

STUDI VARIASI SUHU TAHAN PADA SAAT PROSES LAKU PANAS BAJA PADUAN BERFASA GANDA NI-LATERIT

THE STUDY OF HOLDING TEMPERATURE VARIATION DURING HEAT TREATMENT OF DUALPHASE NI-LATERITE ALLOY STEEL

Satrio Herbirowo¹, Saefudin², Bintang Adjiantoro¹

¹Pusat Penelitian Metalurgi dan Material - LIPI
¹*satrio.herbirowo@lipi.go.id, ²saef1959@gmail.com

Diterima: 25 April 2018 Direvisi: 21 Mei 2018 Disetujui: 18 Juni 2018

ABSTRAK

Penelitian ini ditujukan untuk mempelajari pengaruh variasi suhu tahan pada baja Ni-laterit yang dipanaskan pada temperatur 800°C dengan waktu tahan 1 jam dan media pendinginan berupa air. Setelah pemanasan dan pendinginan tersebut, spesimen kembali dipanaskan dengan temperatur penahanan bervariasi 300, 500, 700°C secara simultan. Pada spesimen dengan pemanasan pertama, didapatkan nilai kekerasan 60,98 HRC dan fasa yang terbentuk adalah 82,04% martensit dan 18,51% ferit. Pada pemanasan 300°C didapatkan nilai kekerasan 21,36 HRC dan fasa yang terbentuk adalah 66,11% perlit dan 33,89% ferit halus. Perlit kasar membentuk struktur dendritik, didapatkan karena solidifikasi dan transformasi fasa. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM dan EDS menunjukkan struktur batas butir yang jelas beserta bentuk fasa martensit dan elemen paduan Ni/Fe tersebar merata pada sampel.

Kata Kunci: perlakuan panas, *tempering*, martensit, morfologi

ABSTRACT

This research was aimed to study the effect of variations in the holding temperature on Ni-laterite steel at 800°C and the holding time of one hour with cooling treatment variation on water quench media. After holding temperature of 800°C, three specimens were reheated at 300, 500, and 700°C simultaneously. After the first heating at 800°C, the specimen had a hardness of 60.98 HRC, and composed of 82.04% martensite phase fraction and 18.51% ferrite phase fraction. After the second heating at 300°C, the specimen had a hardness of 21.36 HRC, and composed of 66.11% pearlite and 33.89% fine-grain ferrite. Large grain pearlite changed to dendritic due to solidification and phase transformation. Morphological characterization using Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray resulted in clear grain boundary as well as martensite phase shape. Ni/Fe alloyed element dispersed in all sample sections.

Keywords: heat treatment, *tempering*, martensite, morphology

PENDAHULUAN

Penelitian baja fasa ganda sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti untuk melihat pengaruh variasi perlakuan panas fasa ganda terhadap sifat mekaniknya menggunakan produk baja komersial yang sudah terstandar [1,2,3]. Banyak permintaan industri otomotif dalam optimalisasi material baja terobosan baru yang memiliki kekuatan tinggi dan mampu bentuk yang baik, maka penelitian sebelumnya baja karbon rendah perlakuan fasa ganda

menunjukkan bahwa mampu meningkatkan kekuatan dan keuletan baja dari terbentuknya struktur mikro fasa martensit dan ferit. Adapun baja tulangan untuk konstruksi, dengan perlakuan panas fasa ganda dapat meningkatkan kekuatan tarik optimum dengan suhu 770-800°C [4,5] tetapi pada penelitian Nugroho et.al. terdapat permasalahan menurunnya sifat kekuatan tarik setelah dipanaskan pada area fasa ganda, maka perlu dilakukan analisis lebih lanjut dalam optimalisasi sifat mekaniknya [6]. Pada Baja AISI yang dilakukan pemanasan temper setelah

mencapai fasa ganda sedikit menurunkan kekerasan dan elongasi serta mampu dibentuk tanpa panas maupun canai panas untuk keperluan aplikasi di industri tanpa mengalami cacat yang signifikan dan mampu menghasilkan fasa bainit yang cenderung memiliki ketangguhan yang baik [7].

