

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK RODA KERETA API HASIL PENGECORAN LOGAM

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON MICRO STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF METAL CASTING RAILWHEELS

Aufa Imannisya Noor¹, Syoni Soepriyanto², Achmad S, Tayibnapis³ dan Husein taufiq³

Program studi teknik metalurgi , fakultas teknik dan desain institut teknologi sains bandung¹
email : Aufaimannisyaanoor@gmail.com

Abstrak

Roda kereta api telah dibuat dengan metode teknik pengecoran logam (sand Casting) . Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kekerasan roda kereta api agar mencapai nilai kekerasan sesuai standar dengan metode perlakuan panas. roda kereta api diberikan perlakuan panas Normalizing, Hardening dan Tempering dan didinginkan dengan media Nippon grease 1070 . roda kereta api hasil pengerasan diberikan perlakuan panas temper untuk meningkatkan keuletan dan ketangguhan dengan menurunkan kekerasan. Perlakuan panas temper variasi temperatur dilakukan pada temperatur 450°C, 500°C dan 550°C dengan waktu tahan selama 60 Menit, dilanjutkan dengan perlakuan temper variasi waktu dengan pada tempering 450°C dengan waktu tahan 45 menit, 60, menit, dan 75 menit. uji keras dan pengamatan struktur mikro dilakukan terhadap spesimen roda kereta api hasil pengecoran dan roda kereta api impor sebagai pembandingan. Hasil uji kekerasan rata-rata pada spesimen hasil Normalizing sebesar 212 HB -, hasil hardening 486 HB dan hasil kekerasan maksimal tempering variasi temperatur sebesar 245 HB pada temperatur 450°C dan dilanjutkan pada tahap tempering variasi waktu menghasilkan kekerasan rata-rata maksimal dengan 335 HB pada temperatur 450°C dengan waktu tahan 45 menit. Struktur mikro menunjukkan peningkatan fasa Martensit dengan meningkatkannya temperatur temper dan waktu tahan. pada percobaan pengaruh temperatur terhadap kekerasan sangat berpengaruh semakin tinggi temperatur kekerasan yang didapat semakin rendah, pada proses tempering variasi waktu disimpulkan bahwa variasi waktu sangat berpengaruh terhadap hasil kekerasan semakin lama waktu tahan maka semakin rendah kekerasan

Kata kunci : kekerasan, perlakuan panas temper, roda kereta api

Abstract

The wheels of the train have been made by sand casting technique. This research was conducted to increase the hardness of train wheels in order to achieve a standardized hardness value with heat treatment methods. Train wheels are given normalizing, hardening and tempering heat treatment and quenching with Nippon grease 1070 media. hardened train wheels are given temper heat treatment to increase tenacity and toughness by lowering

hardness. Temperature variation temper heat treatment is performed at 450°C, 500°C and 550°C with a hold time of 60 minutes, followed by temper treatment of time variation with tempering at 450°C tempering with a lasting time of 45 minutes, 60 minutes, and 75 minutes. Hard tests and microstructure observations are carried out against specimens of railway wheels cast and imported railway wheels as comparisons. The average hardness test results in normalizing results of 212 HB –, hardening result 486 HB – and maximum tempering hardness result temperature variation of 245 HB at temperature 450°C and continued at tempering stage time variation resulting in maximum average hardness with 335 HB at temperature 450°C with a lasting time of 45 minutes. The microstructure shows an increase in the Martensite phase by increasing temper temperature and durability time. In the experiment the effect of temperature on violence is very influential the higher the temperature of violence that is adapted the lower, in the process of tempering the variation of time concluded that the variation of time is very influential to the result of violence the longer the time lasts then the lower the violence

Keywords : hardness, temper heat treatment, train wheels

I. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakter dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya untuk mengangkut baik orang maupun barang secara massal, menghemat energi, menghemat penggunaan ruang, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, memiliki tingkat pencemaran yang rendah serta lebih efisien dibandingkan dengan moda transportasi jalan untuk angkutan jarak jauh dan untuk daerah yang padat lalu lintasnya seperti angkutan perkotaan. (URI nomor 23 tahun 2007)

Roda ini pemakaiannya cukup besar di Indonesia, tetapi masih impor. Karena tidak mudah produksi roda kereta api," kata Fajar di Kementerian BUMN, Menurutnya, pasar untuk produk roda kereta akan semakin meningkat seiring dengan gencarnya pembangunan infrastruktur di Tanah Air. Kebutuhan roda kereta diperkirakan mencapai 20.000 unit, yakni untuk kebutuhan kereta rel listrik (KRL), light rail transit atau Lintas Raya Terpadu (LRT), dan Mass Rapid Transit atau Moda Raya Terpadu (MRT). (Fariha Sulmihati.2020).

