

Pengaruh Variasi Oli SAE Terhadap Nilai Kekerasan, Bending dan Struktur Mikro Pengelasan SMAW Baja S45C

PENGARUH VARIASI OLI SAE TERHADAP NILAI KEKERASAN, BENDING DAN STRUKTUR MIKRO PENGELASAN SMAW BAJA S45C

Benedictus Fanny Putraramita

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: benedictus.20015@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Penurunan fungsi *sparepart* kendaraan bermotor dapat membahayakan pengguna kendaraan hingga dapat mengakibatkan kecelakaan. Diperlukan perbaikan yang efektif dan efisien guna memangkas biaya penggantian *sparepart*. Perbaikan tersebut perlu dikaji agar perlakuan yang tepat bisa diaplikasikan pada *sparepart*. Pada kendaraan sepeda motor baja S45C banyak diaplikasikan pada roda gigi, coupling, pulley, piston dan yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah poros roda sepeda motor. Pengujian lebih lanjut mengenai kekerasan, kekuatan bending dan struktur mikro diperlukan agar sifat baja S45C dapat memenuhi standar untuk diaplikasikan sebagai poros sepeda motor. Perlakuan pengelasan SMAW dengan diberi media pendingin dapat membantu pembentukan sifat material baja S45C sesuai kebutuhan dalam mencapai nilai kekerasan dan kekuatan bending yang sesuai standar. Berdasarkan fenomena tersebut penulis melakukan penelitian pada baja S45C dengan pengelasan SMAW yang diberi variasi media pendingin Oli SAE 10, 50 dan 90 dengan pengujian pengaruh terhadap nilai kekerasan, kekuatan bending dan struktur mikro. Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimen, lalu data penelitian dianalisis menggunakan metode ANOVA *one way*. Hasil penelitian ini terdapat perbedaan signifikan pada hasil pengujian kekerasan, kekuatan bending dan struktur mikro, hal ini terjadi akibat pemberian variasi media pendingin oli SAE 10, 50 dan 90. Perbedaan variasi media pendingin memengaruhi laju pendinginan material kemudian menghasilkan struktur mikro yang berbeda sehingga memengaruhi nilai pengujian kekerasan dan kekuatan bending. Perbedaan signifikan tersebut diperoleh melalui analisa statistik dengan uji ANOVA *one way* yang menunjukkan nilai signifikansi dari setiap variasi kurang dari 0,05. Pada uji *post hoc* LSD menunjukkan nilai signifikansi kurang dari 0,05 sehingga dinyatakan terdapat perbedaan yang signifikan.

Kata Kunci: *sparepart*, SMAW, S45C, kekerasan, bending

Abstract

Decreased function spareparts Motorized vehicles can endanger vehicle users and can result in accidents. Effective and efficient repairs are needed to cut replacement costs spareparts. These repairs need to be assessed so that appropriate treatment can be applied to them spareparts. In motorbike vehicles, S45C steel is widely applied to gears, couplings, pulleys, pistons and what was applied in this research was motorbike wheel axles. Further testing regarding hardness, bending strength and microstructure is needed so that the properties of S45C steel can meet the standards for application as a motorbike axle. SMAW welding treatment with a cooling medium can help shape the material properties of S45C steel according to requirements in achieving hardness and bending strength values that comply with standards. Based on this phenomenon, the author conducted research on S45C steel with SMAW welding which was given a variety of SAE 10, 50 and 90 oil cooling media by testing the effect on hardness values, bending strength and microstructure. This research uses an experimental study method, then the research data is analyzed using the ANOVA method one way. The results of this research show significant differences in the test results for hardness, bending strength and microstructure, this occurs due to the provision of variations in oil cooling media SAE 10, 50 and 90. Differences in variations in cooling media influence the cooling rate of the material and then produce different microstructures, thus affecting the value. hardness and bending strength testing. This significant difference was obtained through statistical analysis with the ANOVA test one way which shows the significance value of each variation is less than 0.05. On test after this LSD shows a significance value of less than 0.05 so it is stated that there is a significant difference.

Keywords: *spareparts, SMAW, S45C, hardness, bending*

PENDAHULUAN

Kemudahan mobilisasi menggunakan sepeda motor tentu sudah tidak dapat dipungkiri lagi, sehingga sepeda motor menjadi pilihan tepat dalam berkendara. Namun demikian tingginya jumlah sepeda motor memengaruhi tingginya kecelakaan yang terjadi di Indonesia dan kecelakaan sepeda motor telah menyumbang persentase yang cukup tinggi tiap tahunnya. Perawatan komponen sepeda motor menjadi hal yang penting karena penggunaan sepeda motor

secara terus menerus mengakibatkan penurunan fungsi dari komponen motor tersebut. Selain *human error* penurunan fungsi komponen turut andil bagian dalam kemungkinan pengendara mengalami kecelakaan, sehingga diperlukan perbaikan yang efektif dan efisien pada komponen sepeda motor namun juga masih terjangkau bagi pengguna sepeda motor. Hal ini diperlukan agar pengguna sepeda motor yang menjadikan motor sebagai alat mobilisasi utama masih bisa menggunakannya tanpa harus terbebani

tingginya biaya perawatan dengan penggantian komponen karena ada cara memperbaiki yang efektif untuk komponen material baja S45C pada sepeda motor dengan kerusakan patah.

