

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA PELAT BAJA KARBON RENDAH

Iskandarsyah Wicaksono¹, Sri Ismarwanti², Jan Setiawan²,
Ferry Budhi Susetyo¹, Syamsuir¹

¹Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta,
Rawamangun Muka Raya, Jakarta Timur 13220

²Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN
Kawasan PUSPIPTEK Serpong Gd. 65, Tangerang Selatan, Banten 15314
e-mail: iskandarsyah.w@gmail.com

(Naskah diterima: 20–12–2020, Naskah direvisi: 26–01–2021, Naskah disetujui: 26–02–2021)

ABSTRAK

PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA PELAT BAJA KARBON RENDAH. Bahan baja karbon rendah mempunyai keuletan yang tinggi dan mudah dibentuk, sehingga banyak digunakan dalam dunia industri dan konstruksi bangunan. Namun bahan ini mempunyai kekuatan mekanik dan kekerasan yang rendah sehingga mudah aus. Sifat mekanik dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas yaitu dengan pemanasan pada temperatur tertentu dan ditahan beberapa waktu, kemudian dilakukan pendinginan. Media pendingin akan berpengaruh terhadap hasil peningkatan sifat mekanik. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pengamatan terhadap karakteristik mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah setelah perlakuan panas dan pendinginan pada media pendingin yang bervariasi. Proses pemanasan dilakukan pada suhu 950 °C dengan waktu penahanan 15 menit. Kemudian sampel tersebut didinginkan dengan variasi pendingin (aquadest, minyak goreng, oli dan tungku pintu terbuka). Hasil pengamatan pada sampel pelat baja karbon rendah (0,0524%) menunjukkan bahwa sampel tanpa perlakuan panas mempunyai nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 375,75 MPa dan pendinginan pintu tungku terbuka mempunyai nilai tegangan terendah yaitu sebesar 200,53 MPa. Nilai regangan tertinggi terjadi pada pendinginan pintu terbuka sebesar 38,77% dan nilai regangan terendah yaitu sebesar 25,49% terjadi pada pendinginan minyak goreng. Pengamatan struktur mikro pada material sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas menunjukkan adanya ferrit dan perlit.

Kata kunci: Perlakuan panas, media pendingin, sifat mekanik, pelat baja karbon rendah.

ABSTRACT

EFFECT OF COOLING MEDIA ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE OF LOW CARBON STEEL PLATE. *Low carbon steel has high ductility and is easy to shape, so it is widely used in industry and construction. However, this material has low mechanical strength and hardness, so it is easy to wear. Mechanical properties can be improved by heat treatment, namely heating at a specific temperature and holding it for some time and then cooling. Cooling media will affect the level of enhancement in its mechanical properties. Therefore, in this study, observations were done on the mechanical characteristics and microstructure of low carbon steel after heat treatment and cooling on various cooling media. The heating process was carried out at a temperature of 950 °C with a holding time of 15 minutes. The sample is then cooled with a variety of coolants (aqua dest, cooking oil, oil and open-door furnace). The results of the observations on samples of low carbon steel plates (0.0524%) shows that the sample without heat treatment has the highest stress value of 375.75 MPa and the open furnace door cooling has the lowest stress value of 200.53 MPa. The highest strain value occurred in the open-door cooling of 38.77% and the lowest strain value of 25.49% occurred in the cooling with cooking oil. Observation on the material's microstructure before and after heat treatment shows ferrite and pearlite.*

Keywords: *Heat treatment, cooling media, mechanical properties, low carbon steel plate.*

PENDAHULUAN

Baja karbon rendah merupakan baja yang diproduksi dalam jumlah besar dibandingkan dengan baja lainnya [1],[2]. Baja karbon rendah digunakan mulai dari peralatan rumah, konstruksi bangunan, komponen mesin, bahkan hingga komponen untuk pembangkit listrik. Banyaknya penggunaan baja karbon disebabkan karena memiliki keuletan yang tinggi dan mudah dibentuk, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus [3]. Untuk memperluas penggunaannya, diperlukan peningkatan sifat mekanik tersebut terutama kekuatan dan kekerasannya [4]. Untuk meningkatkan sifat mekanik tersebut dapat diperbaiki melalui beberapa perlakuan, salah satunya yaitu dengan perlakuan panas [5].

