

## ANALISIS PENGARUH KEKENTALAN OLI PADA PENDINGINAN PACK CARBURIZING BAJA SS400 DITINJAU DARI KEKERASAN DAN KETEBALAN LAPISAN

**Faisal Rahmat Ramadhan**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [faisal.18052@mhs.unesa.ac.id](mailto:faisal.18052@mhs.unesa.ac.id)

**Mochamad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Baja SS400 merupakan baja karbon rendah yang banyak diaplikasikan dalam industri karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah dibentuk, dan mampu mengalami perlakuan panas. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja SS400 yang digunakan sebagai bahan bearing roda depan, melalui proses pack carburizing dan pendinginan cepat (quenching) menggunakan media oli dengan variasi jenis yang berbeda. Proses karburisasi dilakukan pada suhu 900°C selama dua jam, menggunakan arang aktif sebagai sumber karbon. Setelah proses tersebut, spesimen didinginkan dengan tiga jenis oli, yaitu SAE 15W-40, SAE 20W-50, dan SAE 40W. Pengujian meliputi pengukuran kekerasan permukaan menggunakan metode Rockwell (HRC) serta ketebalan lapisan karbon yang terbentuk setelah karburisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis oli dan ketebalan lapisan karbon memberikan pengaruh terhadap pembentukan struktur martensit serta nilai kekerasan akhir material. Spesimen dengan ketebalan lapisan 118 µm yang didinginkan menggunakan SAE 15W-40 menghasilkan kekerasan tertinggi sebesar 37,02 HRC. Sementara itu, spesimen dengan ketebalan 98 µm dan 82 µm menunjukkan kekerasan masing-masing sebesar 36,02 HRC dan 36,03 HRC. Dapat disimpulkan bahwa pemilihan jenis oli yang tepat dan ketebalan lapisan yang lebih besar berkontribusi dalam meningkatkan kekerasan permukaan baja SS400, sehingga lebih tahan terhadap gesekan dan keausan.

**Kata Kunci:** SS400, pack carburizing, variasi oli, quenching, kekerasan Rockwell, ketebalan lapisan

*SS400 steel is a low-carbon steel widely used in industry due to its good mechanical properties, ease of forming, and capability to undergo heat treatment. This study aims to improve the surface hardness of SS400 steel, which is used as the material for front wheel bearings, through the pack carburizing process followed by rapid quenching using oils of different types. The carburizing process was conducted at 900°C for two hours using activated charcoal as the carbon source. After carburizing, the specimens were quenched using three types of oil: SAE 15W-40, SAE 20W-50, and SAE 40W. The tests included measuring surface hardness using the Rockwell hardness test (HRC) and analyzing the formation of the martensitic structure and the final hardness of the material. The specimen with a layer thickness of 118 µm quenched with SAE 15W-40 exhibited the highest hardness of 37.02 HRC, while specimens with thicknesses of 98 µm and 82 µm showed hardness values of 36.02 HRC and 36.03 HRC, respectively. It can be concluded that the selection of oil type and greater carburized layer thickness contribute to increasing the surface hardness of SS400 steel, thus improving its resistance to friction and wear.*

**Keywords:** SS400, pack carburizing, oil variation, quenching, Rockwell hardness, layer thickness

### PENDAHULUAN

Komponen mekanis pada kendaraan, khususnya yang berfungsi menopang roda depan, memegang peranan krusial dalam menjaga kestabilan dan kelancaran perputaran roda. Salah satu komponen penting adalah bearing, yang bertugas menghubungkan roda dengan as roda, memastikan roda dapat berputar dengan stabil meskipun menerima beban besar, terutama pada kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi atau melewati jalan yang tidak rata. Namun, bearing roda depan rentan terhadap tekanan berulang, perubahan beban, serta paparan kotoran, debu, dan air dari jalanan, yang dapat mempercepat proses keausan. Kerusakan pada bearing seringkali tidak langsung tampak, namun dapat mempengaruhi kenyamanan berkendara dan bahkan meningkatkan risiko kecelakaan, terutama karena

berhubungan dengan kontrol arah kendaraan yang bisa terganggu.