Proses perbaikan tentu memerlukan pengujian lebih lanjut guna memastikan hasil perbaikan sesuai atau paling tidak mendekati komponen semula, pada poros sepeda motor memerlukan sifat yang keras agar tahan aus dan ulet karena poros sepeda motor menerima beban dari komponen lain, sehingga pengujian kekerasan dan bending perlu dilakukan agar hasil perbaikan sesuai dengan standar komponen, kemudian dilanjutkan dengan pengamatan struktur mikro agar diketahui struktur yang terbentuk dalam material hasil perbaikan tersebut. Perbaikan pada komponen dengan rusak patah memerlukan pengelasan SMAW sebagai proses menyatukan kembali komponennya kemudian diberikan media pendingin setelah pengelasan agar dapat mengatur struktur yang terbentuk sehingga dapat memengaruhi nilai kekerasan dan kekuatan bending. Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan *Rockwell Hardness Tester HRB*, sedangkan pengujian bending menggunakan *Bending Tester Tarno Grocki*.

METODE

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode kuantitatif dengan studi eksperimen. Metode penelitian ini dipilih guna meneliti perbandingan antara variasi media pendingin oli SAE 10, 50 dan 90 terhadap nilai kekerasan, kekuatan bending dan struktur mikro.

Waktu dan Tempat Penelitian

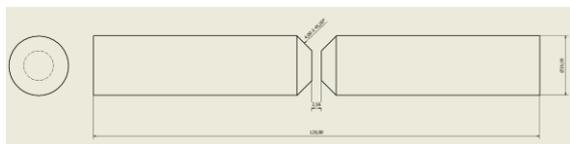
- Waktu Penelitian
Penelitian telah dilaksanakan pada 2 Juli hingga 22 Agustus 2024.
- Tempat Penelitian
Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Pengolahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Politeknik Negeri Malang.

Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material baja karbon *medium* dengan bentuk silinder pejal berdiameter 16mm dengan panjang 120mm lalu dilakukan pengelasan SMAW dengan sambungan *single v butt joint*.



Gambar 1 Material Baja S45C sebagai Objek Penelitian

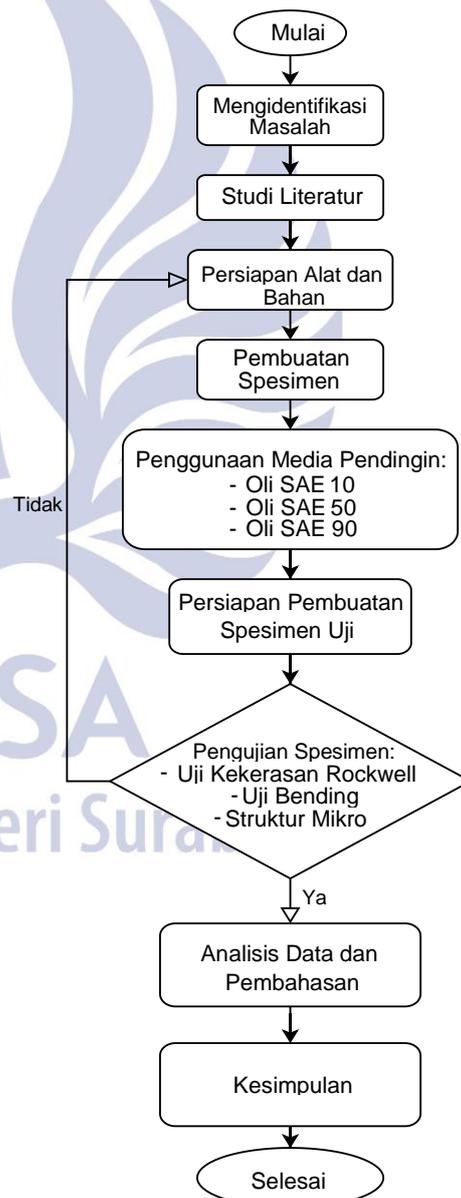


Gambar 2 Dimensi Objek Penelitian Baja S45C

Variabel

- Variabel Bebas (Independen)
Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi media pendingin yaitu Oli SAE 10, Oli SAE 50 dan Oli SAE 90
- Variabel Terikat (Dependen)
Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan, kekuatan bending dan struktur mikro
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis material baja *medium* S45C, jenis elektroda E7018, pengelasan SMAW dengan posisi 1G dan arus sebesar 85A serta pengujian dilakukan di POLINEMA.

Diagram Alir Peneliiian



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Proses Pengambilan Data

Tahap persiapan pengujian

- Mempersiapkan baja karbon S45C yang telah dibentuk menjadi spesimen dengan dimensi yang sesuai sebanyak 14 buah.
- Membagi spesimen berdasarkan variasi media pendingin dan kebutuhan pengujian kekerasan, bending dan metalografi atau struktur mikro.
- Spesimen uji kekerasan diberikan perlakuan perataan dengan gerinda pada permukaan titik uji lalu dilakukan pemolesan agar permukaan titik uji rata.
- Spesimen uji metalografi diberikan perlakuan poles dan pengamplasan pada bagian *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal* guna pengamatan struktur mikro.
- Mempersiapkan alat uji kekerasan, bending dan struktur mikro.

Tahap Pengujian Kekerasan

- Memastikan instrumen penelitian telah dikalibrasi sesuai dengan standar
- Memilih skala kekerasan HRB, kemudian atur beban uji sesuai standar yaitu 100kgf
- Menempatkan spesimen uji kekerasan pada posisi yang telah ditentukan
- Tempatkan indentor pada titik uji permukaan yang rata. Terapkan beban uji dengan menggunakan tuas kontrol, lalu biarkan menekan beberapa detik kemudian catat nilai tertera.
- Kemudian lakukan hal yang sama pada titik yang lain pada *weld metal* dan *HAZ*.

Tahap Pengujian Bending

- Menempatkan spesimen uji bending pada dua tumpuan dengan jarak sesuai panjang spesimen pada alat uji bending.
- Beban diterapkan pada tengah spesimen.
- Alat uji diaktifkan lalu menunggu spesimen membengkok hingga sudut tertentu atau spesimen mengalami tanda-tanda keretakan melalui grafik yang tertera pada alat uji.
- Simpan data pengujian pada *folder* yang telah disiapkan.