Perlakuan panas merupakan sesuatu yang dilakukan untuk mengubah sifat mekanik pada baja [6]. Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, yaitu diawali dengan pemanasan sampai temperatur tertentu, lalu ditahan suhu tersebut hingga waktu tertentu, selanjutnya dilakukan pendinginan dengan laju pendinginan tertentu. Laju pendinginan itu sendiri bergantung pada media pendinginan yang digunakan (seperti udara, air, dan minyak), karena setiap media pendinginan memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda – beda [7].

Banyak penelitian perlakuan panas yang telah dilakukan, diantaranya penelitian yang telah dilakukan oleh Kristanto (2020). Dari hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa penentuan temperatur dan media pendinginan dapat berpengaruh pada sifat mekanik [8].

Begitupun dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2017) yang membahas tentang perlakuan panas pada baja karbon rendah. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi terdapat pada media pendinginan air (*quenching*) dibandingkan dengan kekerasan pada sampel tanpa perlakuan, media udara (*normalizing*), dan di dalam tungku (*annealing*) [9].

Pada penelitian yang dilakukan oleh William (2007) yang membahas tentang pengaruh normalisasi dan *quenching* terhadap sifat fisis dan mekanik pada baja karbon rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik dan kekerasan baja hasil fabrikasi lebih tinggi dibandingkan dengan baja setelah dilakukan proses perlakuan panas kembali dengan *quenching* dan normalisasi [10].

Dari penelitian–penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas

dapat merubah sifat mekanik dari material baja karbon rendah, baik itu meningkatkan maupun menurunkan. Maka dari itu, pada penelitian kali ini dilakukan eksperimen perlakuan panas pada pelat baja karbon rendah menggunakan *furnace* akibat variasi media pendinginan *aquadest*, minyak goreng, oli 10W-40, dan tungku dengan pintu terbuka.

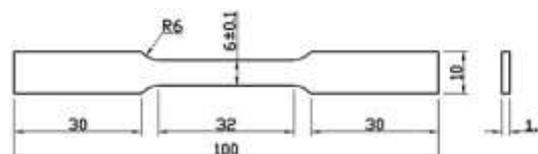
METODOLOGI

a. Alat dan bahan penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah laser *cutting*, *furnace*, tang penjepit, *spark spectrometer*, mesin uji tarik universal dengan *load cell* 5kN, mesin potong, mesin gerinda dan poles, dan mikroskop optik. Untuk bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja karbon rendah, *aquadest*, minyak goreng, oli 10W-40, kertas gerinda dengan *grade* 60, 320, 800, 1200 dan 2400. Sebagai bahan etsa digunakan Nital 2%, dan untuk bahan poles digunakan DP-suspension P 1 μ m dan 3 μ m.

b. Persiapan material

Persiapan material diawali dengan pemotongan material pelat baja karbon rendah dengan *laser cutting* di PT. Garuda. Pemotongan material ini sesuai dengan standar ASTM E8 dengan ukuran seperti Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi sampel uji tarik.

Keseluruhan sampel uji tarik yang digunakan adalah 15 sampel, dimana sampel tanpa perlakuan diambil 3 sampel dan setiap variasi media pendinginan juga diambil 3 sampel. Secara rincinya dapat dilihat pada tabel 1.

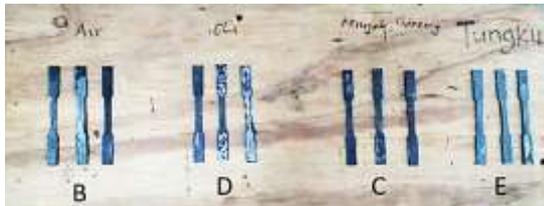
Tabel 1. Jumlah sampel uji tarik

Sampel	Media pendinginan	Kode sampel	Jumlah sampel
Tanpa perlakuan panas	-	A	3
	<i>Aquadest</i>	B	3
	Minyak goreng	C	3
Perlakuan panas	Oli 10W-40	D	3
	Tungku dengan pintu di buka	E	3
Total Sampel			15

c. Perlakuan panas

Keseluruhan sampel yang akan dilakukan perlakuan panas berjumlah 12 sampel dimasukkan ke dalam tungku pemanas (*furnance*) dan diatur suhu pemanasan hingga suhu 950 °C. Setelah sampai suhu 950 °C dilakukan penahanan pada suhu tersebut selama 15 menit.

