

ARTIKEL REVIEW: ANALISIS PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN TARIK, DAN KETAHANAN KOROSI BAJA KARBON

Bayu Fredo Wicaksono²¹, Kafabillah Muhammad², Muhammad Rafli Ainun Rizky³, SM Bondan Respati⁴

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Raya Gunungpati No.KM.15, Nongkosawit, Gunungpati, Semarang 50224.

*Email: bayufred01@gmail.com

Abstrak

Perlakuan panas (heat treatment) merupakan teknik penting dalam meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan korosi baja karbon. Review ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu, waktu tahan, dan media pendingin terhadap perubahan kekerasan, kekuatan tarik, serta ketahanan korosi berbagai jenis baja karbon, berdasarkan sembilan penelitian terdahulu. Metodologi yang digunakan mencakup proses annealing, quenching, tempering, dan kombinasi quenching-tempering dengan pengujian kekerasan (Rockwell, Vickers), uji tarik, serta pengamatan mikrostruktur. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu perlakuan panas dan penggunaan media pendingin cepat seperti air dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik akibat pembentukan fasa martensit. Namun, proses tempering dan annealing diperlukan untuk meningkatkan keuletan dan menurunkan laju korosi melalui transformasi struktur mikro menjadi ferit dan perlit. Secara keseluruhan, parameter perlakuan panas yang optimal mampu menghasilkan baja dengan keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi, sehingga sangat relevan untuk aplikasi struktural dan industri.

Kata kunci: perlakuan panas, baja karbon, kekerasan, kekuatan tarik, korosi, struktur mikro

1. PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan salah satu material logam yang paling luas penggunaannya di berbagai sektor industri seperti konstruksi, otomotif, permesinan, dan energi. Hal ini disebabkan oleh sifat mekaniknya yang baik, kemudahan dalam proses pembentukan, serta biaya produksinya yang relatif ekonomis. Meskipun demikian, performa mekanik dan ketahanan baja karbon sangat bergantung pada struktur mikro yang terbentuk selama proses manufaktur. Oleh karena itu, diperlukan upaya rekayasa melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) untuk memperoleh kombinasi sifat mekanik yang sesuai dengan kebutuhan aplikatif (Kristofol, W dan Victor, D.W., 2020).

Perlakuan panas merupakan proses pemanasan logam hingga suhu tertentu di bawah titik leburnya, kemudian diikuti dengan pendinginan secara terkendali untuk mengubah struktur mikro dan sifat mekanik material. Jenis perlakuan panas yang umum digunakan meliputi *annealing*, *normalizing*, *quenching*, dan *tempering*. Proses *annealing* berfungsi untuk melunakkan baja dan meningkatkan keuletan dengan menghilangkan tegangan sisa. Sebaliknya, *quenching* dilakukan untuk memperoleh kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi melalui pendinginan cepat dari suhu austenitasi, sehingga terbentuk fasa martensit yang keras. Karena martensit bersifat getas, tahap *tempering* diperlukan untuk menurunkan kerapuhan dan meningkatkan ketangguhan material (Ferdian, M. R., & Suhardiman., 2024).

