

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA LATERIT DENGAN PROSES COLD ROLLING

CHARACTERISTICS OF MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF LATERITE STEEL WITH COLD ROLLING PROCESS

Hafiz Iman Ramadhan¹, Bintang Adjiantoro², Satrio Herbirowo^{2*}, Sunardi¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon Banten

²Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Gedung 470 Kawasan PUSPIPTEK, Setu. Tangerang Selatan

Diterima: 24 April 2019

Direvisi: 27 Mei 2019

Disetujui: 19 Juni 2019

ABSTRAK

Baja laterit merupakan bahan dasar alternatif pada produksi baja dan dapat dikembangkan dengan berbagai macam pembentukan logam. Penelitian ini telah menunjukkan proses canai dingin dari baja laterit, yang ketebalannya terdeformasi sebesar 3, 6, 9, dan 12 persen reduksi. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik yang dipersiapkan hingga proses etsa. Demikian pula pengujian kekerasan, kekuatan tarik dan ketangguhan impact dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik. Proses pencanaan dingin dilakukan setelah perlakuan panas annealing pada suhu 900°C dengan tujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dan karakteristik struktur mikronya. Peningkatan sifat mekanik maksimal dari variasi reduksi yang digunakan adalah reduksi 12 % dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 265,33 HV yang diikuti nilai Ultimate Tensile Strength sebesar 18,43 N/mm² dan Yield Strength sebesar 16,43 N/mm² serta nilai impact sebesar 0,015 J/mm². Pada pengamatan struktur mikro, ukuran diameter butir rata-rata menurun yang menyebabkan sampel baja laterit akan mengalami peningkatan kekerasan.

Kata kunci: baja laterit, canai dingin, persen reduksi, diameter butir

ABSTRACT

Laterite steel is an alternative basic material in steel production and can be developed with various metal deformation. This research showed a cold rolled process of laterite steel, which thickness were deformed by 3, 6, 9, and 12 percent reduction. Micro structure observations were carried out using an optical microscope that were prepared until the etching process. Likewise, hardness, tensile strength and impact toughness tests were carried out to determine mechanical properties. Cold rolling process was carried out after annealing heat treatment at a temperature of 900°C with the aim to improve the mechanical properties and characteristics of the microstructure. Increasing the maximum mechanical properties of the reduction variations used is a reduction of 12% with the highest hardness value of 265.33 HV followed by the Ultimate Tensile Strength value of 18.43 N / mm² and Yield Strength of 16.43 N/mm² and the impact value of 0.015 J/mm². In the observation of microstructure, the average grain diameter decreased which caused a laterite steel sample to increase in hardness.

Keywords: laterite steel, cold rolling, percent reduction, grain diameter

PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan pasar baja, baik dari sisi kuantitas maupun kualitas, Indonesia mengembangkan baja laterit. Produksi baja yang dihasilkan saat ini tidak sebanyak permintaan pasar. Dengan adanya baja laterit,

produsen tidak perlu mengimpor bahan baku dari negara lain. Karakterisasi yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu terhadap sifat mekanik dan standardisasi hasilnya mendekati standar baja konvensional [1,2].

Proses canai dingin (*cold rolling*) sangat penting dalam mereduksi ukuran dimensi produk

*Corresponding author :

Email: satr006@lipi.go.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.37209/jtbbt.v9i1.88>

maupun ukuran butir baja secara mikro untuk meningkatkan sifat mekanis dari baja tersebut. Z. Pan et al telah melakukan penelitian mengenai canai dingin pada baja dua fasa untuk mendapatkan butir yang sangat halus, walaupun sifat mekanik meningkat akan tetapi pada hasil struktur mikro masih cenderung getas [3].