Tahap Pengujian Struktur Mikro

- Menempatkan spesimen uji metalografi pada landasan optik
- Gunakan mikroskop cahaya untuk mengamati struktur mikro spesimen. Mikroskop dapat diatur perbesaran mulai dari 100x hingga 1000x.
- Posisikan mikroskop pada bagian yang telah ditentukan kemudian dokumentasikan bagian tersebut.

Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini teknik analisa data yang dilakukan setelah proses pengujian selesai dilaksanakan dan mendapatkan data hasil eksperimen adalah menghimpun data sesuai dengan kategori atau variasi yang telah ditentukan, kemudian dilakukan analisa data dan pengolahan data dari hasil penelitian. Pada data hasil pengujian bending diperlukan perhitungan menggunakan rumus menentukan kekuatan bending kemudian dihitung rata-rata dari masing-masing variasi media pendingin.

Perhitungan rata-rata juga dilakukan pada nilai hasil pengujian kekerasan. Pengujian perbedaan nilai signifikansi dilakukan dengan pengujian statistik metode analisis varians tunggal atau lebih dikenal dengan ANOVA *One Way*.

Pengujian statistik ini dilaksanakan setelah data diolah dan digambarkan secara visual dengan diagram batang. Pengujian ini dilakukan guna memastikan perbedaan nilai hasil pengujian secara signifikan yang ditunjukkan dari nilai signifikansi dan besar nilai *f* hitung lebih besar dari *f* tabel. Sebelum menggunakan ANOVA *One Way* data harus memenuhi asumsi yaitu data harus berdistribusi normal dengan variasi yang homogen baru kemudian pengujian dengan ANOVA dapat dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

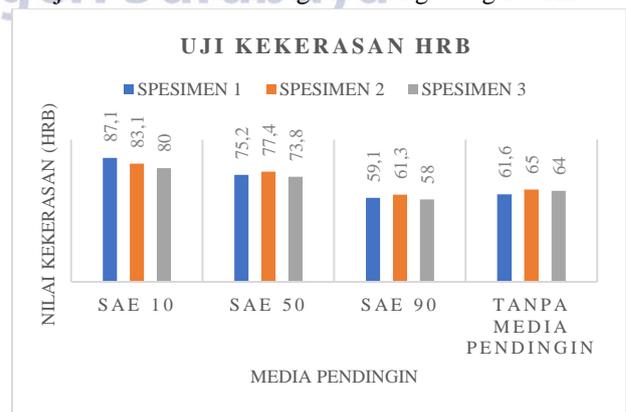
Hasil Pengujian Kekerasan HRB

Pengujian kekerasan pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM E18, dengan indentor berupa bola baja 1,558 mm (1/16") yang disebut *rockwell ball*. Berikut tabel hasil pengujian kekerasan:

Tabel 1 Hasil Uji Kekerasan HRB Load 100 kgf

Media Pendingin	Spesimen	WM	HAZ	BM	Rata-rata (HRB)
Sae 10	1	94	98	69,5	87,1
	2	84	97,5	68	83,1
	3	81	89	70	80
Sae 50	1	69	87,5	69,1	75,2
	2	63	85,5	78	77,4
	3	65	82,5	74	73,8
Sae 90	1	47	60	70,5	59,1
	2	51	62	71	61,3
	3	45,5	60	70,5	58
Tanpa Media Pendingin	1	50	65,5	69,5	61,6
	2	59	66	71	65
	3	55	66	71	64

Kemudian data hasil pengujian kekerasan tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang sebagai berikut:



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

Dari grafik diatas diketahui bahwa nilai uji kekerasan *rockwell HRB* pada variasi media pendingin menggunakan Oli SAE 10 memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi mencapai 87,1 HRB dan nilai rata-rata terendah mencapai 80 HRB. Kemudian pada variasi media pendingin menggunakan Oli SAE 50 memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi mencapai 77,4 HRB dan nilai rata-rata terendah mencapai 73,8 HRB. Selanjutnya pada variasi media pendingin menggunakan Oli SAE 90 memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi mencapai 61,3 HRB dan nilai rata-rata terendah mencapai 58 HRB. Sedangkan pada variasi pembandingan tanpa media pendingin nilai kekerasan tertinggi mencapai 63 HRB dan nilai rata-rata terendah mencapai 60,8 HRB.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan rockwell menggunakan *Rockwell HRB* diperoleh nilai kekerasan tertinggi yang terdapat pada variasi media pendingin menggunakan Oli SAE 10 yang memiliki nilai rata-rata mencapai titik 87,1 HRB dan nilai kekerasan terendah berada pada variasi media pendingin menggunakan Oli SAE 90 dengan nilai rata-rata mencapai 58 HRB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada variasi media pendingin Oli SAE 10, Oli SAE 50 dan Oli SAE 90, nilai kekerasan HRB tertinggi ada pada variasi Oli SAE 10 dan nilai kekerasan terendah ada pada variasi Oli SAE 90.

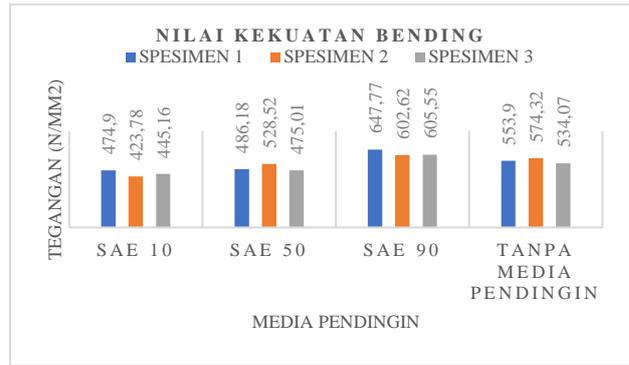
Hasil Pengujian Bending

Pengujian bending yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada standar pengujian bending ASTM A519.