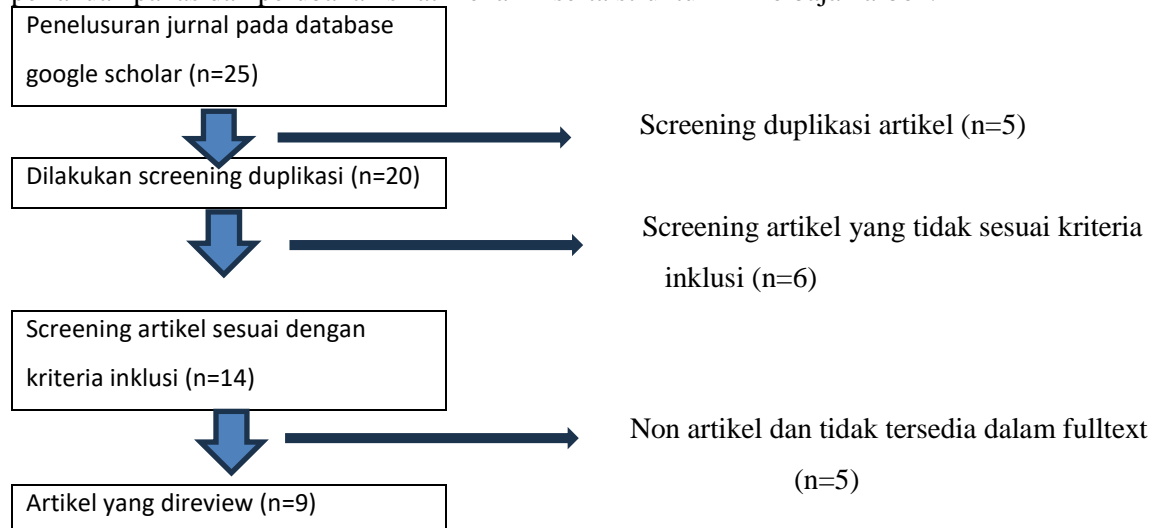
Selain berpengaruh terhadap sifat mekanik, perlakuan panas juga berdampak pada ketahanan korosi baja karbon, terutama pada lingkungan yang bersifat korosif seperti air laut. Perubahan struktur mikro akibat perlakuan panas memengaruhi distribusi fasa, ukuran butir, dan homogenitas logam yang berperan penting terhadap laju korosi. Proses *annealing* diketahui dapat menurunkan laju korosi dengan mengurangi tegangan sisa, sedangkan *tempering* menghasilkan struktur ferit dan perlit yang lebih stabil terhadap oksidasi dan serangan korosif (Wicaksono, D. S., 2016).

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi suhu, waktu tahan, dan jenis media pendingin memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan sifat mekanik dan mikrostruktur baja karbon. Ferdian M.R dan Suhardiman (2024) melaporkan bahwa peningkatan suhu *annealing* menyebabkan penurunan kekerasan baja ST48 akibat proses rekristalisasi butir. Hasil serupa juga diperoleh oleh Lanyo dkk. (2025) yang menemukan bahwa suhu 850°C memberikan kekerasan optimal pada baja AISI 1045. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Zayadi dkk. (2022) serta Setiawan, M. A. (2022) menunjukkan bahwa kombinasi proses *quenching-tempering* secara efektif meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan baja.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, studi ini bertujuan untuk mengulas secara komprehensif pengaruh berbagai parameter perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi baja karbon. Kajian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi penentuan kondisi perlakuan panas yang paling efektif dan efisien untuk meningkatkan performa baja karbon dalam berbagai aplikasi industri.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan menelusuri berbagai basis data jurnal ilmiah. Basis data yang digunakan meliputi Google Scholar dan ResearchGate. Kata kunci pencarian yang digunakan antara lain *heat treatment, annealing, quenching, tempering, mechanical properties of carbon steel*, Struktur mikro, dan korosi baja karbon. Kriteria inklusi mencakup artikel penelitian asli yang diterbitkan antara tahun 2016 hingga 2025, ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, serta membahas pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan, kekuatan tarik, struktur mikro, dan ketahanan korosi baja karbon. Kriteria eksklusi adalah artikel *review*, penelitian yang tidak mencantumkan data eksperimental lengkap, serta artikel yang tidak berfokus pada efek variasi suhu, waktu tahan, atau media pendingin terhadap sifat mekanik baja karbon. Analisis dilakukan dengan menyeleksi, membandingkan, dan mengintegrasikan hasil penelitian yang memenuhi kriteria tersebut untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh mengenai hubungan antara parameter perlakuan panas dan perubahan sifat mekanik serta struktur mikro baja karbon.



Gambar 1. Penelusuran dan Seleksi Jurnal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil perbandingan nilai kekerasan, kekuatan tarik, serta ketahanan korosi dari berbagai penelitian yang meneliti pengaruh variasi perlakuan panas pada baja karbon. Data diperoleh dari sejumlah jurnal yang mengkaji beragam jenis baja, parameter perlakuan panas (suhu, waktu tahan, media pendingin), serta metode pengujian mekanik dan mikrostruktur.