Dalam konteks ini, sangat penting untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya pemeliharaan komponen bearing, mengingat peran vitalnya. Banyak pemilik kendaraan yang kurang memperhatikan kondisi bearing karena posisinya yang tersembunyi dan kerusakannya yang tidak langsung terlihat. Padahal, kerusakan pada bearing dapat menurunkan kinerja kendaraan secara signifikan. Penelitian oleh Rahman (2020) menunjukkan bahwa kerusakan bearing menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan pada kendaraan roda dua akibat hilangnya kontrol kendaraan. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai perawatan bearing, tanda-tanda kerusakannya, serta cara pemeriksaannya sangat diperlukan.

Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan ketahanan permukaan komponen bearing adalah melalui perlakuan panas pack carburizing. Metode ini memungkinkan karbon ditambahkan ke permukaan baja karbon rendah, seperti baja SS400, yang membuat permukaannya lebih keras dan lebih tahan aus, sementara bagian dalamnya tetap ulet. Proses ini melibatkan pemanasan komponen baja dalam media yang kaya karbon, diikuti dengan pendinginan cepat menggunakan oli sebagai media quenching. Oli memiliki kelebihan karena memberikan laju pendinginan yang moderat, menghasilkan struktur martensit yang stabil dan permukaan yang halus. Proses pack carburizing ini, bersama dengan oli quenching, berpotensi meningkatkan daya tahan permukaan baja SS400 terhadap keausan dan deformasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh perlakuan pack carburizing serta jenis media pendinginan terhadap peningkatan kekerasan permukaan baja SS400. Uji kekerasan menggunakan metode Rockwell akan digunakan untuk mengukur perubahan kekerasan pada permukaan baja setelah perlakuan tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam memilih teknik perawatan yang tepat, khususnya bagi industri otomotif yang membutuhkan komponen dengan ketahanan yang tinggi terhadap aus dan deformasi.

**METODE**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi tentang jenis variasi oli pada proses pendinginan terhadap pack carburizing dan bagaimana hal itu berdampak pada nilai kekerasan pada baja SS400.

**Waktu dan Tempat Penelitian**

- **Tempat Penelitian**  
Tempat Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pelapisan Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
- **Waktu Penelitian**  
Penelitian ini tentang pengaruh jenis kekentalan pada oli pada proses pendinginan setelah pack carburizing terhadap nilai kekerasan pada baja SS400 yang akan dilakukan pada bulan Maret 2025 sampai bulan Juli 2025.

**Variabel Penelitian**

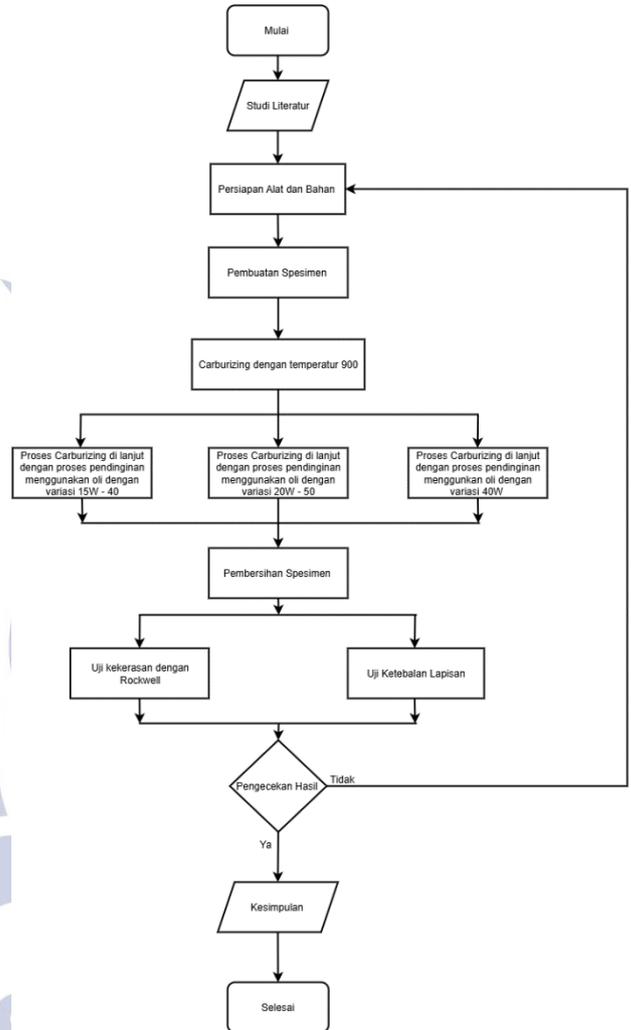
- **Variabel Kontrol**
  - Baja SS400 dengan dimensi yang sama.
  - Arang Batok Kelapa.
  - Media pendingin menggunakan Oli.
  - Pengambilan data diukur pada temperature 900°C
  - Holding time yang digunakan adalah 2 jam.
- **Variabel Bebas**  
persentase variasi kekentalan oli SAE 15W-40, SAE 20W-50, dan SAE 40W