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian Bending

Media Pendingin	Spe-simen	Beban (N)	Tegangan (N/mm ²)	Rata-rata N/mm ²
Sae 10	1	1590,6	474,90	447,94
	2	1419,4	423,78	
	3	1491,0	445,16	
Sae 50	1	1628,4	486,18	496,57
	2	1770,2	528,52	
	3	1591,0	475,01	
Sae 90	1	2169,6	647,77	618,64
	2	2018,4	602,62	
	3	2028,2	605,55	
Tanpa Pendingin	1	1855,2	553,90	554,09
	2	1923,6	574,32	
	3	1788,8	534,07	

Kemudian data hasil pengujian kekerasan tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang sebagai berikut:



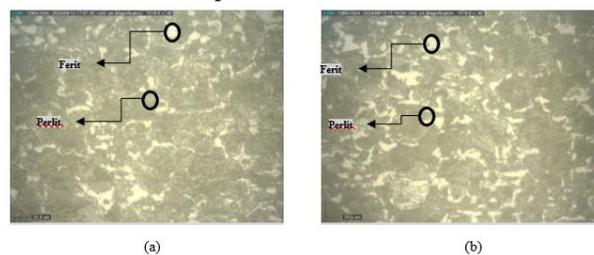
Gambar 5 Grafik Hasil Pengujian Bending

Berdasarkan data nilai beban bending dan tegangan bending yang telah disajikan, diketahui bahwa pada spesimen dengan variasi media pendingin Oli SAE 10 rata-rata beban maksimal yang bisa diberikan kepada spesimen hanya sebesar 1500 N, nilai ini merupakan nilai terendah jika dibandingkan dengan variasi media pendingin yang lain. Kemudian diperoleh hasil rata-rata kekuatan bending maksimum pada spesimen tersebut sebesar 447,94 N/mm², nilai bending ini juga menjadi nilai bending terendah jika dibandingkan dengan variasi media pendingin yang lain. Selanjutnya pada spesimen dengan variasi media pendingin Oli SAE 50 diperoleh rata-rata nilai beban maksimal yang dapat diberikan kepada spesimen sebesar 1663,2 N, kemudian diperoleh hasil rata-rata kekuatan bending maksimum sebesar 496,57 N/mm². Pada variasi berikutnya diperoleh data uji bending paling tinggi daripada variasi lainnya yakni pada spesimen dengan media pendingin Oli SAE 90 diperoleh rata-rata beban maksimal yang bisa diberikan kepada spesimen sebesar 2.070,06 N dan rata-rata kekuatan bending maksimum sebesar 618,64 N/mm². Kemudian diperoleh hasil uji bending pada kelompok spesimen tanpa media pendingin yakni rata-rata nilai beban maksimal yang dapat diberikan sebesar 1885,86 N serta rata-rata kekuatan bending maksimum sebesar 554,09N/mm².

Hasil Pengujian Metalografi

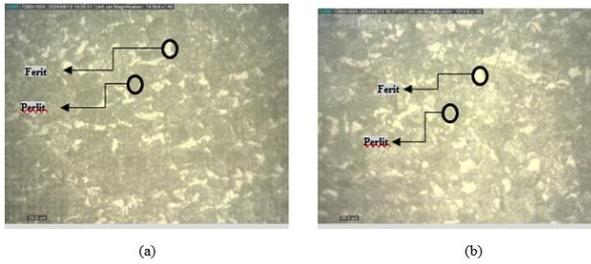
Pengamatan struktur mikro memiliki tujuan mendeteksi atau mengetahui perubahan struktur mikro atau sifat mekanik. Pada pengamatan struktur mikro ini perbesaran yang digunakan adalah 300x dan dengan resolusi 20 µm (mikron).

- Struktur Mikro pada *Base Metal*



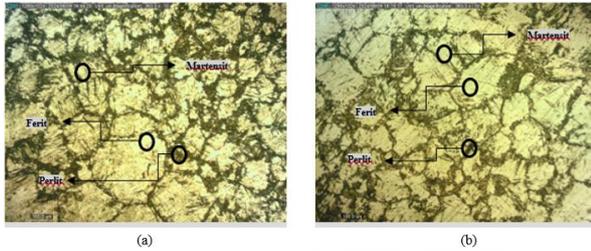
Gambar 6 Hasil Uji Metalografi Bagian Base Metal Berurutan kiri ke kanan Oli SAE 10 (a) dan Oli SAE 50 (b)

Pengaruh Variasi Oli SAE Terhadap Nilai Kekerasan, Bending dan Struktur Mikro Pengelasan SMAW Baja S45C

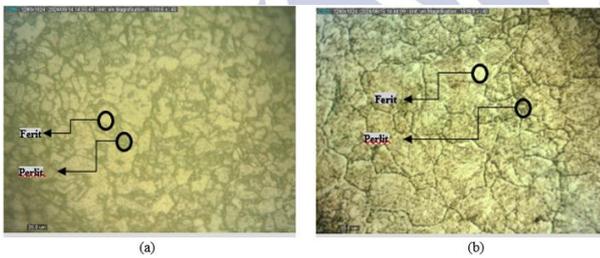


Gambar 7 Hasil Uji Metalografi Bagian Base Metal Berurutan kiri ke kanan Oli SAE 90 (a) dan Udara (b)