Penelitian terbaru oleh Hasbi et.al menggunakan baja laterit dengan berbagai variasi paduan nikel menggunakan proses austemper dan pendinginan udara dapat menghasilkan fasa ferit dan sementit halus dengan meningkatkan kekuatan dari baja tersebut [4]. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian terhadap sampel baja laterit berbasis paduan nikel ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik dari sifat keras, memperkecil ukuran butir dan tetap menjaga kekuatan tarik dan sifat tangguhny.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan material baja laterit dengan komposisi unsur kimia tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Unsur Kimia Baja Laterit

C (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Mn (%)
0,196	0,256	0,03	0,035	0,092
Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mo (%)	Fe (%)
0,272	1,72	0,035	0,239	97,94

Hasil pengujian menunjukkan bahwa, kadar karbon (C) = 0,196% sehingga baja laterit termasuk golongan baja karbon rendah. Sama halnya dengan penelitian T. Avdjieva et al yang memiliki tantangan dalam melakukan transformasi fasa dengan kadar karbon yang rendah [6].

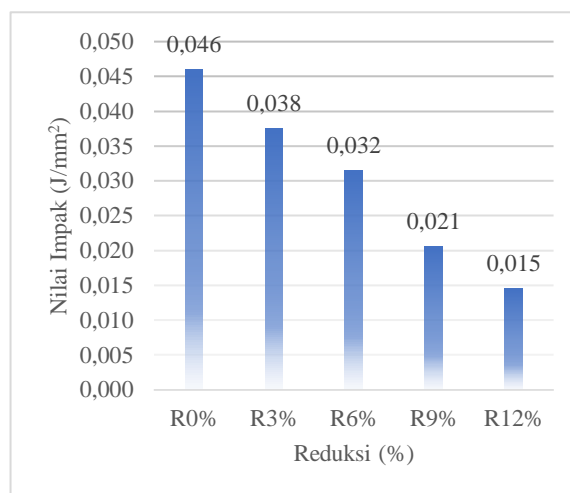
Baja laterit akan direduksi ketebalannya pada variasi reduksi 3%, 6%, 9%, dan 12% dengan acuan penelitian terdahulu dan *trial & error* setelah dilakukan pemanasan *annealing* pada temperature 900°C menggunakan *muffle furnace*. Bentuk benda uji disesuaikan dengan standar ASTM E23 dan ASTM E8. Adapun pengujian yang dilakukan pada material, diantaranya: uji kekerasan dengan metode *vickers*, uji impak dengan metode *charpy*, uji tarik dengan *universal testing machine servo*

hydraulic TT-HW2-600-S dan pengujian struktur mikro dengan mikroskop optik. Metode eksperimen ini untuk mengevaluasi kekuatan baja laterit secara termomekanikal yang juga mengacu pada penelitian terdahulu dalam melakukan rekristalisasi baja *austenitic* paduan mangan tinggi [5].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Impak

Pengujian impak dengan menggunakan mesin CMTS model CI-30 menghasilkan data dengan metode *charpy* sebagai berikut:

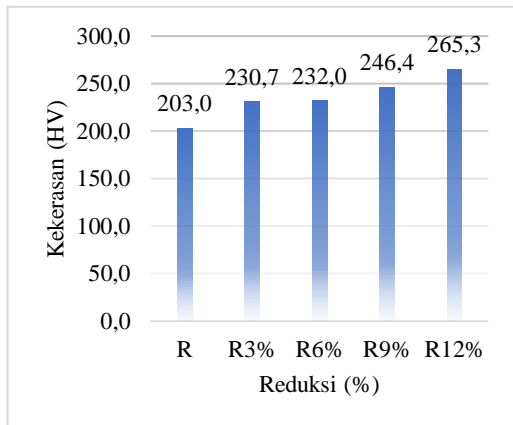


Gambar 1. Hubungan Persen Reduksi dengan Nilai Ketangguhan

Grafik di atas menunjukkan perbandingan antara sampel awal yang tidak mengalami proses canai dingin dengan sampel yang mengalami proses canai dingin. Setelah dilakukan uji impak, terlihat penurunan nilai impak seiring dengan peningkatan persen reduksi. Sampel dengan reduksi 0% atau sampel yang tidak mengalami proses canai dingin menghasilkan nilai impak yang tinggi yaitu 0,046 J/mm². Hal ini disebabkan karena ada penguatan regangan (*strain hardening*) setelah melalui proses *cold rolling* yang mengakibatkan peningkatan kerapatan dislokasi sehingga sampel makin kuat atau keras [7].

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* memberikan hasil seperti pada Gambar 2.

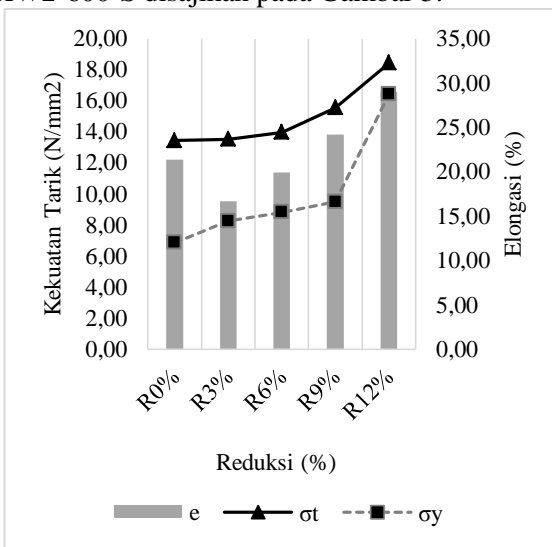


Gambar 2. Hubungan Antara Variasi Reduksi dengan Nilai Kekerasan

Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara sampel *raw* (R) dengan sampel yang mengalami proses canai dingin. Sampel yang mengalami proses canai dingin dengan reduksi 12% menghasilkan kekerasan yang tinggi yaitu 265,3 HV. Makin tinggi reduksi maka kekerasannya meningkat dan sangat dipengaruhi oleh laju pemanasan maupun pendinginan ketika dilakukan proses deformasi [8]. Hal ini disebabkan adanya deformasi yang mengakibatkan pemadatan diameter butir sehingga sukar untuk bergerak seperti pada struktur mikro yang akan diuraikan pada penjelasan selanjutnya.

Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik menggunakan *universal testing machine servo hydraulic TT-HW2-600-S* disajikan pada Gambar 3.

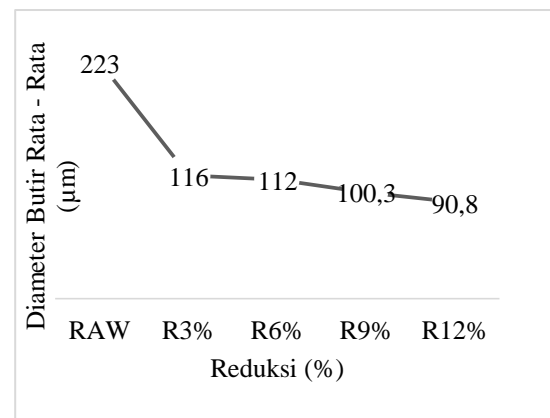


Gambar 3. Hubungan Antara Variasi Reduksi dengan UTS (*Ultimate Tensile Strength*), Yield Point dan Elongasi.

Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara sampel awal yang tidak mengalami proses canai dingin dengan sampel yang mengalami proses canai dingin untuk nilai σ_t (*Ultimate Tensile Strength/UTS*) dan σ_y (*Yield Strength/YS*). Sampel yang mengalami proses canai dingin dengan reduksi 12% menghasilkan nilai UTS dan YS yang tinggi yaitu 18,42 N/mm² dan 16,43 N/mm². Hasil pengujian kekuatan Tarik menunjukkan bahwa UTS dan YS sampel mengalami peningkatan dengan meningkatnya jumlah reduksi pengerolan sampel. Peningkatan nilai elongasi (e) terlihat jelas terutama mulai reduksi 3% hingga reduksi 12% dengan kecenderungan butir kristal berbentuk kolumnar [4, 8, 9,10].

Perhitungan Diameter Butir Rata-Rata

Perhitungan Diameter Butir Rata-Rata dilakukan dengan menggunakan metode Hillard untuk mencari G (no, Grain Size). Setelah itu akan dikonversi pada tabel hubungan ukuran butir terhadap diameter butir yang ada pada ASTM E-112.

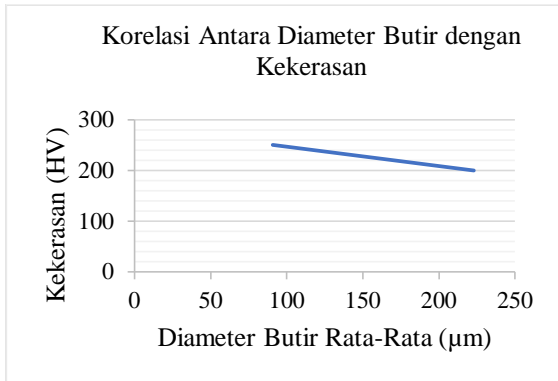


Gambar 4. Hubungan Persen Reduksi dengan Rata - Rata Diameter Butir

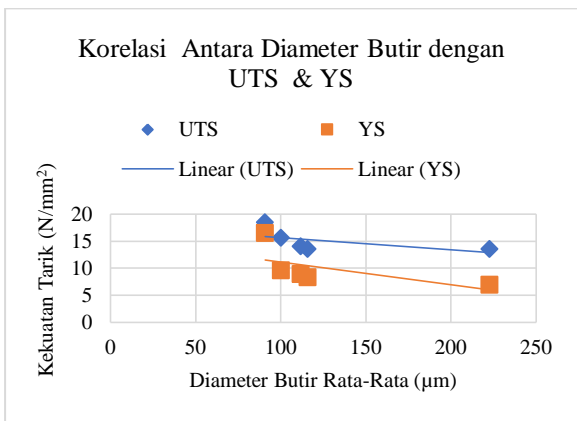
Hasilnya memperlihatkan bahwa sampel yang mengalami proses canai dingin dengan besar reduksi 12% menghasilkan nilai rata-rata diameter butir rata-rata sebesar 90,8 µm. Hal ini disebabkan karena adanya deformasi akibat proses canai dingin, yang mengakibatkan meningkatnya nilai kekerasan di setiap reduksi yang dilakukan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa canai dingin menghasilkan butir yang lebih padat sehingga mengakibatkan peningkatan sifat mekanik [12].

Korelasi Diameter Butir dengan Sifat Mekanik

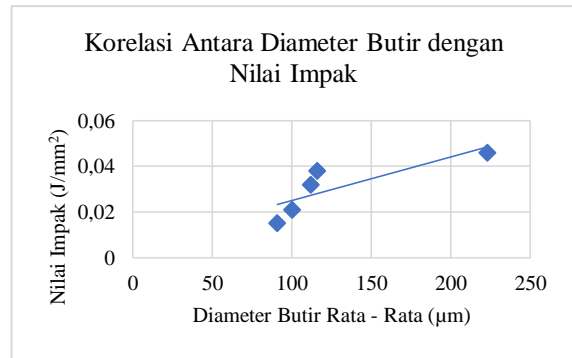
Korelasi antara sifat mekanik dengan diameter butir rata-rata, dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)



(b)



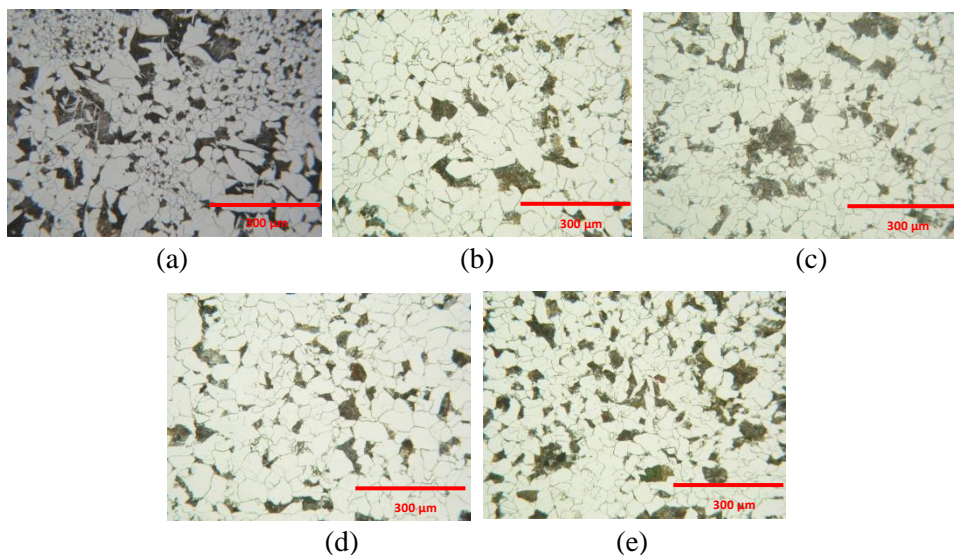
(c)

Gambar 5. Korelasi Diameter Butir Rata – Rata dengan Sifat Mekanik, (a) Kekerasan; (b) Kekuatan Tarik; (c) Nilai Impak

Dari Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa makin besar ukuran diameter butir rata-rata, maka nilai kekuatan tarik dan kekerasan akan turun yang menyebabkan sampel menjadi lebih lunak. Sebaliknya, makin besar ukuran diameter butir rata-rata, nilai impak akan makin tinggi yang menyebabkan sampel memiliki kemampuan penyerapan energi lebih besar.

Pengujian Metalografi

Untuk mendukung hasil analisa sifat mekanik yang telah dilakukan pada proses *metal forming* yaitu pencanaian dingin (*cold rolling*), pengujian metalografi juga dilakukan untuk mengamati struktur mikro yang terbentuk pada sampel. Hasil uji metalografi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Uji Metalografi dengan Perbesaran 100x: (a) Raw; (b) R3%; (c) R6%; (d) R9%; (e) R12%

Dari Gambar 6 dapat disimpulkan makin tinggi reduksi, sampel akan mengalami peningkatan kehalusan butir yang menyebabkan sampel menjadi makin keras. Hal ini dibuktikan dengan makin kecilnya diameter butir sering dengan penurunan reduksi. Hal ini disebabkan karena terjadinya deformasi plastis akibat pencanain dingin yang menyebabkan butir menjadi halus dan menghasilkan batas butir yang makin banyak. Batas butir merupakan tempat berkumpulnya dislokasi akibat terjadi perbedaan orientasi pertumbuhan butir baru yang diinisiasi oleh proses rekristalisasi, sehingga makin banyak batas butir yang terbentuk [13]. Untuk menentukan reduksi maksimal pada variasi reduksi yang digunakan dalam penelitian ini dapat menggunakan metode statistik sederhana. Nilai reduksi yang maksimal dari variasi reduksi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada sampel R12% yang memiliki nilai kekerasan sebesar 265,3 VHN, nilai *ultimate tensile strength* sebesar 18,84 N/mm² dan *yield strength* sebesar 16,43 N/mm².

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengaruh reduksi berdampak pada peningkatan sifat mekanik dan karakteristik struktur mikro membaik. Makin tinggi persentase reduksi menyebabkan peningkatan sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tarik. Reduksi maksimal adalah 12% dengan nilai kekerasan sebesar 265,3 HV, nilai *ultimate tensile strength* (UTS) sebesar 18,43 N/mm² dan *yield strength* (YS) sebesar 16,43 N/mm² serta nilai impak sebesar 0,015 J/mm². Makin tinggi persentase reduksi menyebabkan penurunan diameter butir, yang disebabkan oleh deformasi yang terjadi akibat pencanain dingin.

Saran

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengamati karakteristik fraktografi dengan analisis pembentukan fasa menggunakan SEM-EDS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI dalam mendukung penelitian ini serta para peneliti dan teknisi pada kelompok penelitian Baja Unggul Laterit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Herbirowo, L. Hakim, and B. Adjiantoro, "Microstructure and Mechanical Characteristics of Hot Forged Lateritic Steels," *MATEC Web Conf.*, vol. 204, p. 05007, 2018.
- [2] S. Herbirowo, B. Adjiantoro, and F. Citrawati, "Karakteristik Sifat Mekanik dan Strukturmikro Baja Laterit Paduan Ni-Cr-Mn Hasil Tempa Panas dengan Variasi Beban Tempa," vol. 1, pp. 35–42, 2018.
- [3] Z. Pan *et al.*, "Microstructure and Mechanical Properties of a Cold-Rolled Ultrafine-Grained Dual-Phase Steel," *Materials (Basel)*, vol. 11, no. 8, pp. 1–11, 2018.
- [4] M. Yunan, F. Citrawati, and M. Ariati, "The Effect of Ni on Mechanical Properties and Austempered Microstructure Developments in Cold Rolled Low Carbon Fe-Ni Lateritic Steels," *Mater. Today Proc.*, vol. 13, pp. 229–234, 2019.
- [5] Z. Yanushkevich, A. Belyakov, R. Kaibyshev, C. Haase, and D. A. Molodov, "Effect of Cold Rolling on Recrystallization and Tensile Behavior of a High-Mn Steel," *Mater. Charact.*, vol. 112, pp. 180–187, 2016.
- [6] T. Avdjieva, "Dynamic Crack Toughness of Austempering Steel," *Charact. Appl. Nanomater.*, vol. 1, pp. 1–5, 2018.
- [7] D. A. Fadare, T. G. Fadara, and O. Y. Akanbi, "Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructure of NST 37-2 Steel," *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 299–308, 2011.
- [8] M. Odnobokova, A. Belyakov, N. Enikeev, D. A. Molodov, and R. Kaibyshev, "Annealing Behavior of a 304L Stainless Steel Processed by Large Strain Cold and Warm Rolling," *Mater.*

- Sci. Eng. A*, vol. 689, no. February, pp. 370–383, 2017.
- [9] F. Yang, H. Luo, C. Hu, E. Pu, and H. Dong, “Effects of Intercritical Annealing Process on Microstructures and Tensile Properties of Cold-Rolled 7Mn Steel,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 685, pp. 115–122, 2017.
- [10] D. B. Santos *et al.*, “Effect of Annealing on the Microstructure and Mechanical Properties of Cold Rolled Fe-24Mn-3Al-2Si-1Ni-0.06C TWIP Steel,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 528, no. 10–11, pp. 3545–3555, 2011.
- [11] P. Kusakin, A. Belyakov, C. Haase, R. Kaibyshev, and D. A. Molodov, “Microstructure Evolution and Strengthening Mechanisms of Fe-23Mn-0.3C-1.5Al TWIP Steel During Cold Rolling,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 617, pp. 52–60, 2014.
- [12] P. Nordala, R. Othman, and A. B. Ismail, “Effect of Rolling Reduction on Microstructure and Mechanical Properties of Plain Low Carbon Steel,” vol. 701, pp. 187–194, 2016.
- [13] Z. Larouk and H. Bouhalais, “Recrystallization Behavior of a Low Carbon Steel Wire,” *Phys. Procedia*, vol. 2, no. 3, pp. 1223–1229, 2009.