Untuk mendukung perkeretaapian Indonesia, maka diperlukan dukungan penyediaan komponen yang sangat mendukung, salah satunya roda kereta api. Roda kereta api impor telah dibuat dengan metode pengecoran namun kekerasan permukaan belum memenuhi standar.

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kekerasan roda kereta api agar mencapai nilai kekerasan sesuai standar dengan metode perlakuan panas hasil produk pengecoran. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan roda kereta api yang diberikan perlakuan panas dengan variasi perlakuan panas temper dan waktu tahan yang optimal. Pada penelitian ini kekerasan pada roda kereta

harus memenuhi standard JIS E 5402-1, SNI 11-1080, dan AAR M107. yang membahas mekanisme pembuatan kereta api.

II. METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan:

2.1 Alat

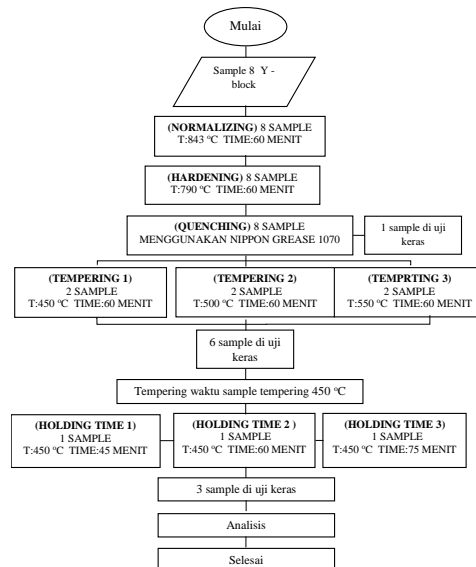
Pada penelitian ini menggunakan alat-alat yang sederhana seperti gerinda, penjepit, sepidol, furnace, kain poles, mesin poles, mikroskop optik

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sample Y-blok yang dibuat untuk penelitian roda kereta api, etsa nital 2%, ampelas dengan grad 08 hingga 2000

2.3 Prosedur kerja

Berikut prosedur percobaan yang dilakukan:



Gambar 1. Alur penelitian

Pada prosedur percobaan dilakukan Normalizing pada temperatur 843°C dengan waktu tahan 60 menit bertujuan menghilangkan tegangan sisa, dilanjutkan pada tahap Hardening 790 °C di quenching dengan menggunakan Nippon grease, dilanjutkan pada tahap 1 yaitu tahap variasi temperatur tempering dengan temperatur 450 °C, 500 °C dan, 550 °C dilihat hasil kekerasan yang paling maksimal lalu di ambil temperturnya untuk dilanjutkan

pada tahap 2 yaitu variasi waktu tempering dengan waktu 45 menit, 60 menit, dan 75 menit. lalu masuk ketahapan penganatan mikro struktur untuk seluruh sample.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi sample

Unsur	C(%)	S(%)	Mn(%)	P(%)	Si(%)
Standar JIS E 5402	0,55-0,65	Mak 0,05	0,50-0,90	Mak0,05	0,15-0,35
SNI-1080	0,60-0,75	Mak 0,05	0,50-0,90	Mak 0,05	0,50-0,35
AAR M107-M208	0,57-0,67	0,15-1,00	Mak0,30	0,005-0,040	0,60-0,90
Percobaan	0,68	0,013	1,02	0,035	0,805