Setelah dilakukan perlakuan panas dan ditahan selama 15 menit, selanjutnya setiap sampel dimasukkan ke dalam media pendinginan (*aquadest*, minyak goreng, oli 10W-40) yang sudah ditentukan menggunakan tang penjepit dan sisakan 3 sampel di dalam tungku dengan pintu terbuka hingga suhu kamar. Sampel yang sudah mencapai suhu kamar, dikeluarkan dari setiap media pendingin seperti Gambar 2 dan sampel siap dilakukan pengujian tarik.



Gambar 2. Sampel B, C, D, dan E setelah dilakukan perlakuan panas

d. Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia ini dilakukan menggunakan *spark spectrometer* di laboratorium B2TKS-BPPT Kawasan Puspiptek, Serpong. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada material logam.

e. Pengujian tarik

Pengujian tarik ini menggunakan alat mesin uji tarik 5 kN dan dilakukan pada sampel yang telah dipotong sesuai Gambar 1. Langkah pengujian tarik yaitu diawali dengan 1 sampel yang akan diujikan dipasang pada alat cekam (*grip*) agar sampel tersebut tidak terlepas. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik yang telah diatur parameternya melalui perangkat komputer. Pada proses pengujian tarik berlangsung, perhatikan grafik pada layar komputer dan perubahan besar beban hingga terdengar suara atau melihat sampel putus. Setelah didapatkan hasil pengujian, sampel tersebut dilepas dan dilakukan pengujian untuk sampel berikutnya hingga selesai.

f. Pengujian struktur mikro

Mikro struktur dilakukan dengan menyiapkan sampel sebelum dan setelah

dilakukan perlakuan panas lalu dilakukan pemotongan sampel menggunakan mesin potong dengan ukuran 5 mm x 10 mm dan dilakukan *mounting* dan diaman hingga mengering. Setelah itu dilakukan proses *grinding* dengan tingkat kekasaran amplas dari *grade* 60, 320, 800, 1200 sampai 2400. Ketika proses *grinding*, harus dialiri air mengalir secara langsung. Untuk menghilangkan goresan akibat proses *grinding*.

Selanjutnya dilakukan proses *polishing* dengan meneteskan *Dp-Supsension P* 3 µm pada kain poles dan dilakukan pemolesan hingga mengkilap. Sekiranya sudah mengkilap, dilanjutkan dengan meneteskan *DP-Supsension P* 1 µm dan dilakukan pemolesan kembali hingga lebih mengkilap.

Setelah dilakukan *grinding* dan *polishing*, selanjutnya dilakukan pengetsaan menggunakan *nital* 2% (98% alkohol + 2% *NaOH*) dengan waktu tertentu dan dilakukan pembersihan dengan air mengalir, setelah itu dibersihkan dengan alkohol. Letakkan sampel yang sudah dibersihkan tersebut ke mikroskop optik dan amati permukaan sampel pada pembesaran yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia ini dilakukan dengan menggunakan *spark spectrometer* di laboratorium B2TKS-BPPT Kawasan Puspiptek, Serpong. Hasil komposisi kimia ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil komposisi kimia.

Unsur	Persentase (%)
Fe	99,4
C	0,0524
Si	0,0279
Mn	0,24
P	0,0182
S	0,0048
Cr	0,0297
Mo	0,0047
Ni	0,0306
Unsur lain	Sisa

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada material tersebut menggunakan *spectrometer* didapatkan bahwa material yang di teliti merupakan baja karbon rendah dengan unsur karbon 0,0524%.

b. Pengujian tarik

Pengujian tarik ini dilakukan pada sampel tanpa perlakuan dan setelah

dilakukan perlakuan panas dengan variasi media pendinginan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan dan regangan pada material pelat baja karbon rendah dengan ukuran sampel menggunakan standar ASTM E8. Hasil patahan sampel setelah dilakukan uji tarik dapat dilihat pada Gambar 3 dan hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 3. Sampel setelah dilakukan uji tarik.

Tabel 3. Hasil pengujian tarik nilai tegangan dan regangan.

Kode sampel	Pengujian	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
A	1	375,63	37,76
	2	375,33	35,12
	3	376,28	37,92
	Rerata	375,75	36,93
B	1	368,00	28,48
	2	339,67	28,2
	3	339,41	29,76
	Rerata	349,03	28,81
C	1	321,55	36,16
	2	307,78	19,32
	3	299,27	21
	Rerata	309,53	25,49
D	1	326,61	31,16
	2	337,49	28,28
	3	314,13	22,4
	Rerata	326,08	27,28
E	1	216,42	28,64
	2	186,63	40,56
	3	198,54	37,12
	Rerata	200,53	38,77

Dari hasil pada Tabel 3 di atas, selanjutnya dibuat dengan grafik. Grafik pada Gambar 4 berikut memaparkan rerata dari hasil pengujian tarik sebelum dan setelah dilakukan perlakuan panas. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada sampel tanpa perlakuan memiliki nilai tegangan 375,75 MPa. Sedangkan setelah dilakukan perlakuan dengan media pendinginan *aquadest*, minyak goreng, oli 10W-40, dan tungku dengan pintu terbuka memiliki nilai tegangan 349,03 MPa, 309,53 MPa, 326,08 MPa, 200,53 MPa.



Gambar 4. Grafik tegangan-regangan sebelum dan setelah dilakukan perlakuan panas.

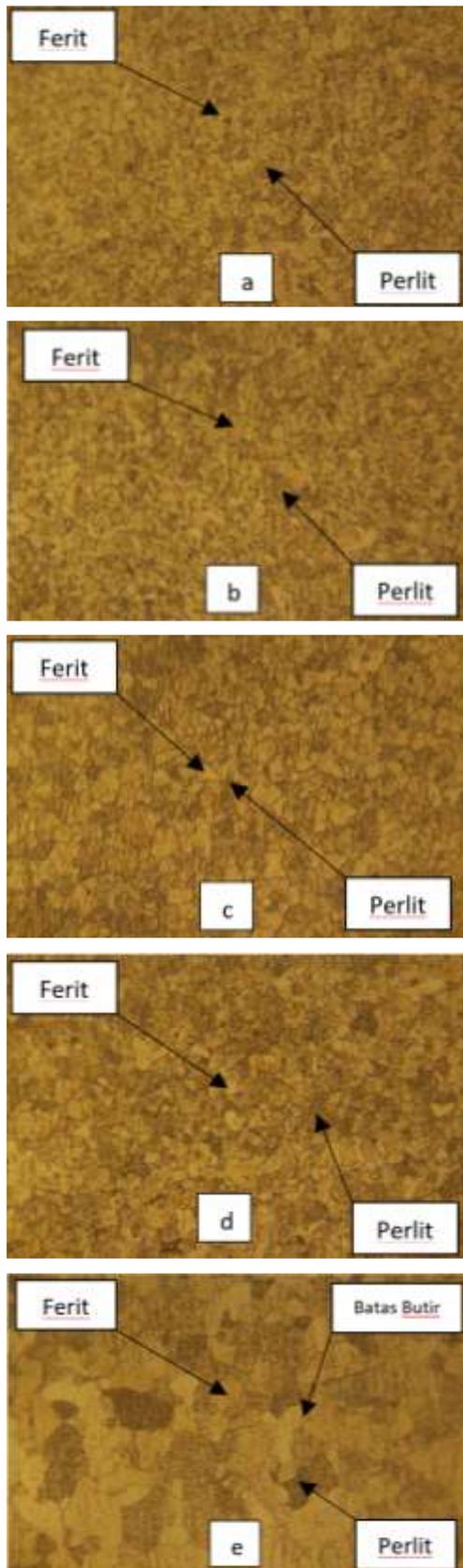
Untuk nilai regangan didapatkan pada sampel tanpa perlakuan memiliki nilai 36,93%. Sedangkan setelah dilakukan perlakuan panas pada media *aquadest*, minyak goreng, oli 10W-40, dan tungku dengan pintu terbuka memiliki nilai tegangan 28,81%, 25,49%, 27,28%, dan 38,77%. Dari hasil tegangan dan regangan tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap media pendinginan akan menghasilkan sifat mekanik yang berbeda-beda. Ini disebabkan karena setiap laju pendinginan yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda – beda [7].

Pada hasil pengujian tarik didapatkan bahwa material tanpa perlakuan memiliki nilai tegangan dan regangan yang baik. Ini disebabkan karena material yang digunakan berbentuk pelat tipis. Pada pembentukan pelat tipis, material telah dilakukan proses deformasi atau pembentukan dengan cara pengerolan.

Semua material logam yang akan mengalami proses deformasi harus memiliki kekuatan dan keuletan yang tinggi, sehingga tidak mengalami pecah atau retak saat proses dilakukannya pengerolan [2]. Dan pada penelitian yang dilakukan oleh William (2007) juga menyimpulkan bahwa baja hasil fabrikasi sudah terlebih dahulu mendapatkan perlakuan dingin atau pengerolan saat pembentukan, sehingga permukaannya menjadi lebih kuat dan keras dibandingkan dengan baja yang dilakukan proses perlakuan panas kembali dengan *quenching* dan normalisasi.

c. Pengujian struktur mikro

Pengujian struktur mikro ini dilakukan pengamatan dengan mikroskop optik untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada sampel sebelum dan setelah perlakuan panas dengan pembesaran 256x. Hasil struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur mikro (a) sampel A, (b) sampel B, (c) sampel C, (d) sampel D, (e) sampel E.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa struktur mikro sampel A (tanpa perlakuan) berupa ferit – perlit dan setelah pada sampel B (*aquadest*), C (minyak goreng), D (minyak goreng), dan E (tungku dengan pintu terbuka) juga hanya terdapat ferit – perlit. Ini disebabkan karena baja karbon rendah sukar membentuk martensit.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada material pelat baja karbon rendah ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil uji komposisi kimia dari material tanpa perlakuan panas mempunyai unsur karbon (C) sebesar 0,0524% dan unsur besi (Fe) sebesar 99,4%, sehingga material yang digunakan pada penelitian ini termasuk baja karbon rendah.
- Hasil pengujian tarik material pelat baja karbon rendah tanpa perlakuan panas memiliki nilai rerata tegangan sebesar 375,75 MPa, sedangkan sesudah dilakukan perlakuan panas pada media *aquadest* sebesar 349,03 MPa, minyak goreng sebesar 309,53 MPa, oli 10W-40 sebesar 326,08 MPa, dan didalam tungku dengan pintu terbuka sebesar 200,53 MPa.
- Hasil pengujian tarik material pelat baja karbon rendah tanpa perlakuan panas memiliki nilai rerata regangan sebesar 36,93%, sedangkan sesudah dilakukan perlakuan panas pada media *aquadest* sebesar 28,81%, minyak goreng sebesar 25,49%, oli 10W-40 sebesar 27,28%, dan didalam tungku dengan pintu terbuka sebesar 38,77%.

Hasil pengamatan struktur mikro pelat baja karbon rendah tanpa perlakuan panas berupa ferit – perlit, hal ini juga terjadi pada sampel setelah mengalami perlakuan panas, yang membedakan hanya besar butir yang terbentuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan sebesar-besarnya atas dukungan Kepala Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir terhadap penelitian kami sehingga dapat terlaksana dan selesai tepat pada waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. G. Adinata dan S. T. Supriyono, "Sifat fisis dan mekanik baja karbon rendah dengan perlakuan carburizing arang kayu jati," Disertasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.

- [2] B. T. Sofyan, Pengantar material teknik, *Jakarta Salemba Tek.*, 2010.
- [3] M. Iqbal, "Pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis pada proses pengkarbonan padat baja karbon rendah," *SMARTek*, vol. 6, no. 2, 2008.
- [4] J. T. Wardoyo, "Metode peningkatan tegangan tarik dan kekerasan pada baja karbon rendah melalui baja fasa ganda," *Teknoin*, vol. 10, no. 3, 2005.
- [5] A. Taryana, "Analisis sifat mekanik baja SKD 61 dengan baja ST41 dilakukan hardening dengan variasi temperatur," *Bina Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 189–199, 2017.
- [6] A. Alwarits, D. Daswarman, and M. Nasir, "Pengaruh media pendingin pada proses hardening terhadap peningkatan kekerasan baja karbon sedang," *Automot. Eng. Educ. Journals*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [7] R. Fakhruddin, "Pengaruh variasi temperatur hardening terhadap kekerasan baja S45C dengan media pendingin air," *Jurnal Teknik Mesin* vol. 3, no. 1, 2014.
- [8] A. Kristanto, "Analisa pengaruh variasi media pendingin dan temperatur pada perlakuan panas baja ST-41 terhadap sifat mekanik," Disertasi., Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2020.
- [9] N. H. Sari, "Perlakuan panas pada baja karbon: efek media pendinginan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro," *J. Tek. Mesin Mercu Buana*, vol. 6, no. 4, pp. 263–267, 2017.
- [10] S. Nikulin, A. Rozhnov, S. Rogachev, T. Nechaykina, V. Anikeenko and V. Turilina, "Improvement of mechanical properties of large-scale low-carbon steel cast products using spray quenching", *Materials Letters*, vol. 185, pp. 499-502, 2016.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN