I.G. *et al.* 2012. "Pengaruh Variasi Temperatur Dan Holding Time Dengan Media Quenching Oli Mesran SAE 40 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja ASSAB 760". *Nosel* Vol. 1, 1–14.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1 ] Wardoyo, J.T. 2016. "Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda". *Teknoin*
- [2 ] Mosallae pour, M. *et al.* 2011. "Surface modification of low carbon steel substrate by Al-rich clad layer applied by GTAW". *Surf. Coatings Technol.* Vol. 206, 217–223.
- [3 ] Hafni, O.: *et al.* 2015. "Pengaruh Waktu Tahan Proses Pack Carburizing Pada Baja Karbon Rendah Dengan Menggunakan Calcium Carbonat Dan Arang Tempurung Kelapa, Di Tinjau Dari Kekerasan". *J. Tek.*