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI memiliki tantangan dalam pengembangan baja berbasah baku lokal dari bijih nikel laterit yang telah dikonversi menjadi baja laterit dengan adanya paduan nikel untuk meningkatkan sifat mekanik yang lebih efisien tanpa perlu penambahan bahan paduan murni kembali. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan variasi suhu penahanan 300, 500, dan 700°C dengan hipotesis sifat mekanik optimal dari jenis fasa dan ukuran butir yang homogen dengan metode pendinginan cepat media air, untuk mempelajari pengaruh terhadap sifat keras, volume fraksi fasa dan morfologi struktur mikronya.

BAHAN DAN METODE

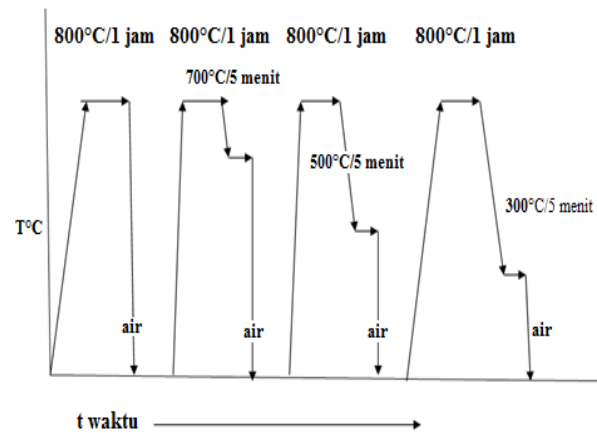
Pada penelitian ini telah dilakukan percobaan pengaruh variasi suhu penahanan pada media air dengan pemanasan pada daerah fasa $\alpha + \gamma$ dari bahan baja laterit. Langkah awal pemeriksaan bahan awal yaitu komposisi kimia dan hasil uji komposisi kimia disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Unsur Hasil Pengujian *Spark OES* pada Bahan Awal Baja Laterit

No	Unsur	Komposisi (%)
1	C	0,27
2	Si	0,23
3	S	0,07
4	P	0,06
5	Mn	0,05
6	Ni	2,76
7	Cr	0,67
8	Mo	0,004
9	V	0,0097
10	Cu	0,036
11	W	0,003
12	TI	0,0028
13	Sn	0,0282
14	Al	0,117
15	Pb	0,0007
16	Nb	0,0016
17	Zr	0,0004
18	Zn	0,0008
19	Fe	99,97

Pada Tabel 1 dapat dianalisis bahwa sampel baja laterit awal memiliki komposisi unsur karbon medium dan memiliki paduan nikel cukup tinggi sebesar 2,76% massa serta paduan lain yang rendah. Dengan kehadiran karbon dapat dilakukan perlakuan panas dengan mudah untuk mendifusikan unsur karbon dalam baja.

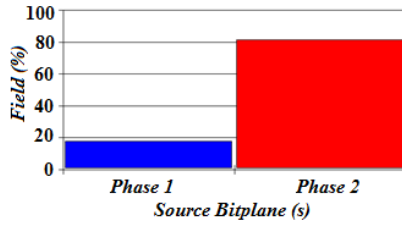
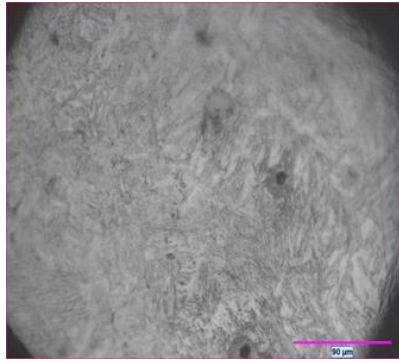
Sampel pertama dipanaskan di daerah fasa $\alpha + \gamma$ mengacu pada diagram fasa Fe_3C yaitu pada suhu 800°C kemudian ditahan selama 1 jam, dilanjutkan dengan *quenching* pada media air seperti pada Gambar 1. Proses sampel ke II; III; IV dilanjutkan dengan variasi waktu dan suhu penahanan pada 700, 500, dan 300°C selama 5 menit dan kemudian *quench* dengan media air. Karakterisasi sifat mekanik dilakukan dengan pengujian kekerasan, dan analisis morfologi struktur mikro dengan pengujian metalografi serta *Scanning Electron Microscopy and Energi Dispersive X-Ray* (SEM-EDX).