- Struktur Mikro pada Heat Affected Zone (HAZ)

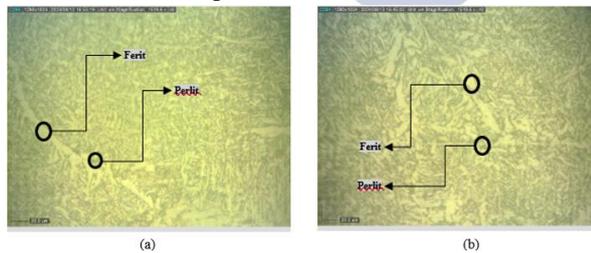


Gambar 8 Hasil Uji Metalografi Bagian HAZ Berurutan kiri ke kanan Oli SAE 10 (a) dan Oli SAE 50 (b)

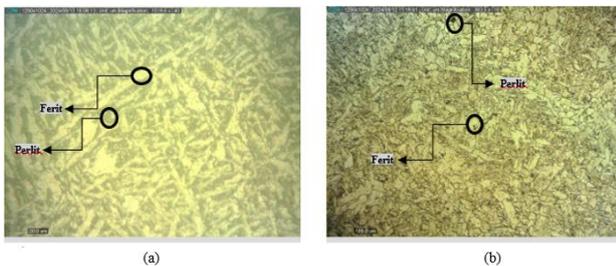


Gambar 9 Hasil Uji Metalografi Bagian HAZ Berurutan kiri ke kanan Oli SAE 90 (a) dan Udara (b)

- Struktur Mikro pada Weld Metal



Gambar 10 Hasil Uji Metalografi Bagian Weld Metal Berurutan kiri ke kanan Oli SAE 10 (a) dan Oli SAE 50 (b)

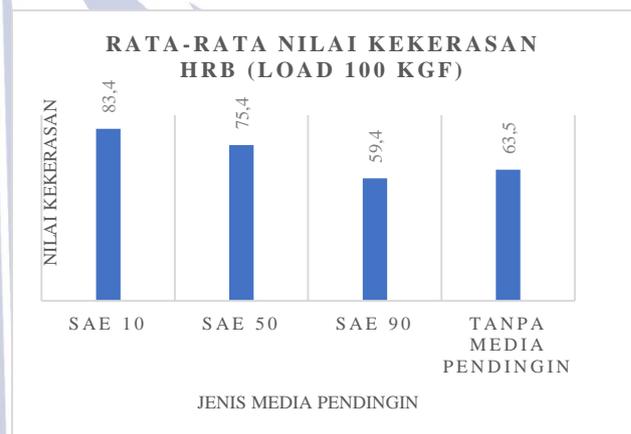


Gambar 11 Hasil Uji Metalografi Bagian Weld Metal Berurutan kiri ke kanan Oli SAE 90 (a) dan Udara (b)

Pengamatan struktur mikro memiliki tujuan untuk melihat perubahan struktur mikro pada hasil pengelasan SMAW baja karbon menengah S45C setelah perlakuan quenching dengan media pendingin Oli SAE 10, Oli SAE 50, Oli SAE 90 dan sebagai perbandingan diberi variasi tanpa media pendingin guna mendukung dan menguatkan data hasil pengujian kekerasan dan pengujian bending.

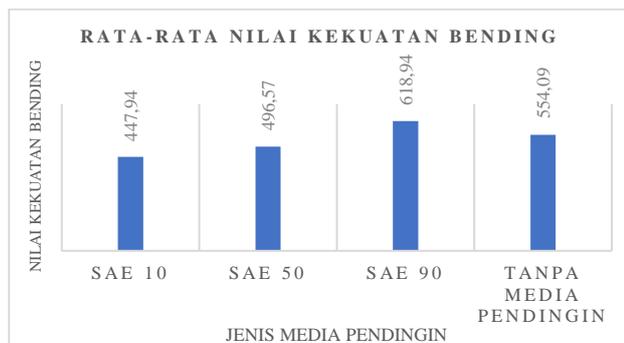
Pembahasan

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini bertujuan mengetahui nilai kekuatan material khususnya nilai kekerasan serta memastikan bahwa material yang diuji memiliki sifat mekanis yang memadai agar dapat menahan keausan dan ketahanan selama pengaplikasian. Karena nilai kekerasan dapat menunjukkan ketahanan pada aus, ketahanan terhadap deformasi serta memenuhi standar keamanan ketika digunakan.



Gambar 12 Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Kekerasan

Diketahui dari grafik bahwa nilai rata-rata hasil uji kekerasan cenderung turun jika diurutkan dari oli yang memiliki viskositas terendah menuju oli yang memiliki nilai viskositas tertinggi, sehingga diperoleh nilai rata-rata tertinggi menggunakan Oli SAE 10 dengan viskositas terendah dan nilai rata-rata terendah menggunakan Oli SAE 90 dengan viskositas tertinggi. Pada pengujian kekerasan ini menghasilkan peningkatan nilai kekerasan yang cukup signifikan setelah dilakukan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan pendinginan (*quenching*) menggunakan media pendingin Oli SAE dibandingkan dengan material tanpa menggunakan media pendingin Oli SAE. Perlakuan pemberian media pendingin Oli SAE 10 pada material Baja S45C menunjukkan kenaikan nilai kekerasan tertinggi mencapai 87,1 HRB sedangkan peningkatan kekerasan pada media pendingin Oli SAE 50 tidak sebesar dengan menggunakan Oli SAE 10. *Quenching* dengan media pendingin Oli SAE 90 mengalami peningkatan kekerasan paling rendah yakni hanya sebesar 58 HRB. Perbedaan hasil nilai kekerasan disebabkan oleh perbedaan variasi pendingin yang memiliki viskositas berbeda pula. Hasil pengujian kekerasan ini menunjukkan bahwa jika mendinginkan hasil pengelasan dengan struktur yang keras, maka Oli SAE 10 atau oli dengan viskositas rendah menjadi pilihan yang tepat dan efektif guna membentuk material S45C yang bersifat keras.