• **Variabel Terikat**

Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai kekerasan permukaan baja SS400 sesudah pack carburizing dan ketebalan lapisan.

**Rancangan Penelitian**

- Flowchart Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

- **Pengujian Sebelum Pack Carburizing**

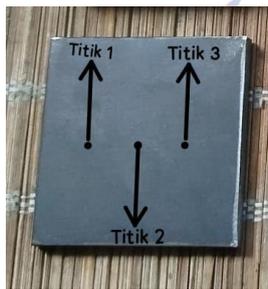
Pengujian ini dilakukan pada baja SS400 sebelum proses pack carburizing. Pengujian carburizing menggunakan furnace melibatkan proses pemanasan baja dengan suhu 900°C dalam waktu 2 jam. Tujuan dari proses ini yakni untuk meningkatkan kandungan karbon pada permukaan baja yang mengakibatkan permukaan baja menjadi keras dan tahan aus, sementara bagian inti tetap ulet.



Gambar 2. Baja SS400

• **Pengujian sesudah pack carburizing**

Setelah proses pack carburizing di lanjut dengan pengujian Rockwell dengan skala HRC dengan gaya uji 150 kgf menggunkan identor kerucut berlian lalu dilakukan pada tiga spesimen, masing-masing dengan tiga titik.



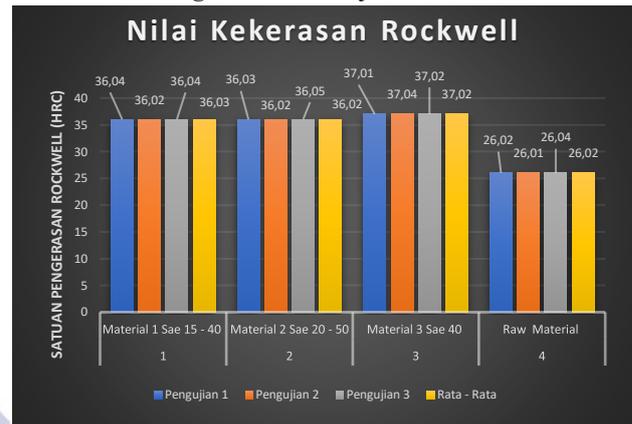
Gambar 3. Titik Uji Kekerasan

Setelah proses pack carburizing, pengujian kekerasan dilakukan pada baja SS400. Digunakan berbagai jenis media pendingin menggunakan oli dengan variasi oli sae 15-40, sae 20-50, sae 40 Lalu di lanjut dengan proses pack carburizing ini dilakukan pada suhu 900°C dan berlangsung selama 2 jam, sebelum didinginkan dengan media oli.

Tabel 1. Hasil Uji kekerasan Rockwell

No	Spesimen	Nilai Kekerasan Rockwell			Rata - Rata
		1	2	3	
1	Material 1 Sae 15 - 40	36,04	36,02	36,04	36,03
2	Material 2 Sae 20 - 50	36,03	36,02	36,05	36,02
3	Material 3 Sae 40	37,01	37,04	37,02	37,02
4	Raw Material	26,02	26,01	26,04	26,02

Diagram 1. Hasil Uji Kekerasan



Dilihat dari grafik perbandingan hasil nilai rata-rata pengujian kekerasan pada baja SS400 dengan arang tempurung kelapa media carburizing memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan bahan. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen Material 3 sebesar 37,04 HRC dan rata-rata nilai kekerasan terendah pada spesimen Material 2 sebesar 36,01 HRC, sedangkan untuk nilai rata-rata kekerasan raw material Material 4 sebesar 26,02 HRC.

Setelah proses pack carburizing, pengujian kekerasan dilakukan pada baja SS400. Digunakan dengan menggunkan variasi oli pada proses pendinginan. Proses ini dilakukan pada 900 °C dan berlangsung selama 2 jam, sebelum didinginkan dengan media oli. Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran kekerasan. Gambar 5 Diagram hasil kekerasan Baja SS400 sesudah proses pack carburizing dengan variasi jenis media pendingin pada gambar 5 perbandingan nilai rata-rata kekerasan dari setiap variasi pada proses pendinginan menggunakan oli dengan variasi yang berbeda yakni ; sae 15W – 40, SAE 20W – 50, 40W memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan material pada pack carburizing. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari variasi oli pada proses pendinginan 15W - 40 dengan nilai rata - rata yaitu sebesar 36,03 HRC. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari variasi oli pada proses pendinginan 20W – 50 dengan nilai rata - rata yaitu sebesar 36,02 HRC. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari variasi oli pada proses pendinginan 40W dengan nilai rata - rata yaitu sebesar 37,02 HRC. Jadi secara keseluruhan bahwa rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari ketiga jenis dan variasi proses pendinginan terdapat pada jenis oli Sae 40W dengan nilai rata – rata yaitu sebesar 37,02 HRC. Dari hasil data dan diagram diatas dapat ditemukan bahwa setiap jenis dan komposisi dari variasi berbeda beda hasil nilai kekerasan yang diperoleh pada suatu material proses pack carburizing.

Dengan variasi oli SAE 15W–40 Memberikan laju pendinginan tercepat sehingga membentuk struktur martensit maksimal. Setelah diuji dengan rockwell

mendapatkan nilai tertinggi yakni 37,04 HRC dengan nilai rata – rata yang di dapat 36,02. Dengan variasi oli SAE 20W-50 Memberikan hasil kekerasan cukup tinggi namun masih menjaga kestabilan dimensi. . Setelah diuji dengan rockwell mendapatkan nilai tertinggi yakni 36,05 HRC dengan nilai rata – rata yang di dapat 36,03. Dengan variasi oli SAE 40W Laju pendinginan lambat. Memberikan hasil kekerasan cukup tinggi namun masih menjaga kestabilan dimensi. . Setelah diuji dengan rockwell mendapatkan nilai tertinggi yakni 36,04 HRC dengan nilai rata – rata yang di dapat 37,02.

#### • Analisa Hasil Uji Kekerasan

Penelitian ini menggunakan material baja SS400 yang memiliki kesamaan komposisi dengan bearing. Penelitian ini menggunakan variasi pendingin oli lalu dilajut dengan media carburizing dengan perbandingan 20W – 50, 15W - 40, dan sea 40 serta menggunakan batok arang kelapa untuk pack carburizing.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk melihat perubahan nilai kekerasan pada hasil carburizing dengan variasi proses pendinginan dengan oli di lanjut dengan menggunkan arang sebagai media carburizing. Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan rockwell dengan skala C. Rata-rata nilai kekerasan pada spesimen Materal 1 sebesar 36,03 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen Materal 2 sebesar 36,02 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen Material 3 sebesar 37,02 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen Material 4 ( Raw Material ) sebesar 26,02 HR. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh variasi pendinginan menggunakan oli pada media carburizing yang digunakan terhadap hasil nilai kekerasan.

Pada penelitian Variasi media pendingin berupa oli yang berbeda berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan Rockwell pada logam, terutama setelah proses perlakuan panas seperti quenching. Oli dengan viskositas dan konduktivitas termal tinggi, seperti oli mineral (misalnya oli mesin SAE 40), dapat menghasilkan laju pendinginan yang lebih cepat, yang mendorong pembentukan struktur martensit sehingga meningkatkan nilai kekerasan logam (Andika et al., 2021). Sebaliknya, penggunaan oli nabati seperti minyak kelapa sawit atau minyak kedelai menunjukkan laju pendinginan yang lebih lambat, sehingga kekerasan yang dihasilkan cenderung lebih rendah (Yadav & Kumar, 2020). Penelitian pada baja SS400 menunjukkan bahwa quenching dengan oli mesin menghasilkan nilai kekerasan Rockwell yang lebih tinggi dibandingkan oli nabati atau oli bekas, karena kestabilan termal dan kapasitas pendinginan oli mesin yang lebih baik (Dwi Cahyo et al., 2022). Oleh karena itu, pemilihan jenis oli sebagai media pendingin menjadi faktor penting dalam

mengoptimalkan kekerasan dan performa mekanik logam hasil perlakuan panas.

#### • Analisa Statistik

##### ➤ Uji Normalitas

Uji Normalitas bertujuan untuk menentukan apakah data yang dikumpulkan mengikuti distribusi normal, yang merupakan syarat utama untuk penerapan metode analisis statistik parametrik pada penelitian ( urhaswinda dan dkk, 2025).

**Tabel 2.** Uji Normalitas

Tests of Normality								
Nama Spesimen	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			Sig.	
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.		
Kekerasan HRC								
Material 1	.253	3	.	.964	3	.637		
Material 2	.292	3	.	.923	3	.463		
Material 3	.253	3	.	.964	3	.637		
Material 4	.253	3	.	.964	3	.637		

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan analisa normalitas data pada aplikasi SPSS, Nilai signifikasi pada variasi pendinginan oli ( 15W – 40 ) yaitu sebesar 0.637 dengan arang batok kelapa, nilai signifikansi variasi pendinginan oli ( 20W – 50 ) yaitu sebesar 0.463 dengan arang batok kelapa, sedangkan pada variasi pendinginan menggunakan oli ( Sae 40 ) yaitu 0.637 dengan arang botok kelapa . Pada normalitas Shapiro-Wilk dikarenakan jumlah spesimen kurang dari 30 dan nilai signifikansi lebih besar dari nilai alpha (0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

##### ➤ Uji Homogenitas

Uji homogenitas varians dilakukan untuk memastikan bahwa kelompok data yang dibandingkan memiliki tingkat penyebaran data yang seragam pada penelitian ( Sudjana, 2020 ).

**Tabel 3.** Uji Homogenitas

Tests of Homogeneity of Variances						
Kekerasan HRC		Levene Statistic		df1	df2	Sig.
		Statistic	df			
	Based on Mean	.276	3	8	.841	
	Based on Median	.062	3	8	.978	
	Based on Median and with adjusted df	.062	3	6.737	.978	
	Based on trimmed mean	.254	3	8	.857	

Berdasarkan hasil uji homogenitas diatas didapatkan nilai sig. homogenitas pada data sampel sebesar 0,841 diambil dari nilai based of mean, sehingga didapatkan nilai sig. sebesar > 0,05, lebih besar dari 0,05 sehingga data sampel dapat dikatakan homogen.

##### ➤ Uji Anova

Uji ANOVA digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata dari beberapa kelompok sampel. Uji ini dilakukan ketika terdapat lebih

dari dua kelompok data yang dibandingkan pada penelitian Ghozali (2020).

Uji ANOVA one way dilakukan menggunakan aplikasi spss setelah data sampel menunjukkan normal dan homogen. Untuk mendapatkan hipotesis maka dilakukan perbandingan jika nilai sig. > 0,05 (lebih besar dari 0,05) maka Ho diterima dan H1 ditolak.

**Tabel 4.** Uji Anova

ANOVA					
Kekerasan.HRC	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24694.000	3	8231.333	2905.176	<.001
Within Groups	22.667	8	2.833		
Total	24716.667	11			

Dari tabel uji ANOVA diatas didapatkan nilai sig. Sebesar  $0,001 < 0,05$  sehingga didapatkan kesimpulan apabila nilai sig.  $< 0,05$  maka hipotesis H0 ditolak dan H1 diterima sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan pada nilai kekerasan baja SS400 yang telah melalui proses carburizing dengan menggunakan variasi pendinginan menggunakan oli 20W-50, 15W – 40, Sea 40 serta penggunaan arang batok kelapa dan dibandingkan dengan material normal.

• **Pengujian Ketebalan Lapisan pada Permukaan Baja SS400 Menggunakan Alat Coating Thickness Gauge.**

Pengukuran ketebalan lapisan pada baja SS400 dilakukan menggunakan metode uji non-destruktif dengan memanfaatkan alat Coating Thickness Gauge tipe Elcometer 456. Proses ini bertujuan untuk menentukan ketebalan aktual dari suatu lapisan pelindung yang diaplikasikan pada substrat logam, tanpa harus merusak material yang diuji. Karena baja SS400 memiliki sifat feromagnetik, maka pengukuran dapat dilakukan menggunakan prinsip induksi magnetik, di mana alat mendeteksi perubahan medan magnet akibat kehadiran lapisan non-logam di atas permukaan logam. Teknik ini umum digunakan dalam pengujian pelapisan teknis, karena memberikan hasil yang cepat, akurat, dan tidak invasif.

Sebelum proses pengambilan data dimulai, alat terlebih dahulu dikalibrasi guna memastikan hasil pengukuran memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Kalibrasi dilakukan melalui dua tahapan penting. Pertama, kalibrasi nol (zero calibration) dilakukan dengan menempelkan probe alat langsung pada baja polos tanpa lapisan, untuk mengatur titik awal pengukuran. Kedua, dilakukan kalibrasi menggunakan shim standar (foil calibration), yaitu dengan meletakkan lembaran berketebalan diketahui di atas permukaan baja, kemudian menyesuaikan pembacaan

alat agar sesuai dengan nilai referensi shim tersebut. Kalibrasi ini dilakukan secara berkala selama proses pengujian berlangsung untuk menjaga konsistensi hasil yang diperoleh.

Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda yang tersebar merata di permukaan spesimen. Setiap titik diukur sebanyak tiga kali untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh stabil dan tidak terpengaruh oleh kesalahan sesaat seperti tekanan tangan atau sudut pengukuran. Probe alat ditempatkan tegak lurus terhadap permukaan lapisan dengan tekanan yang merata. Nilai-nilai yang ditampilkan pada layar digital alat, dalam satuan mikrometer ( $\mu\text{m}$ ), dicatat dan dirata-ratakan untuk setiap titik ukur sebagai representasi ketebalan aktual lapisan.

Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengevaluasi keseragaman ketebalan di seluruh permukaan baja. Ketebalan yang tidak merata dapat mengindikasikan adanya ketidaksesuaian proses pelapisan atau potensi titik lemah dalam perlindungan material.



**Gambar 4.** Alat Coating Thickness Gauge.

Pengujian ketebalan lapisan cat pelindung dilakukan terhadap tiga spesimen baja SS400 yang telah diberi perlakuan pelapisan dengan ketebalan yang divariasikan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Coating Thickness Gauge* tipe Elcometer 456, berdasarkan prinsip induksi magnetik. Pengambilan data dilakukan pada tiga titik berbeda pada setiap spesimen, dan nilai rata-rata digunakan sebagai representasi ketebalan akhir lapisan.

**Tabel 5.** Hasil Uji ketebalan

Spesimen	Nilai Pengujian Ketebalan			Rata - Rata ( $\mu\text{m}$ )
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
Material 1	82	85	80	82
Material 2	98	100	96	98
Material 3	115	120	118	118

Keterangan :

- Material 1 : Media pendingin SAE 15W - 40
- Material 2 : Media pendingin SAE 20W - 50
- Material 3 : Media Pendingin SAE 40W

Pengujian ketebalan lapisan pelindung pada baja SS400 dilakukan dengan menggunakan alat Coating Thickness Gauge tipe Elcometer 456 yang bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik. Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda untuk setiap material, dan hasilnya menunjukkan variasi ketebalan yang masih berada dalam rentang standar yang dianjurkan, yaitu antara 80 hingga 120 mikrometer. Material 1 memiliki ketebalan rata-rata sebesar 82  $\mu\text{m}$ , yang berada pada batas bawah standar, sedangkan Material 2 menunjukkan ketebalan rata-rata 98  $\mu\text{m}$ , dan Material 3 memiliki ketebalan rata-rata tertinggi yakni 118  $\mu\text{m}$ , mendekati batas atas standar. Perbedaan ketebalan lapisan ini berpengaruh terhadap karakteristik termal saat proses pendinginan setelah perlakuan panas, di mana lapisan yang lebih tebal berfungsi sebagai isolator termal yang memperlambat pelepasan panas dari permukaan baja.

Hal ini memungkinkan pembentukan struktur martensit yang lebih maksimal pada Material 3, yang didukung oleh hasil pengujian kekerasan yang menunjukkan nilai tertinggi pada material tersebut. Sebaliknya, lapisan yang lebih tipis pada Material 1 memungkinkan pelepasan panas yang lebih cepat sehingga pembentukan martensit menjadi kurang optimal. Selain itu, ketebalan lapisan yang berbeda juga berdampak pada tingkat proteksi korosi yang diberikan, di mana lapisan yang lebih tebal pada Material 3 memberikan perlindungan yang lebih baik dibandingkan dengan Material 1 dan Material 2. Dengan demikian, ketebalan lapisan pelindung menjadi faktor penting yang memengaruhi baik sifat mekanik maupun ketahanan korosi baja SS400 setelah proses pelapisan dan perlakuan panas.

### Kesimpulan

Pengujian kekerasan Rockwell dan pengukuran ketebalan lapisan pada baja SS400 menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara ketebalan lapisan dan nilai kekerasan permukaan.

- Material 1 dengan ketebalan lapisan rata-rata 82  $\mu\text{m}$  menghasilkan nilai kekerasan sekitar 36,03 HRC. Ketebalan lapisan yang relatif tipis ini menyebabkan pelepasan panas berlangsung lebih cepat selama proses pendinginan, sehingga pembentukan struktur martensit kurang optimal dibandingkan material lainnya.
- Material 2 memiliki ketebalan lapisan rata-rata 98  $\mu\text{m}$  dan menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 36,02 HRC. Ketebalan lapisan yang sedang ini memberikan keseimbangan antara perlindungan terhadap korosi dan kestabilan termal selama proses pendinginan, sehingga kekerasannya masih cukup tinggi namun tidak sebesar material dengan lapisan tebal.

- Material 3 dengan ketebalan lapisan rata-rata 118  $\mu\text{m}$  menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 37,02 HRC. Lapisan pelindung yang lebih tebal pada material ini berperan sebagai isolator termal yang memperlambat laju pendinginan, mendukung pembentukan struktur martensit yang lebih sempurna dan meningkatkan kekerasan permukaan secara signifikan.

Dengan demikian, pemilihan ketebalan lapisan yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan sifat mekanik dan ketahanan korosi baja SS400 sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan kondisi lingkungan

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran yang diberikan oleh penulis yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya ;

- Untuk mendapatkan kekerasan yang lebih merata dan maksimal, disarankan melakukan variasi terhadap parameter pack carburizing seperti suhu, waktu tahan, dan komposisi bahan karburizer. Hal ini penting untuk memperdalam pemahaman mengenai pengaruh difusi karbon terhadap pembentukan struktur martensit dan kekerasan permukaan baja.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian struktur mikro untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Ghozali, I. (2020). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Sudjana, N. (2020). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Trio Nur Wibowo, dkk. (2022). Pengaruh Penambahan Katalis Berbasis Karbonat terhadap Efektivitas Proses Pack Carburizing pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 14(2), 88–96. [Cek jurnal institusi atau Google Scholar].
- Andika, R., Prasetyo, E., & Wijaya, A. (2021). Analisis Pengaruh Jenis Oli Pendingin terhadap Kekerasan Baja setelah Proses Quenching. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 9(1), 25–31.
- Yadav, S., & Kumar, R. (2020). Vegetable Oils as Quenching Media for Heat Treatment: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1700–1706. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.195>
- Dwi Cahyo, A., Setiawan, D., & Nugroho, Y. (2022). Pengaruh Oli Mesin dan Oli Nabati terhadap Kekerasan Hasil Quenching Baja SS400. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Mesin*, 11(1), 44–50.