Gambar 1. Diagram Metodologi Proses Variasi Perlakuan Panas Suhu Tahan terhadap Waktu

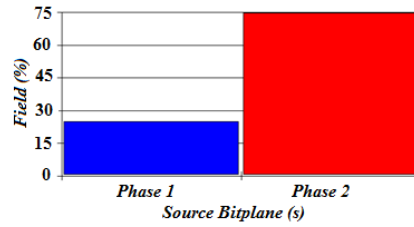
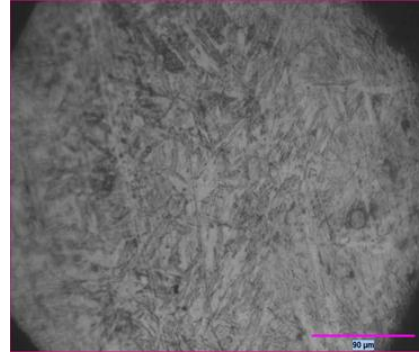
HASIL DAN PEMBAHASAN

Terhadap struktur mikro hasil variasi perlakuan panas dari empat sampel (I, II, III, IV) telah dilakukan preparasi *cutting*, *grinding*, dan *polishing* serta etsa nital 2% dalam menentukan perbedaan fasa yang terbentuk, yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2(a) terlihat jelas terbentuk fasa martensit dengan bentuk garis tajam dan tegas dengan fraksi volum martensit sebesar 82,04% dan fraksi volum ferit 18,53% akibat pendinginan cepat dari suhu dua fasa hingga suhu ruang yang menaikkan laju fraksi volum pembentukan martensit [8].



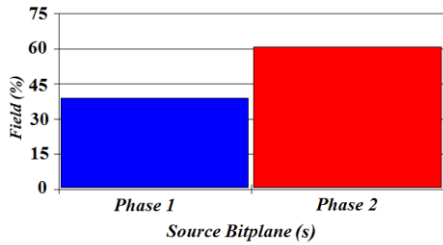
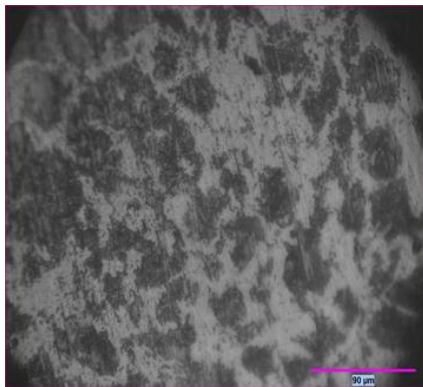
S. bit Plane (s)	Field (%)	
Phase 1	18.53	(ferrite)
Phase 2	82.04	81.47 (martensitic)

(a)



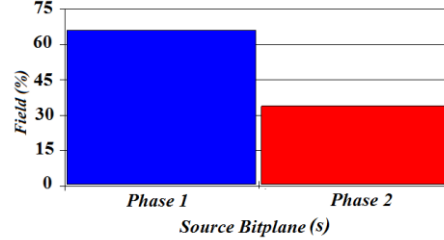
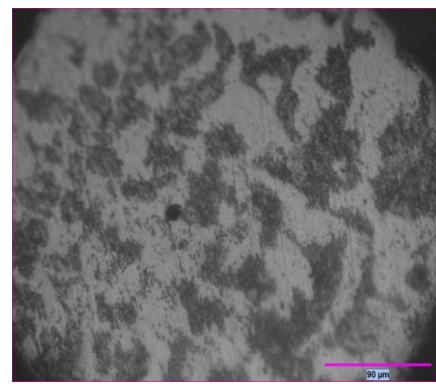
S. bit Plane (s)	Field (%)	
Phase 1	25.15	(ferrite)
Phase 2	74.85	(martensitic)

(b)



S. bit Plane (s)	Field (%)	
Phase 1	39.06	(pearlite)
Phase 2	60.94	(ferrite)

(c)

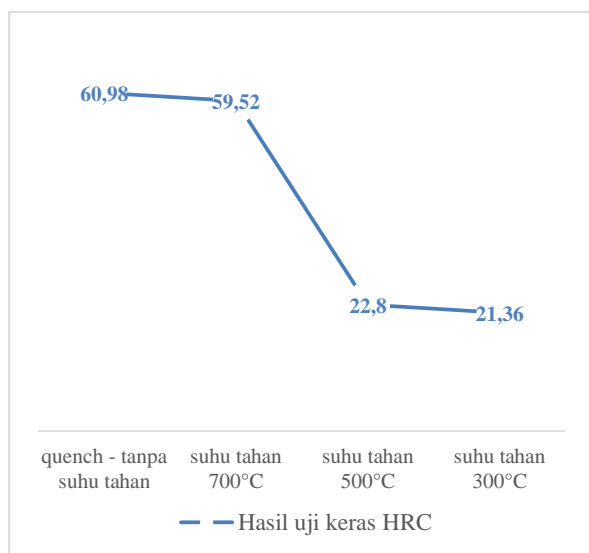


S. bit Plane (s)	Field (%)	
Phase 1	66.11	(pearlite)
Phase 2	33.89	(ferrite)

(d)

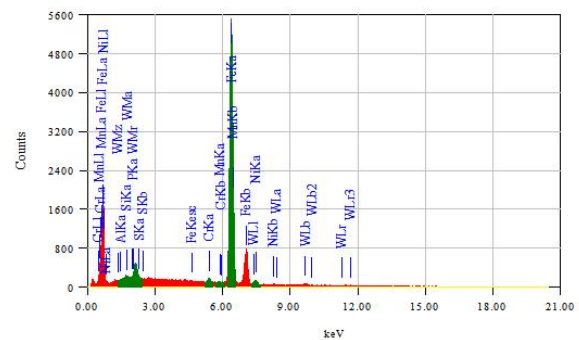
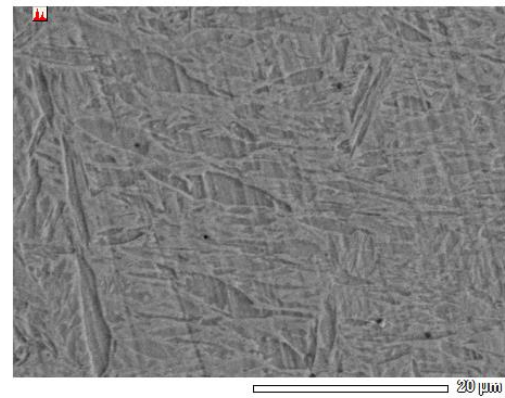
Gambar 2. Hasil Uji Metalografi dengan Pemanasan 800°C dan Variasi Suhu Tahan: a) Quench-Tanpa Suhu Tahan b) Suhu Tahan 700°C c) Suhu Tahan 500°C dan d) Suhu Tahan 300°C

Pada Gambar 2(b) terlihat penurunan fraksi volum fasa martensit menjadi 74,85% dan Gambar 2(c)-(d) menunjukkan transformasi fasa dari martensit menjadi perlit dan ferit disebabkan penahanan suhu rendah membuat unsur karbon mengalami segregasi pada fasa ferit yang sangat berdampak pembentukan dislokasi mampu meningkatkan kekuatan mekanik [3] dan juga pada suhu tahan 300 °C memiliki fraksi volum fasa perlit sebesar 66,11% dan fasa ferit sebesar 33,89%. Hal ini menunjukkan bahwa kecenderungan transformasi fasa seiring dengan penahanan suhu yang mengarah ke fasa perlit dengan karakteristik mekanik dan morfologi yang berbeda dengan martensit.

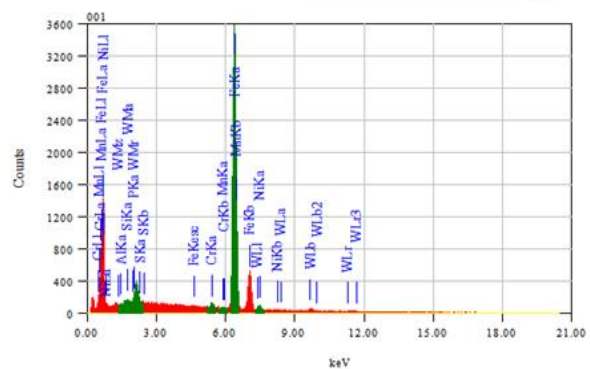
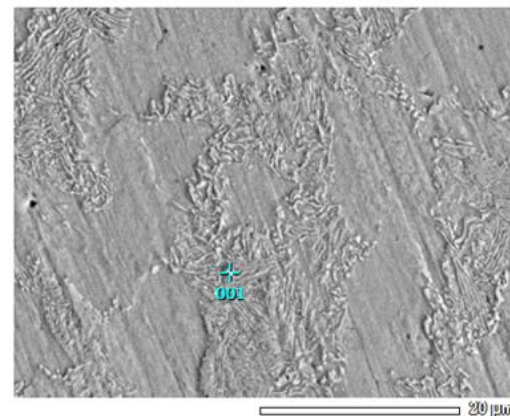


Gambar 3. Diagram Pengujian Kekerasan HRC terhadap Variasi Pemanasan Suhu Tahan

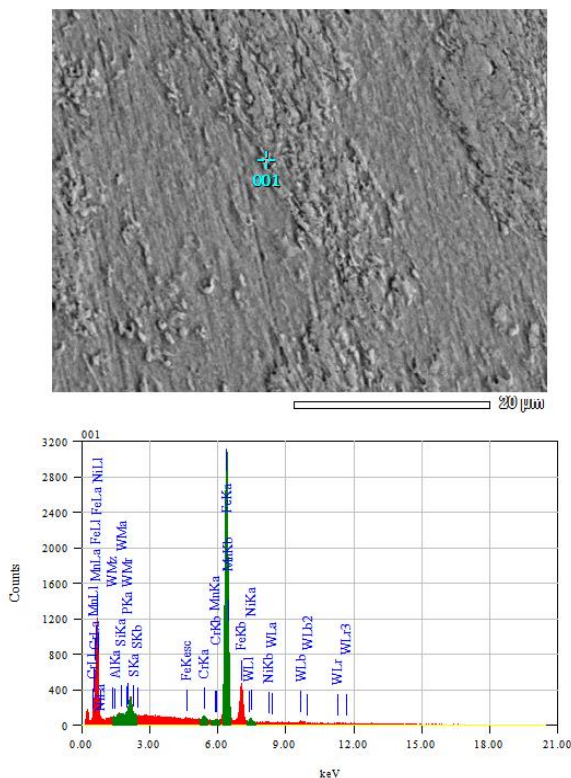
Temperatur pembentukan fasa ganda dan suhu penahanan dapat mempengaruhi nilai kekerasan spesimen. Kekerasan tertinggi diawali pada baja laterit *quench* tanpa suhu tahan sebesar 60,98 HRC yang disebabkan oleh transformasi dari struktur dua fasa ferit-perlit menjadi martensit. Kekerasan kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan dengan makin rendahnya suhu penahanan karena matriks struktur ferit yang makin membesar dan pertumbuhan aglomerasi butir [9].



Gambar 4a. Hasil Uji SEM-EDX untuk Analisis Morfologi dan Unsur pada Suhu Tahan 700°C



Gambar 4b. Hasil Uji SEM-EDX untuk Analisis Morfologi dan Unsur pada Suhu Tahan 500°C



Gambar 4c. Hasil Uji SEM-EDX untuk Analisis Morfologi dan Unsur pada Suhu Tahan 300°C

Pada hasil pengujian morfologi dengan SEM-EDX menunjukkan perubahan karakter butir yang semakin halus dengan makin rendahnya perlakuan penahanan suhu. Pada suhu tahan 700°C terbentuk presipitat dan matrik berbentuk garis tajam yang mengindikasikan sifat cenderung keras yang kemudian pada suhu tahan 700 dan 300°C memiliki ukuran butir rata-rata sebesar 54 dan 27 μm . Walaupun terbentuk mikro *void* dan nukleasi yang dapat menurunkan sifat keras material, bentuk butir sedikit *dimple* mampu meningkatkan sifat ulet dan ketahanan tangguhannya [10].

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan pada baja paduan Ni laterit hasil perlakuan panas dengan variasi suhu tahan 300, 500, 700°C dan metode pendinginan cepat media air dapat disimpulkan bahwa material memiliki komposisi kimia sesuai dengan acuan standar AISI 4340 dengan modifikasi unsur karbon menengah dan paduan Ni yang cukup tinggi. Sifat mekanik kekerasan cenderung menurun sampai suhu tahan rendah 300°C yaitu sebesar 21,36 HRC. Penurunan nilai ini sesuai dengan struktur yang

terbentuk yaitu perlit dan ferit yang menyebabkan unsur karbon mengalami segregasi pada fasa ferit sehingga sangat berdampak pada pembentukan dislokasi. Hasil SEM-EDX menunjukkan bahwa pada suhu tahan 500 dan 300°C terbentuk mikro *void* dan nukleasi yang dapat menurunkan sifat keras material tetapi dengan bentuk sedikit *dimple* mampu meningkatkan sifat ulet dan ketangguhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfirano, W. Samdan, and H. Maulud, "Effect of Intercritical Annealing Temperature and Holding Time on Microstructure and Mechanical Properties of Dual Phase Low Carbon Steel", *Appl. Mech. Mater.*, vol. 493, pp. 721–726, 2014.
- [2] S. Herbirowo and T. B. Romijarso, "Material Fasa Ganda Baja Laterit," no. November, pp. 1–2, 2017.
- [3] M. Y. Hasbi, Saefudin, and T. B. Romijarso, "The influence of tempering process for DP lateritic steel in hardness and microstructure behavior," vol. 020004, p. 020004, 2018.
- [4] P. Proses *et al.*, "Pengaruh Proses Tempa dan Perlakuan Panas Fasa Ganda dengan Temper Terhadap Sifat Mekanik Baja Aisi 1045," vol. 4, no. 2, 2014.
- [5] P. Baja, T. Berulir, P. Dan, B. Tulangan, and B. Ulir, "Analisis kekuatan tarik baja tulangan berulir hasil perlakuan panas fasa ganda," pp. 103–108, 2016.
- [6] R. H. Nugroho, "Analisis sifat mekanik kekuatan baja tulangan polos hasil proses perlakuan panas fasa ganda," vol. 15, no. 2, 2014.
- [7] Z. Li and W. Lv, "Study of Microstructure and Mechanical Properties of Hot-Rolled Ultra-High Strength Ferrite-Bainite Dual Phase Steel," *Mater. Sci. Forum*, vol. 921, pp. 208–213, 2018.
- [8] P. Movahed, S. Kolahgar, S. P. H. Marashi, M. Pouranvari, and N. Parvin, "The effect of intercritical heat treatment temperature on the tensile properties and work hardening behavior of ferrite-martensite dual phase steel sheets," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 518, no. 1–2, pp. 1–6, 2009.
- [9] K. Witono, L. Agustriyana, and A. Setiawan, "Effect of Heat Treatment

Temperature on The Formation of Dual Phase Steel AISI 1005 Hardness And Flexure Strength Characteristics of Materials,” *Info Tek.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–10, 2015.

[10] D. Gerbig, A. Srivastava, S. Osovski, L. G. Hector, and A. Bower, “Analysis and design of dual-phase steel microstructure for enhanced ductile fracture resistance,” *Int. J. Fract.*, vol. 209, no. 1–2, pp. 3–26, 2018.