Gambar 13 Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Bending

Dari data tersebut pada penelitian pemberian perlakuan variasi media pendingin pada pengelasan SMAW pada baja S45C memiliki nilai rata-rata berbeda. Grafik tersebut juga menunjukkan perbedaan signifikan antar media pendingin, dengan nilai rata-rata kekuatan bending paling rendah pada varian Oli SAE 10 dan nilai rata-rata paling tinggi berada pada variasi media pendingin dengan Oli SAE 90. Dalam hal ini, nilai kekuatan bending yang diperoleh cenderung naik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai viskositas pada media pendingin oli. Sehingga semakin besar nilai viskositas media pendingin setelah proses pengelasan SMAW semakin baik pula kekuatan bending pada material. Hasil pengujian bending ini menunjukkan bahwa jika menginginkan hasil pengelasan dengan duktilitas baik, maka Oli SAE 90 atau oli dengan viskositas tinggi menjadi pilihan tepat dan efektif guna membentuk material S45C dengan nilai ketangguhan yang baik.

Pengelasan SMAW merupakan proses memanaskan baja ke suhu yang cukup tinggi hingga meleburkan baja dan elektroda, sering kali suhu berada diatas suhu kritis (727°C). Pada suhu yang relatif tinggi ini, baja di zona pengelasan (*weld metal*) dan zona yang terpengaruh panas (HAZ - *Heat Affected Zone*) akan membentuk fasa austenit. Setelah pemanasan akibat proses pengelasan, dilakukan pendinginan baja menggunakan media pendinginan. Laju pendinginan ini akan menentukan fasa yang terbentuk setelah pengelasan. Hasil pengamatan metalografi menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk tidak jauh berbeda dengan logam induk yaitu *ferrite* dan *perlite*. Hal ini ditunjukkan melalui bagian-bagian pada foto mikro bahwa terdapat beberapa bagian yang cerah yaitu adalah *ferrite* dan terdapat beberapa bagian yang gelap yaitu adalah *perlite*. Beranjak pada bagian *base metal* terlihat bahwa tidak terjadi perubahan yang menonjol pada masing-masing variasi media pendingin, hal ini dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7 yang menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan di masing-masing variasi media pendingin, terlihat bahwa fasa *ferrite* dan *perlite* mendominasi pada bagian *base metal*. Pada daerah *base metal* yang letaknya jauh dari perlakuan panas langsung, sehingga mengalami pendinginan yang lebih lambat dibandingkan daerah lain.

Pada daerah HAZ baja karbon menengah S45C, fasa yang terbentuk adalah *ferrite*, *perlite* dan *martensite*. Sama seperti sebelumnya hal ini ditunjukkan dari adanya matrik dasar berwarna cerah atau putih yakni *ferrite*, lalu matrik terang berlamel warna gelap yang merupakan *perlite* dan

lamel gelap dengan dengan struktur seperti jarum yakni merupakan *martensite*. Daerah HAZ mendapat paparan panas saat pengelasan namun tidak cukup untuk membuat bagian ini meleleh, sehingga fasa *austenite* terbentuk. Laju pendinginan cepat yang terjadi di bagian HAZ membuat sebagian *austenite* berubah menjadi *martensite* akibat pendinginan yang sangat cepat terlebih pada bagian HAZ yang terkena panas tinggi dalam waktu singkat. Namun dikarenakan suhu pada daerah HAZ tidak setinggi pada bagian *weld metal* yang membuat perbedaan waktu pendinginan yang mana pada bagian HAZ memakan waktu lebih cepat sehingga sebagian dari *austenite* berubah menjadi *martensite* dan sebagian lain menjadi *ferrite* dan *perlite*. Melalui hasil pengamatan metalografi, dapat diperhatikan bahwa perubahan pada struktur mikro hasil pengelasan SMAW setelah perlakuan *quenching* dengan variasi media pendingin Oli SAE 10, Oli SAE 50, Oli SAE 90 dan tanpa media pendingin di daerah HAZ memiliki perbedaan yang signifikan, terlebih pada variasi media pendingin Oli SAE 90 dengan variasi media pendingin lainnya. Dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9, pada hasil foto mikro tersebut dapat terlihat fasa *martensite* terbentuk pada variasi media pendingin Oli SAE 10 dan Oli SAE 50 namun tidak dengan variasi media pendingin Oli SAE 90 dan variasi tanpa media pendingin. Pada variasi Oli SAE 90 memiliki cenderung banyak fasa *ferrite* yang membuat variasi media pendingin ini memiliki nilai bending lebih tinggi dibandingkan variasi media pendingin lainnya. Sedangkan pada variasi tanpa media pendingin memiliki fasa *perlite* yang lebih banyak dan tersebar merata sehingga membuat nilai bending lebih rendah.

Perbedaan persebaran fasa juga terjadi pada bagian *weld metal* material S45C dengan pemberian perlakuan *quenching* dengan variasi media pendingin. Fasa yang terbentuk adalah *ferrite* dan *perlite*. Pada daerah *weld metal* menerima panas tertinggi karena daerah ini merupakan daerah yang dilelehkan pada saat proses pengelasan dilakukan. Pada bagian *weld metal* mengalami pendinginan lebih lambat sehingga memberikan waktu yang cukup untuk transformasi *austenite* menjadi *ferrite* dan *perlite*, fasa yang lebih stabil dan lunak. Melalui hasil pengamatan metalografi dapat diketahui bahwa perubahan struktur pada hasil pengelasan SMAW setelah diberi variasi media pendingin pada daerah *weld metal* signifikan. Pemberian variasi media pendingin yang berbeda mengakibatkan bagian fasa *perlite* mengecil dan terbagi secara merata diseluruh bagian *weld metal*. Sehingga membuat fasa *ferrite* terlihat mendominasi dan memengaruhi nilai kekerasan menurun dan kekuatan bending meningkat

Sehingga dapat diketahui bahwa variasi media pendingin setelah pengelasan SMAW dengan laju pendinginan yang cepat menghasilkan fasa *martensite* yang dapat meningkatkan nilai kekerasan namun menurunkan nilai kekuatan bending pada material baja S45C. Fasa *martensite* sangat memengaruhi material sehingga membuat material lebih keras, namun membuat material tidak ulet yang menyebabkan nilai kekuatan bending cenderung rendah. Sedangkan variasi media pendingin setelah pengelasan SMAW dengan laju pendinginan yang

Pengaruh Variasi Oli SAE Terhadap Nilai Kekerasan, Bending dan Struktur Mikro Pengelasan SMAW Baja S45C

lambat menghasilkan fasa ferit lebih tinggi yang dapat menurunkan nilai kekerasan namun dapat meningkatkan nilai kekuatan bending pada material baja S45C. Sifat fasa ferit yang lunak menghasilkan material dengan kekerasan yang rendah namun sifat fasa ferit yang ulet dapat meningkatkan nilai kekuatan bending pada material.

Kemudian guna mengetahui perbedaan pengaruh pada variasi media pendingin terhadap hasil nilai kekerasan dan nilai kekuatan bending diperlukan pengujian ANOVA *One Way*, hasil dari pengujian ANOVA *One Way* disertai uji *Post Hoc LSD* yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 3 Hasil Uji Anova One Way Nilai Kekerasan ANOVA

ANOVA					
Data					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1114.250	3	371.417	74.283	.000
Within Groups	40.000	8	5.000		
Total	1154.250	11			

Tabel 4 Hasil Uji Post Hoc LSD Nilai Kekerasan

Multiple Comparisons						
Data LSD						
(I) Media Pendingin	(J) Media Pendingin	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Udara	SAE 10	-20.00000 [*]	1.82574	.000	-24.2102	-15.7898
	SAE 50	-12.00000 [*]	1.82574	.000	-16.2102	-7.7898
	SAE 90	4.33333 [*]	1.82574	.045	.1232	8.5435
SAE 10	Udara	20.00000 [*]	1.82574	.000	15.7898	24.2102
	SAE 50	8.00000 [*]	1.82574	.002	3.7898	12.2102
	SAE 90	24.33333 [*]	1.82574	.000	20.1232	28.5435
SAE 50	Udara	12.00000 [*]	1.82574	.000	7.7898	16.2102
	SAE 10	-8.00000 [*]	1.82574	.002	-12.2102	-3.7898
	SAE 90	16.33333 [*]	1.82574	.000	12.1232	20.5435
SAE 90	Udara	-4.33333 [*]	1.82574	.045	-8.5435	-1.232
	SAE 10	-24.33333 [*]	1.82574	.000	-28.5435	-20.1232
	SAE 50	-16.33333 [*]	1.82574	.000	-20.5435	-12.1232

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabel 5 Hasil Uji Anova One Way Nilai Bending ANOVA

ANOVA					
Data					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48797.667	3	16265.889	26.342	.000
Within Groups	4940.000	8	617.500		
Total	53737.667	11			

Tabel 6 Hasil Uji Post Hoc LSD Nilai Bending

Multiple Comparisons						
Data LSD						
(I) Media Pendingin	(J) Media Pendingin	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Udara	SAE 10	106.33333 [*]	20.28957	.001	59.5455	153.1212
	SAE 50	57.33333 [*]	20.28957	.022	10.5455	104.1212
	SAE 90	-64.33333 [*]	20.28957	.013	-111.1212	-17.5455
SAE 10	Udara	-106.33333 [*]	20.28957	.001	-153.1212	-59.5455
	SAE 50	-49.00000 [*]	20.28957	.042	-95.7878	-2.2122
	SAE 90	-170.66667 [*]	20.28957	.000	-217.4545	-123.8788
SAE 50	Udara	-57.33333 [*]	20.28957	.022	-104.1212	-10.5455
	SAE 10	49.00000 [*]	20.28957	.042	2.2122	95.7878
	SAE 90	-121.66667 [*]	20.28957	.000	-168.4545	-74.8788
SAE 90	Udara	64.33333 [*]	20.28957	.013	17.5455	111.1212
	SAE 10	170.66667 [*]	20.28957	.000	123.8788	217.4545
	SAE 50	121.66667 [*]	20.28957	.000	74.8788	168.4545

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Dari seluruh tabel uji ANOVA dan *Post Hoc LSD* menunjukkan bahwa nilai signifikansi berada dibawah nilai 0,05 yang berarti menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan. Perbedaan inilah yang menghasilkan nilai kekerasan dan nilai kekuatan bending berbeda, sehingga dapat diketahui perbedaan pada variasi

media pendingin memengaruhi hasil nilai berbeda pada hasil pengujian dalam hal ini adalah pengujian kekerasan dan pengujian bending.

PENUTUP

Simpulan

Melalui penelitian dengan metode studi eksperimen pada variasi media pendingin Oli SAE dapat diperoleh kesimpulan terdapat perbedaan signifikan pada hasil nilai kekerasan, nilai kekuatan bending dan hasil pengamatan struktur mikro. Perbedaan laju pendinginan menghasilkan struktur mikro berbeda pada material baja S45C, hingga kemudian struktur mikro yang terbentuk memengaruhi nilai kekerasan dan kekuatan bending. Laju pendinginan yang berbeda dapat terjadi karena pemberian variasi media pendingin dengan viskositas yang berbeda pada Oli SAE 10, Oli SAE 50 dan Oli SAE 90.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disajikan, penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian berikutnya yaitu:

- Pada penelitian berikutnya jika spesimen berbentuk silinder pejal maka dapat dibesarkan nilai derajat pada kampuh agar hasil pengelasan optimal.
- Pada penelitian berikutnya dapat dipertimbangkan fenomena pada karakteristik oli sebagai media pendingin dan diberikan perbedaan kampuh, arus diameter material sehingga diperoleh hasil berbeda yang signifikan.
- Pada penelitian berikutnya dapat diberi tambahan perlakuan panas seperti tempering agar mendapat nilai kekerasan dan nilai bending yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Multazam, "PENGARUH HEAT TREATMENT TERHADAP BENTUK STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADA LOGAM TAMBANG (BAJA ST60)," vol. 2, no. 2355, 2016.
- Abdul Khamid, 2011, Rancang bangun alat uji bending dan hasil pengujian untuk bahan besi cor, Skripsi. Fakultas Teknik, Program stadi diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Achmadi. (2024, Maret 11). *Posisi Pengelasan Pipa dan Pelat*. Retrieved from [Pengelasan.net](https://www.pengelasan.net) Belajar Ilmu Pengelasan: <https://www.pengelasan.net/posisi-pengelasan/>
- Alip, Mochamad. Teori dan praktek las. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, 1989.
- Annual Book of ASTM Standards, 2002, ASTM C39-86 Standard Test Method for Compressive Strength

- of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C-33-03, (2003) : Standard specification for concrete aggregates, ASTM International, West Conshohocken. PA, 19428-2959.
- ASTM C-94 (1996) Standard Specification for Ready Mix Concrete. American Society of Testing and Materials, West Conshohocken.
- Bontong, Yafet. "Analisis Pengaruh Arus Pengelasan dengan Metode SMAW dengan Elektroda E7018 terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan pada Baja Karbon Rendah." *Journal Dynamic SainT*, vol. 2, no. 1, 2016.
- Callister Jr, William D, 2007, *Material Science and Engineering An Introduction*, 7th Edition, New Jersey : Jhon Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- Callister Jr.,W.D., 2000, "Fundamentals of Materials Science and Engineering", Interactive e Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition.
- Dieter, G.E., 1996, "Metalurgi Mekanik", Jakarta: Erlangga
- Effendi, N. (2019). Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja S45c Pada Pengelasan Smaw Dengan Variasi Media Quench. *JIPTEK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 12(1), 30-37.
- Izumi, I., Nakamura, T., & Sack, R. L. (Eds.). (1997). *Snow Engineering: Recent Advances: Proceedings of the third international conference*, Sendai, Japan, 26-31 May 1996.
- Khasanah, L. U. (den 13 Agustus 2021). Tipe Uji Statistik : Statistik Parametrik dan Statistik Non Parametrik. Hämtat från DQLAB AI-Powered Learning: <https://dqlab.id/tipe-uji-statistik-statistik-parametrik-dan-statistik-non-parametrik>
- Muhammad, Z. (2018). PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH. *PENELITIAN MANDIRI UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG*.
- Nugroho, Eko., Sulis Dri Handono, Asroni dan Wahidin. 2019. Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung
- Nurdin Riyanto, Panas dan Suhu Tubuh Manusia. Bandung: Remaja Karier, 2009.
- Prayogi, Agung, and Suhardiman Suhardiman. "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin pada Perlakuan Panas terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah." *Jurnal Polimesin*, vol. 17, no. 2, 31 Aug. 2019, pp. 83-90, doi:10.30811/jp.v17i2.1024.
- Priadi, Made & Nugraha, I & Widayana, Gede. (2017). PENGARUH MEDIA PENDINGINAN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGELASAN OXY ACETYLENE PADA MATERIAL BAJA ST-37. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*. 5. 10.23887/jjtm.v5i2.10397.
- Rachmadani, Suharno, Saputro H., 2020 " PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PENGELASAN BAJA S45C MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN GAS METAL ARC WELDING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO" *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, NOZEL*. Vol 2, No 1
- Ragasantri. F. I., 2019 " Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium Proses GTAW" *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Vol 8, No 3*
- Ramadhan. A. A., et al. (2023). " Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045" *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, Vol. 11 No. 1 Maret 2023.
- Sack. (1997). *Type Of Carbon Stell*. Clinton
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi Penelitian*. Medan: KBM Indonesia.
- Sularso dan Tahara. 1983, "Pompa dan Kompresor", Pradnya Paramita, Jakarta
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung: Alfabeta
- Surdia,T. dan Saito,S., 1999, "Pengetahuan Bahan Teknik", Cetakan ke-4, Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 129 - 142.
- Tampubolon. J., 2022 " PENGARUH MEDIA QUENCHING TERSIRKULASI TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA AISI 1045" tugas akhir, Jurusan Teknik Mesin 2022
- Trihutomo. P., 2015 *Analisa Kekerasan Pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses Hardening Dengan Media Pendingin Yang Berbeda*. *Jurnal Teknik Mesin* 23(1): 28-34.
- Winardi, Y., Fadelan, F., Munaji, M., & Krisdiantoro, W. N. (2020). Pengaruh elektroda pengelasan pada Baja AISI 1045 dan SS 202 terhadap strukturmikro dan kekuatan tarik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(2), 86-93.
- Wirjosumarto, H. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita