

Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Hasil Pembubutan Baja AISI 1045

Fajar Y. Prabowo¹⁾, Joko Waluyo^{2)*}, Venditias Yudha³⁾

¹Program Studi Teknologi Mesin - DIII, Program Pendidikan Vokasi, Universitas AKPRIND Indonesia, Jl. Bimasakti No.3, Yogyakarta 55221

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas AKPRIND Indonesia, Jl. Kalisahak No. 28, Yogyakarta 55222

³Program Studi Teknik Mesin – DIII, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

*E-mail koresponden: joko_w@akprind.ac.id

Diterima: 09 01 2025

Direvisi: 21 05 2025

Disetujui: 03 07 2025

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan, kekuatan tarik, dan kekasaran permukaan baja AISI 1045 dalam proses pembubutan. Material diuji dalam tiga kondisi: tanpa perlakuan panas, *Hardening* dengan pendinginan air dan oli, serta tempering. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan panas mengubah struktur mikro dari ferrit-perlit menjadi campuran martensit, bainit, ferrit, dan perlit. Kekerasan meningkat dari 52,83 HRC (tanpa perlakuan) hingga 80,17 HRC (*Hardening* air) dan 68,33 HRC (*Hardening* oli). Perlakuan tempering menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 1231,73 MPa dengan kekerasan 65 HRC. Kekasaran permukaan paling rendah ditemukan pada tempering dengan kecepatan spindle 700 RPM (3,6 μm), sedangkan *Hardening* air menghasilkan kekasaran tertinggi pada 1000 RPM (35,35 μm). Perlakuan tempering direkomendasikan untuk aplikasi mesin seperti poros, karena memberikan keseimbangan optimal antara sifat mekanik, kekerasan, dan kekasaran permukaan.

Kata kunci: AISI 1045, perlakuan panas, kekerasan, kekuatan tarik, kekasaran permukaan

ABSTRACT

This study examines the effects of heat treatment on the hardness, tensile strength, and surface roughness of AISI 1045 steel during turning operations. The material was tested under three conditions: untreated, hardened (with water and oil quenching), and tempered. Results reveal that heat treatment transformed the microstructure from *Ferrite-Pearlite* to a combination of *Martensite*, *Bainite*, *Ferrite*, and *Pearlite*. Hardness increased from 52.83 HRC (untreated) to 80.17 HRC (water-quenching *Hardening*) and 68.33 HRC (oil-quenching *Hardening*). Tempering achieved the highest tensile strength at 1231.73 MPa with a hardness of 65 HRC. Surface roughness was lowest for tempered specimens at 700 RPM (3.6 μm), while water-quenching *Hardening* at 1000 RPM resulted in the highest roughness (35.35 μm). Tempering is recommended for machine components such as shafts due to its optimal balance of mechanical properties, hardness, and surface quality.

Keywords: AISI 1045, heat treatment, hardness, tensile strength, surface roughness

PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang tersedia dalam berbagai jenis, bentuk dan ukuran. Kekuatan baja karbon mencapai 400-850 MPa. Baja karbon merupakan salah satu jenis material yang sangat penting dalam dunia industri terutama untuk pembuatan komponen mesin yang memerlukan sifat keuletan dan kekerasan. Sifat mekanis baja sangat dipengaruhi oleh bentuk dari struktur mikro yang dimiliki baja. Sifat mekanik dapat ditingkatkan dengan cara merubah sifat fisiknya terutama struktur mikronya dengan cara proses perlakuan panas. Baja karbon sedang memiliki sifat mekanik yang baik seperti kemampuan mesin, sifat benturan, kemampuan las, dan kekuatan tinggi sehingga banyak diaplikasikan untuk kebutuhan industri. Sifat fisik dan mekaniknya dapat diubah dengan perlakuan panas untuk menyesuaikan kegunaannya [1].

Pemilihan material dalam proses perancangan mesin harus sesuai dengan fungsi dan aplikasinya. Baja karbon sedang AISI 1045, paling umum digunakan di berbagai struktur dan elemen mesin seperti dalam pembuatan poros dan roda gigi [2,3]. Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,42 sampai 0,5 dan termasuk baja karbon sedang. Perlakuan panas umumnya dilakukan untuk mengubah sifat mekanik dan fisik logam, terutama kekerasan, kekuatan impact, kekuatan tarik, dan keuletan baja karbon dapat dimodifikasi dengan perlakuan panas. Proses perlakuan panas yang sering digunakan untuk baja AISI 1045 yaitu *Hardening* yang diikuti *quenching*. Kekerasan material dapat mempengaruhi pada hasil akhir proses pemesinan. Salah satu perbedaan paling penting dalam mekanika pemotongan antara pemesinan kecepatan tinggi dan pemesinan konvensional adalah bahwa dalam pemesinan kecepatan tinggi, chip bergerigi paling sering dihasilkan yang mempengaruhi hampir setiap aspek proses pemesinan kecepatan tinggi, seperti gaya potong [4], suhu pemotongan [5], keausan alat pemotong [6] dan masa pakai serta kualitas permukaan mesin [7]. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisa pengaruh dari perlakuan panas pada baja AISI 1045 terhadap kemampuan mesinnya pada proses bubut.

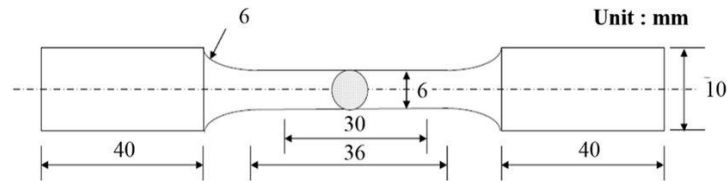
METODE PENELITIAN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja karbon sedang AISI 1045 dengan komposisi kimia ditunjukkan pada Tabel 1. Pengujian dilakukan pada tiga jenis kondisi, yaitu material yang tidak mengalami perlakuan panas dan material yang mengalami perlakuan panas yaitu *Hardening* dan tempering.

Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan spesimen hingga mencapai temperatur ± 850 °C ditahan (*holding time*) selama 20 menit. Setelah itu dilanjutkan dengan quenching menggunakan media air dan oli SAE 40. Perubahan sifat mekanik pada Baja AISI 1045 yang diakibatkan oleh perlakuan panas kemudian dilakukan proses pembubutan rata dengan menggunakan variasi putaran 700, 860 dan 1000 RPM. Pembubutan dilakukan pada ketebalan pemakanan 0,5 mm sepanjang 100 mm menggunakan pahat *High Speed Steel* (HSS). Setelah itu dianalisa berdasarkan tiga pengujian mekanik yaitu uji Tarik mengacu pada standar ASTM E8M yang ditunjukkan pada Gambar 1, uji kekerasan dan kekasaran permukaan serta pengamatan struktur mikro.

Tabel 1. Komposisi kimia Baja AISI 1045 [3]

Unsur	Carbon (C)	Mangan (Mn)	Sulfur (S)	Fosfor (P)	Besi (Fe)
Content (%)	0,42-0,5	0,60-0,90	$\leq 0,05$	$\leq 0,04$	98,51-98,98



Gambar 1. Standar uji Tarik ASTM E8M [8]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kekerasan (Hardness Test)

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat material terhadap beban indentasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai kekerasan spesimen menggunakan metode *Rockwell*. Pengujian dilakukan pada tiga jenis spesimen baja AISI 1045 berdasarkan perlakuan panas yang diberikan, yaitu: spesimen standar (tanpa perlakuan panas) dan spesimen yang dipanaskan hingga suhu 850 °C. Pengujian kekerasan dilakukan pada tiga titik berbeda untuk setiap spesimen, kemudian hasilnya dirata-ratakan. Nilai kekerasan masing-masing spesimen ditampilkan pada Tabel 2

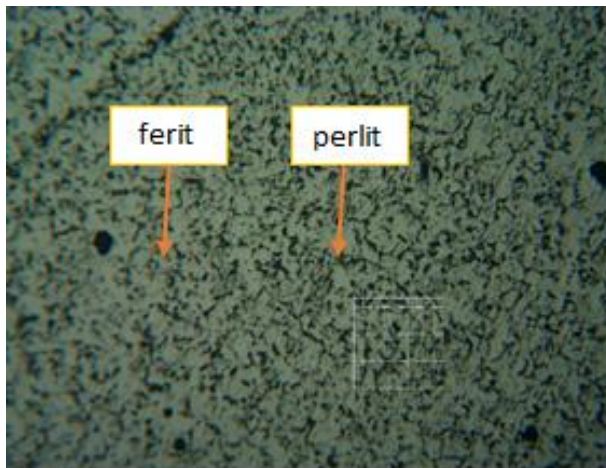
Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan

No	Spesimen	Harga kekerasan (HRC)
1	<i>Non-Heat treatment</i> (raw)	52,83
2	<i>Hardening</i> dengan pendinginan air	80,17
3	<i>Hardening</i> dengan pendinginan oli	68,33
4	<i>Tempering</i>	65

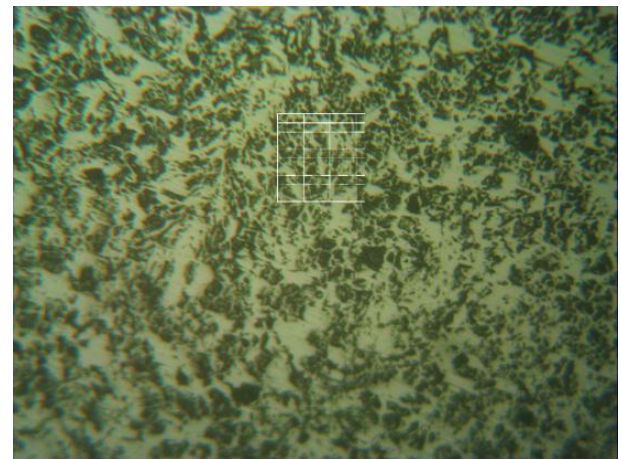
Hasil uji kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* (HRC) dimana nilai kekerasan material tanpa perlakuan panas sebesar 52,83 HRC. Nilai kekerasan material yang di beri perlakuan panas *Hardening* dengan pendinginan oli mempunyai kekerasan sebesar 68,33 HRC sedangkan dengan pendinginan air mempunyai kekerasan 80,17 HRC. Perlakuan panas tempering, nilai kekerasan yang didapatkan yaitu sebesar 65 HRC. Besar nilai kekerasan yang di peroleh sangat dipengaruhi oleh fasa yang terbentuk dan jumlah fasa. Hasil pengamatan struktur mikro untuk specimen *Non-Heat treatment* ditunjukkan pada Gambar 2, Hasil uji mikro untuk *Hardening* dengan pendinginan air ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4 menunjukkan hasil struktur mikro *Hardening* dengan pendinginan oli, dan Gambar 5 menunjukkan hasil struktur mikro spesimen tempering. Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro terbentuk jumlah fasa sebanyak empat yaitu fasa *Martensite* sangat keras dan di dominasi oleh fasa *Bainite* serta fasa *Ferrite* dan *Pearlite*. Sedangkan terbentuknya fasa di pengaruhi oleh perlakuan panas yang di berikan untuk material yang tidak mendapatkan perlakuan panas mempunyai fasa-fasa *Ferrite – Pearlite*. Adapun prosentase fasa martensit untuk pendinginan air lebih banyak bila dibandingkan dengan pendinginan oli sehingga kekerasannya dengan pendinginan air lebih besar dibandingkan dengan pendinginan oli, sedangkan pada proses tempering struktur yang terbentuk adalah martensit temper sehingga bahan tersebut kekerasannya rendah dan kekuatan tariknya lebih tinggi.

Pengamatan metalografi seperti yang di tunjukkan dari Gambar 3 sampai Gambar 5 menunjukkan fasa *Martensite* dan fasa *Bainite*, sedangkan pada bahan yang tidak diberikan perlakuan panas Gambar 2 bentuk fasanya *Ferrite* bagian yang terang dan fasa *Pearlite* pada bagian yang gelap. Pada temperatur pemanasan 800 °C fasa *Martensite* baru mulai tampak belum terdistribusi karena masih terlihat banyak fasa *Ferrite* dan fasa *Pearlite*. Pada temperatur pemanasan 860 °C fasa *Martensite* mulai terdistribusi dan penyebarannya merata. Adapun besarnya prosentase perlit pada struktur mikronya semakin besar prosentase perlitnya kekuatan tariknya akan semakin meningkat adapun besarnya prosentase perlit

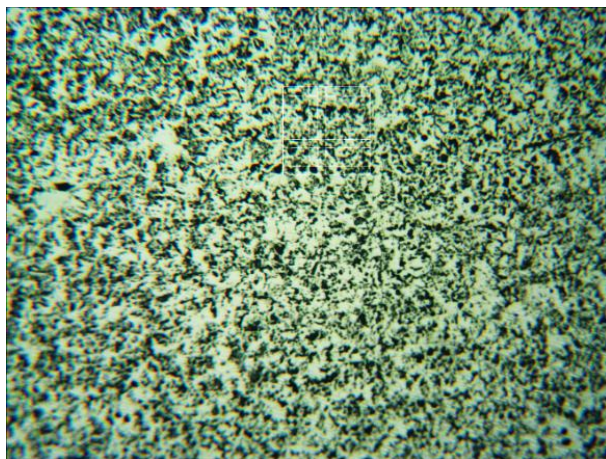
urutannya adalah material tanpa perlakuan panas, *Hardening* dengan pendinginan oli, *Hardening* dengan pendinginan air serta tempering.



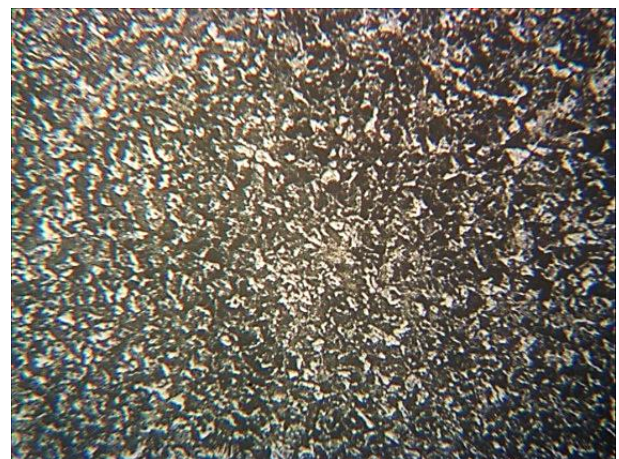
Gambar 2. Struktur mikro non-heat treatment



Gambar 3. Struktur mikro *Hardening* dengan pendinginan oli



Gambar 4. Struktur mikro *Hardening* dengan pendinginan air



Gambar 5. Struktur mikro perlakuan tempering

Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran pada permukaan diambil dari material yang sudah dilakukan proses Annealing dan Tempering dengan pengambilan titik kekerasan yang sudah ditentukan dan tiap-tiap spesimen diambil 3 (tiga) titik pengujian dan diambil nilai rata-rata kekasarannya. Adapun hasil pengujian kekerasan seperti terlihat pada Tabel 3. Data hasil kekasaran permukaan menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan paling rendah yaitu 3,6 μm yang diperoleh pada kondisi parameter perlakuan panas tempering pada pembubutan dengan putaran spindel 700 RPM, Sedangkan untuk nilai kekasaran tertinggi didapatkan sebesar 27,26 μm dengan proses perlakuan panas *Hardening* pada putaran spindel mesin 1000 putaran per menitnya. Berdasarkan hasil data kekasaran permukaan yang telah dilakukan, proses tempering pada kecepatan 700 putaran permenit mempunyai nilai kekasaran permukaan lebih baik dibandingkan dengan kekasaran permukaan pada pengujian lainnya hal ini disebabkan pembentukan fasa *Martensite* dan perlit lebih dominan dan lebih merata sehingga bahan mempunyai kekutan tarik yang tinggi dibandingkan perlakuan panas yang lainnya

Tabel 3. Data Pengujian Kekasaran

Spesimen	Variasi pembubutan (Rpm)	Ra (μm)			Rata-rata
		1	2	3	
Non-Heat treatment	700	15,66	17,84	18,67	17,39
	860	21,47	20,68	20,43	20,86
	1000	26,15	24,48	22,78	24,47
<i>Hardening</i> media air	700	20,45	20,34	16,21	19
	860	24,74	24,56	26,60	25,3
	1000	36,35	34,75	33,90	35
<i>Hardening</i> media oli	700	19,67	18,98	17,12	18,59
	860	18,32	24,32	23,48	22,04
	1000	26,20	27,46	29,14	27,6
Tempering	700	2,817	3,840	4,130	3,6
	860	3,75	2,73	4,76	3,75
	1000	3,85	5,85	3,67	4,46

Hasil Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari baja AISI 1045 sebagai akibat proses heat treatment dan perbedaan temperatur perlakuan panas dengan media pendinginan yang sama yaitu air. Kekuatan tarik material dapat dihitung berdasarkan data Beban yang diberikan (P) dan regangan yang terjadi. Nilai kekuatan tarik spesimen ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data nilai Pengujian Tarik

Specimen	Teg. Max (MPa)	Regangan (%)
Raw	767,93	21,46
<i>Hardening</i> dengan oli	1030	3,00
<i>Hardening</i> dengan pendinginan air	978	2,85
Tempering	1.231,7	3,58

Hasil pengujian kekuatan tarik rata-rata yang diperlihatkan sesuai pada Tabel 4 kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan panas tempering yang nilainya sebesar 1.231,73 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik perlakuan panas *Hardening* dengan pendinginan oli dan air masing-masing besarnya kekuatan tarik adalah 1.030 MPa dan 978 MPa sedangkan nilai kekuatan tarik pada material tanpa perlakuan panas sebesar 767,93 MPa. Pada grafik hubungan antara kuat tarik terhadap perlakuan pada sampel material tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas. Kekuatan tarik pada perlakuan panas tempering mempunyai kekuatan tarik tertinggi sebesar 1231,73 Mpa sedangkan kekuatan tarik terendah pada pendinginan oli yang besarnya 68,33 MPa serta benda uji tanpa perlakuan besarnya nilai kekuatan tariknya 767,93 MPa Sampel bahan atau material AISI 1045 JIS G4051 dengan perlakuan panas tempering ada 4 fasa yaitu perlit, ferrit martensit dan bainit Fasa *Martensite* terbentuk dari transformasi fasa Austenite yang dicelup (*quenching*) dengan kecepatan pendinginan yang sangat tinggi. Fasa *Martensite* mulai terbentuk antara suhu 200 – 500 ° C hal ini tergantung pada kandungan karbon. Semakin tinggi persentase kandungan karbonnya akan semakin tinggi suhu awal terbentuknya fasa *Martensitenya*. Tempering adalah proses pemanasan kembali baja yang telah dikeraskan sampai temperatur dibawah temperatur kritis terendah (A1), lalu didinginkan pada laju yang diinginkan. Proses ini bertujuan untuk mengembalikan sebagian keuletan/ketangguhan, berakibat turunnya kekerasan, dan melepas tegangan dalam untuk memperoleh keuletan

yang lebih baik [9]. Struktur martensit dihasilkan dari proses quenching, maka dari itu ada tegangan internal besar, diperoleh dari transformasi martensit, sehingga keuletan berkurang. Tempering dapat meningkatkan keuletan dan ketangguhan, yang sangat penting untuk meningkatkan penyerapan energi impact dan struktur martensit temper menghasilkan kekuatan dinamik yang baik pada baja [10]. Adapun besarnya kekuatan tarik dapat dipengaruhi oleh prosentase perlit pada struktur mikronya semakin besar prosentase perlitnya maka kekuatan tarik material semakin besar, adapun besarnya prosentase perlit urutannya adalah *Hardening* dengan pendinginan air, oli dan tempering.

KESIMPULAN

Perlakuan panas pada baja AISI 1045 mengubah struktur mikro dari perlit dan ferrit menjadi perlit, ferrit, bainit, dan martensit, meningkatkan kekerasan dari 52,83 HRC menjadi hingga 80,17 HRC, serta kekuatan tarik dari 767,93 MPa menjadi hingga 1231,73 MPa, tergantung metode pendinginan. Kekasaran permukaan meningkat pada pendinginan air dan oli, dengan hasil lebih baik pada oli, sedangkan tempering memberikan nilai kekerasan yang paling stabil pada berbagai putaran spindle. Untuk aplikasi seperti poros mesin, tempering direkomendasikan karena menghasilkan keseimbangan optimal antara sifat mekanis dan kekasaran permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Singh, S., Samir, S., Kumar, K., & Thapa, S. (2021). Effect of heat treatment processes on the mechanical properties of AISI 1045 steel. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5097-5101.
- [2] Rifnaldy, R., & Mulianti, M. (2019). Pengaruh Perlakuan Panas *Hardening* Dan Tempering Terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 1(4), 950-959.
- [3] Akhyar, I., & Sayuti, M. (2015). Effect of heat treatment on hardness and microstructures of AISI 1045. *Advanced Materials Research*, 1119, 575-579.
- [4] Kuntoğlu, M., & Sağlam, H. (2019). Investigation of progressive tool wear for determining of optimized machining parameters in turning. *Measurement*, 140, 427-436.
- [5] Veiga, F., Arizmendi, M., Jiménez, A., & Del Val, A. G. (2021). Analytical thermal model of orthogonal cutting process for predicting the temperature of the cutting tool with temperature-dependent thermal conductivity. *International Journal of Mechanical Sciences*, 204, 106524.
- [6] Farhat, Z. N. (2003). Wear Mechanism of CBN Cutting Tool During High-Speed Machining of Mold Steel. *Materials Science and Engineering: A*, 361(1-2), 100-110.
- [7] Muthu Krishnan, G., & Pradeep Kumar, J. (2022). Machinability and Surface Integrity Characteristics in Hard Turning of High Hardened Steels Using Different Types of Inserts. In *Materials, Design and Manufacturing for Sustainable Environment: Select Proceedings of ICMDMSE 2022* (pp. 257-270). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [8] Kim, B. J., Jung, S. S., Hwang, J. H., Park, Y. H., & Lee, Y. C. (2019). Effect of eutectic Mg₂Si phase modification on the mechanical properties of Al-8Zn-6Si-4Mg-2Cu cast alloy. *Metals*, 9(1), 32.
- [9] Sekeroney, C., Nanulaita, N. J. ., Dematacco, F. ., Fikri, M. A. ., & Febriana, I. D. . (2023). Pengaruh Temperature Tempering Terhadap Kekerasan Pada Baja Karbon Sedang Hasil Pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding). *Journal Mechanical Engineering*, 1(3), 169–172. <https://doi.org/10.31959/jme.v1i3.2098>
- [10] Supriadi, H., Primartin, A., Zulhanif, Z., & Suudi, A. (2024). Pengaruh Temperatur Tempering Terhadap Energi Impact Dan Pola Patahan Pada Baja AISI 1045. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 13(1).