Sumber: Muhamad kozin.2001

Tabel 1 Komposisi Standar dan percobaan

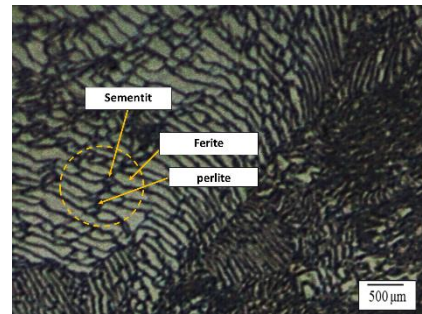
Kandungan karbon (C) pada roda kereta api pada penelitian ini sebesar 0,68% bahwa komposisi yang dimiliki sudah mencapai standar yang ada. namun dengan komposisi paduan yang lain seperti Mn dan Si yang dimiliki pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan standar acuan. tetapi Baja dengan Mn tinggi memberikan sifat tahan aus yang baik (Lu et al. 2015). Sedangkan dengan bertambahnya Si dalam jumlah sedikit dapat meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan (*hardenability*) dan dalam jumlah banyak akan menurunkan keuletan.

3.4 hasil kekerasan

kekerasan (HRC)	sample		rata-rata (HB)
	1	2	
Pengecoran	15		199
Normalizing	17	18	212
Hardening	50	51	486

Tabel 2 kekerasan Pengecoran, Normalizing dan Hardening.

Normalizing yang dilakukan telah meningkatkan kekerasan material dari 199 HB menjadi 212 HB.



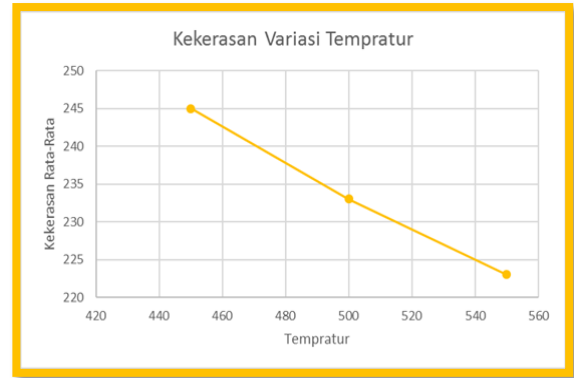
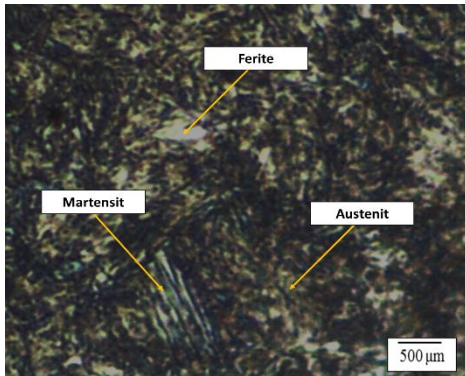
Gambar 2 Mikrostruktur pengecoran

Proses normalizing yang dilakukan menyebabkan berkurang/hilangnya tegangan sisa dan juga membuat struktur menjadi lebih homogen. Di samping itu proses normalizing juga menghasilkan ukuran butiran yang lebih halus sehingga kekerasan dan kekuatan material juga semakin meningkat. Dapat dilihat pada hasil mikro struktur.

dari hardening adalah 486 HB. Proses hardening yang dilakukan telah meningkatkan kekerasan material dari 212 HB menjadi 486 HB. Peningkatan kekerasan yang tinggi ini disebabkan karena terbentuknya martensit setelah proses hardening. Terbentuknya martensit ini ditandai dengan tingginya kekerasan yang dihasilkan, dimana kekerasan tersebut masuk dalam range kekerasan martensit. Martensit tersebut terbentuk karena pemanasan yang diberikan pada proses hardening hal ini sudah berada di atas temperatur transformasi A1 sehingga terjadi transformasi dari struktur awal material yaitu perlit menjadi austenit. Pendinginan yang dengan menggunakan Nippon Grease 1070 yang memiliki sifat pendinginan yang stabil dan cepat. Jenis martensit yang dihasilkan sangat tergantung pada jumlah kandungan karbon dalam baja. Bila kandungan karbon rendah maka yang terbentuk adalah martensit dan apabila kandungan karbon dalam baja tinggi akan terbentuk *plate* martensit. Sedangkan bila kandungan karbonnya sedang akan terbentuk campuran dari keduanya.

Pada penelitian ini, kandungan karbon pada material yang digunakan adalah < 0.60 % sehingga masuk pada baja karbon sedang. Karena masuk pada baja karbon sedang, maka martensit yang dihasilkan adalah terbentuk *plate* martensit.

Gambar 3 Mikrostruktur Hardening



Geafik 1 kekerasan tahap 1 variasi temperatur

Pada grafik terlihat bahwa Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur *tempering*, maka akan semakin banyak atom karbon yang keluar dari struktur martensit menjadi martensit temper sehingga kekerasannya akan semakin turun semakin tinggi temperatur

Parameter proses tempering			Kekerasan Rata-Rata (HRC)
Temperatur	Holding Time	Media pendinginan	
450°C	45 menit	Nippon grease 1070	245
	60 menit		233
	75 menit		223

Tab3 hasil kekerasan tahap 1 variasi temperatur

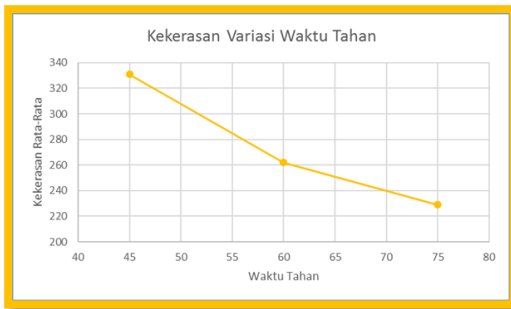
tempering 450 °C, kekerasan akhir rata-rata yang dihasilkan adalah 245 HB . Ketika temperatur tempering dinaikkan menjadi 500 °C kekerasan akhir yang dihasilkan adalah 233 HB dan ketika temperatur tempering dinaikkan lagi menjadi 550 °C kekerasan akhir yang dihasilkan adalah 223 HB . Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan waktu tempering yang sama, perbedaan temperatur tempering akan menghasilkan tingkat kekerasan akhir yang berbeda. Semakin tinggi temperatur tempering maka kekerasan akhir yang didapat akan semakin rendah.

terlihat bahwa pada tempering variasi waktu yang menggunakan temperatur 450 °C, kekerasan akhir rata-rata yang dihasilkan adalah 335 HB pada waktu 45 menit. Ketika waktu dinaikkan menjadi 60 menit kekerasan yang dihasilkan sebesar 262 kekerasan akhir yang dihasilkan adalah 27,3 HB dan ketika waktu dinaikkan sebesar 75 menit kekerasan menjadi 550 °C kekerasan akhir yang dihasilkan adalah 229 HB

Parameter proses tempering			Kekerasan Rata-Rata (HRC)
Temperatur	Holding Time	Media pendinginan	
450°C	60 Menit	Nippon grease 1070	335
500°C			262
550°C			229

Tab4 hasil kekerasan tahap 1 variasi waktu tahan

dikarenakan semakin lamanya waktu tahan pada proses tempering kekerasan semakin menurun. Dapat dilihat pada struktur mikro hasil tempering waktu. Bahwa kita dapat simpulkan bahwa pada tahap 1 variasi temperatur kekerasan yang maksimal 245 HB namun belum

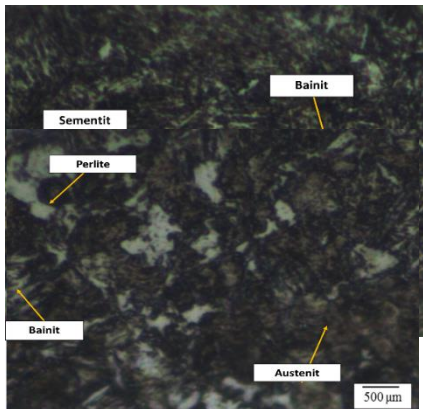


Geafik 2 kekerasan tahap 1 variasi waktu tahan

memenuhi standard dan dilanjut ngengan variasi waktu kekerasan maksimal terletak pada sample 45 menit tempratur 450 °C dengan kekerasan 335 HB lalu kita lihat hasil mikrostruktur yang di hasilkan pada tahap yang sudah memenuhi standard.

3.5 Struktur Mikro

3.5.1 Tempering tahap 1 variasi tempratur

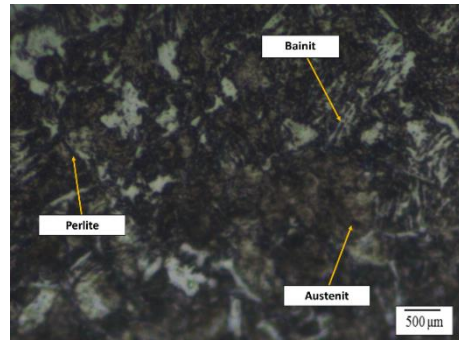


Gambar 4 Struktur mikro spesimen hasil proses tempering 450 °C

Gambar 5 Struktur mikro spesimen hasil proses tempering 500 °C

Gambar 6 Struktur mikro spesimen hasil proses tempering 550 °C

terlihat bahwa proses tempering yang dilakukan pada tempratur 450 °C akan merubah martensit hasil proses hardening menjadi martensit temper yang terdiri dari partikel-partikel sementit dalam

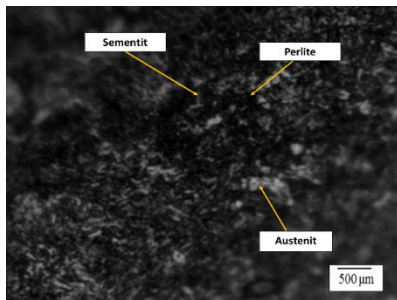


ferit. Pada tempratur ini, atom karbon dari martensit akan keluar membentuk partikel sementit. Keluarnya karbon ini disebabkan karena martensit yang dihasilkan dari proses hardening. Keluarnya karbon dari martensit menyebabkan ketegangan martensit menjadi berkurang dan hal inilah yang menyebabkan kekerasannya semakin berkurang.

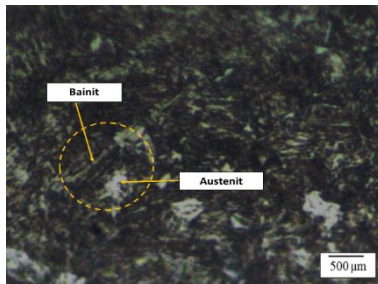
Gambar 4.7 yang menunjukkan bahwa partikel sementit hasil tempering pada tempratur 500 °C lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sementit yang dihasilkan pada tempratur tempering 450 °C. Demikian juga ketika tempratur tempering dinaikkan menjadi 550 °C, partikel sementit tumbuh menjadi lebih besar lagi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Oleh karena itu untuk mendapatkan kekerasan akhir yang seperti yang diinginkan harus dicari tempratur dan waktu penahanan yang tepat. Pada penelitian ini, tempering dengan tempratur 450 °C dan waktu penahanan selama 60 Menit menghasilkan kekerasan akhir sesuai dengan standar kekerasan roda kereta api yaitu antara 331-341 HB . Oleh karena itu dalam proses pengerasan akan dipilih tempratur *tempering* 450 °C dan waktu penahanan selama 60 menit untuk di lanjutkan ke tahap tempering waktu.

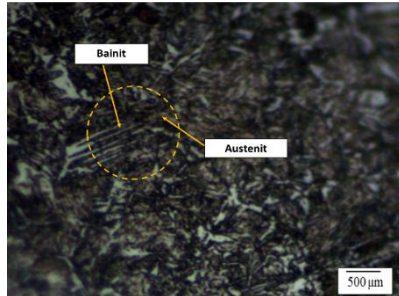
3.5.2 Tempering tahap 2 variasi waktu



Gambar 7 Struktur mikro spesimen hasil proses tempering waktu 45 Menit



Gambar 8 Struktur mikro spesimen hasil proses tempering waktu 60Menit



Gambar 9 Struktur mikro spesimen hasil proses tempering waktu 75 Menit

dilakukan pada Roda kereta api dengan variasi waktu penahanan selama 45 menit, 60 menit, dan 75 menit dapat dilihat bahwa nilai kekerasan yang paling tinggi jatuh pada waktu penahanan selama 45 menit dengan kekerasan rata-rata 36,5 HB . Selanjutnya di ikuti waktu penahanan sebesar 60 menit kekerasan rata-rata sebesar 27,3 HB lalu yang ketiga waktu penahanan selama 75 menit kekerasan rata-rata 21,6. Hal ini dapat di kaitkan dengan hasil metalografi yang menunjukkan

kekerasan yang terbaik dimiliki oleh roda kereta api dengan tempering waktu 45 menit pada temperatur 450 °C yang, media pendingin Nippon Grease 1070. Dari hasil uji metalografi dan uji kekerasan di dapatkan data yang sesuai dengan teori yang ada semakin lama waktu penahanan kekerasan akan semakin turun. Dan juga semakin memperkuat bahwa waktu penahanan (*holding time*)

IV. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Logam dan Mesin Kementerian Perindustrian yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Proses perlakuan panas tahap 1 pada tempatur 450 °C dengan waktu penahanan 60 menit menunjukkan kekerasan rata-rata 24,3 HRC . di lanjutkan ketahap 2 pada waktu tahan 45 menit dengan kekerasan rata-rata 36,5 HRC hasil kekerasan pada tahap 2 ini sesuai standar sebesar 34-37 HRC
2. Pada tahap 1 semakin tinggi tempratur yang diberikan maka kekerasan yang didapat semakin rendah .pada tahap 2 variasi waktu sangat berpengaruh terhadap hasil kekerasan yang dihasilkan ,dimana semakin lama waktu tahan, kekerasan semakin rendah.
3. Struktur mikro yang terjadi pada roda kereta api terlihat bahwa terbentuknya struktur Sementit dan perlit.dengan ukuran butiran yang sangat halus. hal ini dikarenakan kenaikan kekerasan yang terjadi pada roda kereta api hasil tahap 2 . menyebabkan terbentuknya senyawa karbida yang menghasilkan kekerasan dan ketangguhan yang semakin meningkat.

5.2 Saran

- 1 Perlu dilakukan percobaan perlakuan panas tersebut pada roda kereta api ukuran sebenarnya untuk mendapatkan parameter proses perlakuan panas yang paling tepat.
- 2 Perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang dipersyaratkan ,tetapi dengan proses yang lebih singkat.
- 3 Perlu dilakukan pengujian SEM agar lebih jelas fasa yang terbentuknya

Quench Yang Berbeda.” Majalah Sains Dan Teknologi Dirgantara, vol. 5, no. 2, 2010, pp. 66–73.

Vande Berg, B. J. .. “*Klasifikasi Baja.*” *Journal of Biological Chemistry*, vol. 276, no. 5, 2001, pp. 3408–16.

R.Widodo.” Perlakuan Panas pada Proses Pengecoran Logam”HPLI

VI. DAFTAR PUSTAKA

Arai, Tohru, et al. ASM Metal Handbook Vol 4. 1998.

Doloksaribu, Martin, et al. *pengaruh temperatur dan waktu tahan proses perlakuan panas temper terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan rim roda kereta api prototipe hasil pengerasan induksi effect of tempering temperature and holding time on microstructure and surface hardnes.* No. 1, 2018.

Fadhilah, Irfan. Analisis Struktur Mikro (Metalografi).

Kozin, Muhammad. Pengaruh Proses..., Muhammad Kozin, FMIPA UI, 2012. 2012.

Kumayasari, Magdalena Feby, and Arif Indro Sultoni. “Studi Uji Kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers.” *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, vol. 2, no. 2, 2017, doi:10.36048/jtpii.v2i2.789.

Nugroho, Adhityo Sarwo, et al. *Pengaruh Proses Normalizing Terhadap Nilai Kekerasan Dan.* No. 3, 2014, pp. 249–57.

Rudnev, Valery, et al. “*Handbook of Induction Heating.*” Marcel Dekker, New York, 2003, p. 796.

Sumaraw, Elvis A. “*Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja crmov Dengan Media*

Kipas.” *Jurnal Riset Industri* 10 (2).
Bandung, Indonesia: Kementerian
Perindustrian: 83–91.
[http://ejournal.kemenperin.go.id/jri/article
/view/2720/2093](http://ejournal.kemenperin.go.id/jri/article/view/2720/2093).
PTKAI. 2009. *Spesifikasi Teknik Roda
Solid Kereta Dan Gerbong Golongan
CC*. Indonesia: PT Kereta Api
(Persero).