Tabel 1. Daftar Jurnal Yang Diamati

Judul	Intervensi/ perlakuan	Parameter	Hasil
Pengaruh Variasi Suhu terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon pada Proses Annealing (Ferdian M.R & Suhardiman, 2024).	Proses annealing pada baja karbon ST 48 dengan variasi suhu 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C, waktu tahanan 1 jam, pendinginan di dalam tungku.	Uji kekerasan Rockwell (HRA) Variabel: suhu annealing	Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu annealing, nilai kekerasan baja karbon semakin menurun. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada suhu 600°C sebesar 45,7 HRA, sedangkan nilai terendah pada suhu 900°C sebesar 30,41 HRA. Penurunan kekerasan sebesar 40,6% ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan pelunakan struktur butir akibat proses rekristalisasi selama perlakuan panas.
Analisis Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Perubahan Nilai Kekerasan Baja Karbon AISI 1045 (Petrus Lanyo, Gita S. Lubis & M. Ivanto, 2025).	Proses hardening (quenching cepat dalam air) pada baja karbon AISI 1045 dengan variasi suhu 800°C, 850°C, dan 900°C serta waktu penahanan 60, 90, dan 120 menit.	Uji kekerasan Vickers (HV), standar ASTM E92 Variabel: suhu & waktu tahanan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan panas meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1045 secara signifikan dari 203,8 HV menjadi maksimum 428,3 HV. Nilai tertinggi dicapai pada suhu 850°C dengan waktu tahanan 60 menit. Faktor suhu terbukti memiliki pengaruh lebih dominan terhadap peningkatan kekerasan dibandingkan waktu tahanan. Kombinasi suhu 850°C dan waktu 60 menit direkomendasikan sebagai parameter optimal untuk meningkatkan ketahanan aus dan kekuatan baja AISI 1045.
Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja S45C Pasca Quenching pada 950°C dan Tempering 500°C (Ahmad Zayadi et al., 2022)	Proses quenching dalam media oli pada suhu 950°C, kemudian tempering pada 500°C dengan waktu tahanan 30, 60, dan 90 menit, serta pendinginan di dalam tungku.	Uji Vickers microhardness, uji tarik (UTS, yield, regangan), dan pengamatan mikrostruktur	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses quenching dan tempering memengaruhi kekuatan tarik, kekerasan, serta struktur mikro baja S45C. Setelah perlakuan panas, nilai kekuatan tarik maksimum (UTS) meningkat menjadi 805,12 N/mm ² , kekuatan luluh menjadi 619,14 N/mm ² , dan regangan sebesar 15%. Semakin lama waktu tempering, nilai kekerasan menurun, namun keuletan dan ketangguhan baja meningkat. Struktur mikro berubah dari fasa ferit-perlit menjadi martemper dan ferit yang menunjukkan peningkatan ketangguhan material.
Pengaruh Proses Quenching-Tempering dalam Meningkatkan Sifat Mekanik Pipa Low Carbon Steel Grade J55 menjadi Grade P110. (Muhammad Agris S, Herodes Eka. P.T. 2022)	Proses heat treatment: austenisasi pada 910°C selama 64 menit, quenching dengan air, tempering pada 490°C selama 108 menit	Uji tarik: kekuatan luluh, kekuatan tarik	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan luluh naik dari 442.2 MPa menjadi 933.6 MPa; kekuatan tarik naik dari 663.2 MPa menjadi 1008.7 MPa. Quenching-tempering meningkatkan kekuatan material menjadi grade P110.

Judul	Intervensi/ perlakuan	Parameter	Hasil
Pengaruh Perlakuan Panas Quenching dan Tempering terhadap Laju Korosi pada Baja AISI 420. (Sotya Anggoro, 2017).	Heat treatment: quenching pada 1020°C 60 menit (media oli), tempering pada 200°C dan 300°C selama 45 menit	Laju korosi, kekerasan Vickers, analisis mikrostruktur	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Quenching meningkatkan kekerasan hingga 551 kg/mm ² ; laju korosi terendah pada quenching (0.267 mmpy); tempering suhu 300°C menurunkan kekerasan tetapi menurunkan laju korosi dibanding bahan dasar.
Analisis Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Laju Korosi Baja Karbon Menengah AISI 1045 di Air Laut. (Muhammad Ainus. S, Agus. S, Yusuf, 2021).	Heat treatment: annealing, normalizing, quenching, tempering pada 860°C, variasi pendinginan	Laju korosi elektrokimia, mikrostruktur, makrostruktur	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Laju korosi tertinggi pada bahan tanpa perlakuan (0.069 mmpy), terendah pada annealing (0.014 mmpy). Mikrostruktur pearlite meningkat korosi; perlakuan panas mengurangi tegangan sisa dan meningkatkan ketahanan korosi.
Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135 (Anggun. M, Pulung Karo dan Yayat. I.M, 2016).	Proses heat treatment pada suhu 800 °C selama 60 menit dilanjutkan dengan quenching menggunakan dua jenis media, yaitu 100% air garam dan campuran 50% air garam : 50% oli. Setelah itu dilakukan tempering pada suhu 600 °C selama 45 menit untuk mengurangi kerapuhan material.	Uji komposisi kimia (OES), Uji kekerasan (Rockwell C), Struktur mikro (optical microscope)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan awal sebesar 42,72 HRc menurun setelah perlakuan panas menjadi 34,27 HRc untuk media air garam dan 38,27 HRc untuk campuran air garam–oli. Struktur mikro awal memperlihatkan fasa ferit dan perlit, sedangkan setelah perlakuan panas terbentuk ferit, austenit sisa, serta martensit temper. Campuran air garam dan oli menghasilkan struktur yang lebih rapat dan merata dibandingkan air garam murni.
Pengaruh Heat Treatment Setelah Water Cooling pada Baja ST 60 Terhadap Sifat Mekanik (Muhammad Herlingga, 2025)	Proses heat treatment dilakukan pada suhu 950 °C dengan variasi waktu penahanan (<i>holding time</i>) 20 menit dan 50 menit. Setelah proses pemanasan, baja dicelupkan ke dalam media pendingin air untuk quenching guna membentuk struktur martensit.	Uji kekerasan (Vickers Hardness 5 kgf) pada 5 titik setiap spesimen	Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai kekerasan meningkat signifikan setelah perlakuan panas. Material awal memiliki kekerasan 309,308 HVN, meningkat menjadi 734,521 HVN pada <i>holding time</i> 20 menit dan 615,924 HVN pada 50 menit. Peningkatan kekerasan terjadi karena pembentukan martensit akibat pendinginan cepat, dan <i>holding time</i> 20 menit dinilai paling optimal karena menghasilkan austenit homogen tanpa pertumbuhan butir berlebih.
Pengaruh Proses Heat Treatment (Quenching dan Tempering) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah	Penelitian dilakukan dengan variasi suhu pemanasan 850 °C dan 900 °C serta menggunakan dua jenis media pendingin, yaitu air dan oli. Setelah quenching, spesimen dipanaskan	Uji kekerasan (Vickers 30 kg), Uji tarik 3. Analisis struktur mikro (metalografi)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi sebesar 490,08 VHN diperoleh pada suhu pemanasan 900 °C dengan media pendingin air, sedangkan nilai terendah sebesar 199,58 VHN pada 850 °C dengan media oli dan tempering. Kekuatan tarik maksimum dicapai pada 900 °C (media air) sebesar 1051,2 N/mm ² . Struktur mikro menunjukkan

Judul	Intervensi/ perlakuan	Parameter	Hasil
(Meyzan Andreansyah dkk., 2024)	kembali melalui proses tempering pada suhu 180 °C selama 20 menit untuk menurunkan tegangan sisa dan meningkatkan keuletan.		bahwa quenching air menghasilkan fasa martensit dan austenit sisa, sementara quenching oli membentuk bainit dengan sedikit martensit dan austenit sisa.

Dari sembilan jurnal yang dianalisis, diketahui bahwa variasi suhu perlakuan panas, waktu tahan, dan jenis media pendingin memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik baja karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu pemanasan dan penggunaan media pendingin dengan laju pendinginan cepat seperti air atau air garam menghasilkan peningkatan nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang cukup tinggi, yakni berkisar antara 30 HRA hingga lebih dari 490 VHN, serta kekuatan tarik mencapai di atas 1000 MPa. Hal ini disebabkan oleh pembentukan fasa martensit yang keras akibat proses pendinginan cepat. Namun demikian, proses pendinginan yang terlalu cepat dapat menimbulkan tegangan sisa yang menyebabkan penurunan keuletan dan potensi retak pada material. Untuk mengatasi hal tersebut, proses *tempering* setelah *quenching* terbukti mampu meningkatkan ketangguhan dan kestabilan struktur mikro melalui transformasi sebagian martensit menjadi ferit dan bainit yang lebih ulet. Sementara itu, proses *annealing* menghasilkan penurunan kekerasan namun meningkatkan keuletan dan ketahanan korosi karena memperhalus butir dan mengurangi tegangan sisa. Secara keseluruhan, hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa keseimbangan antara suhu perlakuan panas, waktu tahan, dan jenis media pendingin merupakan faktor kunci dalam menentukan kualitas baja karbon, di mana kombinasi parameter yang tepat dapat menghasilkan baja dengan kekuatan tinggi, struktur mikro yang homogen, dan ketahanan korosi yang baik untuk mendukung kebutuhan berbagai aplikasi industri.

4. KESIMPULAN

Parameter perlakuan panas seperti suhu pemanasan, waktu tahan, dan jenis media pendingin memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi baja karbon. Peningkatan suhu dan penggunaan media pendingin dengan laju pendinginan cepat, seperti air atau air garam, terbukti meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik akibat pembentukan fasa martensit. Namun, laju pendinginan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan keuletan serta munculnya tegangan sisa yang berpotensi menimbulkan retak. Proses *tempering* setelah *quenching* mampu memperbaiki sifat tersebut dengan meningkatkan ketangguhan dan kestabilan struktur mikro melalui transformasi sebagian martensit menjadi ferit dan bainit yang lebih ulet. Sementara itu, proses *annealing* memberikan efek pelunakan yang menurunkan kekerasan tetapi meningkatkan keuletan dan ketahanan terhadap korosi. Secara keseluruhan, kombinasi suhu austenisasi 850–900°C, pendinginan cepat, dan *tempering* pada suhu menengah direkomendasikan sebagai kondisi perlakuan panas yang optimal untuk menghasilkan baja karbon dengan keseimbangan antara kekuatan, keuletan, dan ketahanan korosi yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreansyah, M., Anjani, R. D., & Naubnome, V. (2024). Pengaruh proses heat treatment (quenching dan tempering) terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon menengah. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 7864–7872. Universitas Singaperbangsa Karawang.
- Anggun, M., Pulung, K. K., & Yayat, I. S. (2016). Pengaruh heat treatment dengan variasi media quenching air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun AISI 6135. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 4(2), 175–179. Universitas Lampung.
- Anggoro, S. (2017). Pengaruh perlakuan panas quenching dan tempering terhadap laju korosi pada baja AISI 420. *Jurnal ENGINE*, 1(2), 19-29.
- Ferdian, M. R., & Suhardiman. (2024). Pengaruh variasi suhu terhadap nilai kekerasan baja karbon

- pada proses annealing. *Jurnal Inovtek Seri Mesin*, 1(1), 1–6. Politeknik Negeri Bengkalis.
- Herlingga, M. (2025). Pengaruh heat treatment setelah water cooling pada baja ST 60 terhadap sifat mekanik. *Jurnal Sosial dan Sains*, 5(9), 7011–7018. Politeknik Bhakti Asih Purwakarta.
- Kristofo, W., Victor, W.D., 2020. Pengaruh Holding Time Dan Variasi Media Quenching Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah St 42 Pada Proses Pengkarbonan Padat Menggunakan Arang Batok Biji Pala (*Myristica Fagrans*). *Jurnal Simetrik Vol.10, No.1, Juni 2020*. Universitas Pattimura Ambon.
- Lanyo, P., Lubis, G. S., & Ivanto, M. (2025). Analisis pengaruh perlakuan panas terhadap perubahan nilai kekerasan baja karbon AISI 1045. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 6(2), 63–70. Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Setiawan, M. A., & Tambunan, H. E. P. (2022). Pengaruh proses quenching-tempering dalam meningkatkan sifat mekanik pipa low carbon steel low alloy grade J55 menjadi grade P110. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, 2(2), 75-79.
- Sholikhin, M. A., Suprihanto, A., & Umardani, Y. (2021). Analisis pengaruh perlakuan panas heat treatment terhadap laju korosi pada material baja karbon menengah AISI 1045 pada air laut. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 9(1), 163-170.
- Wicaksono, D. S., 2016. *Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Zayadi, A., Sungkono, M., Masyhudi, & Setyawan, E. T. (2022). Pengaruh waktu tempering terhadap karakter baja S45C pasca quenching pada 950°C dan tempering 500°C. *Jurnal Teknik Mesin. Fakultas Teknik dan Sains*, 34–45. Universitas Nasional Jakarta.