

PENGARUH VARIASI REDUKSI TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA LATERIT MELALUI Pengerolan PANAS

Muhammad Yunan Hasbi^{1*}, Daniel Panghahatan Malau², Bintang Adjiantoro³

^{*123}Pusat Penelitian Metalurgi dan Material-LIPI

Gedung 470, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314

E-mail: muhyunan.hasbi@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan baja berbasis laterit saat ini tengah menjadi perbincangan oleh berbagai lembaga penelitian dan industri atas potensinya untuk menjadi baja nasional. Namun belum banyak penelitian yang secara khusus membahas potensi baja laterit secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai langkah untuk mengetahui beberapa aspek yang dimiliki oleh baja laterit melalui proses pengerolan panas termasuk potensinya. Dengan variasi persen reduksi pada proses pengerolan panas diperoleh nilai kekerasan serta struktur mikro yang berubah dibanding baja *as-cast*. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa nilai kekerasan tertinggi baja laterit diperoleh pada rentang reduksi 31%-35% yaitu mencapai 299,3 HB atau meningkat sebesar 47,7% serta menghasilkan fasa ferit dengan butir halus. Komposisi kimia baja laterit berpeluang untuk menjadi baja HSLA dengan mengkhususkan paduan Ni untuk memperoleh sifat mekanik yang spesifik. Sedangkan kekerasan yang dimiliki baja laterit mempunyai nilai yang mendekati dengan standar AISI 416.

Kata kunci : Baja Laterit, Pengerolan Panas, Kekerasan, Struktur Mikro, Rekristalisasi

ABSTRACT

The development of laterite steel recently has been recognized by researching institution and enterprises as a potential candidate for national product. However, laterite steel have not been widely reviewed as potential candidate for top national product comprehensively. Therefore, this study is aimed to know several aspects of its intrinsic properties using by hot roll process. A variety of thickness reduction in steel is used by rolling to know its mechanical properties especially hardness, followed by microstructure observation, and then compared with its as-cast. From that method, the highest hardness (299,3HRB) obtained at 31-35% reduction which is increased 47,7% from as cast steel. From optical microscope images showed that ferrite phase and grain refinement that caused an increasing of hardness. This study is expected to be a reference for research ahead. The chemical composition of steel laterite likely to be HSLA steels with certain specialized alloys to obtain specific mechanical properties. While the steel hardness laterite possible for some products similar to AISI 416 standard.

Keywords: laterite steel, hot roll, hardness, microstructure and recrystallization

PENDAHULUAN

Baja Laterit

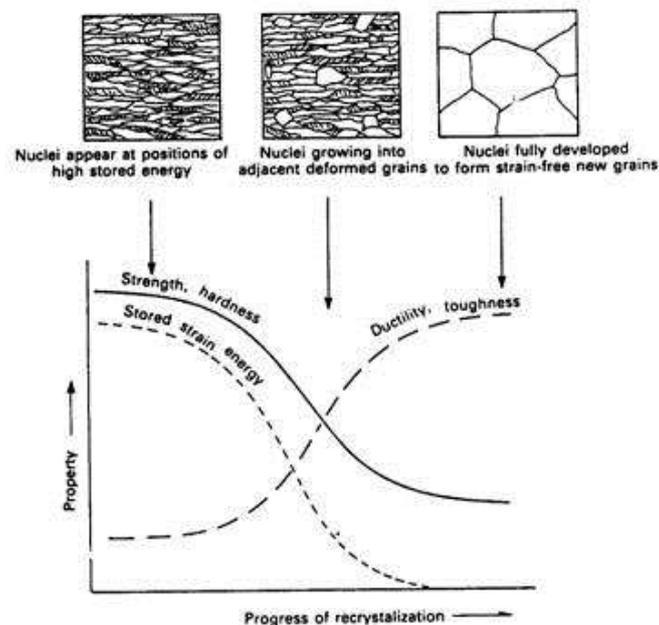
Salah satu upaya dalam rangka mewujudkan kemandirian nasional dibidang kebutuhan baja, diperlukan adanya sumber daya alternatif bahan baku pembuatan baja. Peluang tersebut yang saat ini tengah dikaji oleh berbagai lembaga penelitian dan industri untuk mengeksplor bahan baku potensial yaitu bijih nikel laterit. Sebagai informasi, bijih nikel laterit secara umum

digunakan sebagai paduan dalam pembuatan baja tahan karat, aplikasi *superalloy* dan logam paduan untuk meningkatkan ketahanan korosi (Barkas, 2010). Dengan kandungan besi sebesar 35-45% dan nikel sebesar 0,8-1,5%, setelah diolah menjadi baja, bijih nikel laterit dalam bentuk nickel pig iron (NPI) akan menghasilkan baja dengan kandungan nikel mencapai 2-3% (Binudi & Adjiantoro, 2013; Yusuf & Herianto, 2008). Kondisi tersebut dipandang

menguntungkan, karena nikel termasuk unsur padu dengan harga cukup tinggi. Jika ditinjau dari komposisinya, baja laterit merupakan jenis baja paduan rendah dengan kandungan unsur paduan dibawah 8% (ASM International, 2001; Desiana, Metalurgi, Teknik, & Indonesia, 2008). Disamping kandungan Ni dan Fe, bijih laterit juga mengandung unsur lain dengan jumlah kecil yaitu Cr dan Mn dimana kedua unsur tersebut akan berdampak pada mampu las baja serta kekerasan dan ketahanan korosi (Higgins, 1993). Dalam penelitian ini akan dilakukan investigasi nilai kekerasan baja laterit melalui metode pengerolan panas dengan memanfaatkan fenomena rekristalisasi dan melakukan pengkategorian berdasarkan standar baja komersil.

Pengerolan Panas

Pengerolan (*rolling*) merupakan proses deformasi material dengan variabel temperatur dan tekanan yang bertujuan mereduksi ukuran butir. Terdapat dua jenis pengerolan berdasarkan temperatur kerjanya yaitu pengerolan dingin dan pengerolan panas. Pengerolan dingin dilakukan pada kondisi dibawah temperatur rekristalisasi yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan material dengan memanfaatkan efek pengerasan regangan (*strain hardening*) (Degarmo, Kohser, & Klamecki, 2003). Sedangkan pengerolan panas dilakukan di atas temperatur rekristalisasi yang bertujuan untuk menghaluskan butir dengan memanfaatkan mekanisme proses rekristalisasi. Disamping itu, pengerolan panas dilakukan sebagai upaya untuk menghomogenisasi struktur butir akibat cacat inklusi hasil proses pengecoran (Dieter, 1988).



Gambar 1. Skema proses rekristalisasi (Alexander & Davies, 1985).

Rekristalisasi merupakan sebuah fenomena dimana struktur butir suatu material yang mengalami transformasi dari sebuah nukleasi menjadi struktur mikro baru seperti yang ditunjukkan gambar 1. Sifat dari struktur mikro baru tersebut akan menghasilkan keuletan dan ketangguhan (Alexander & Davies, 1985). Yang perlu diperhatikan untuk memperoleh manfaat rekristalisasi yaitu temperatur proses.

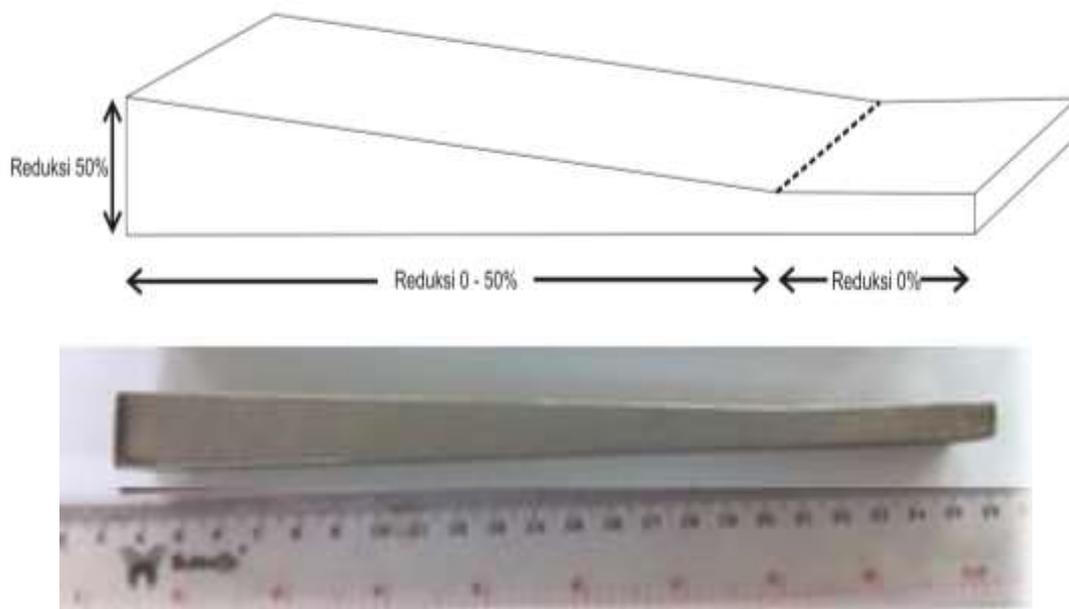
Jika proses dilakukan di bawah T_{rek} , maka akan menghasilkan butir yang terdeformasi sehingga mengandung tegangan sisa yang mengakibatkan sifat material menjadi getas. Sedangkan untuk memperoleh butir yang halus serta memiliki sifat yang sama dengan kondisi anil, maka perlu dilakukan proses pengerolan di atas T_{rek} (Alexander & Davies, 1985). Untuk menentukan besarnya T_{rek} suatu logam,

dinyatakan dengan $= 0.4-0.5 T_{\text{cair}}$ logam dalam satuan Kelvin (Mardjono, 1985).

Dalam penelitian ini dilakukan proses pengerolan panas dengan berbagai rentang variasi reduksi agar diketahui kemampuan optimum sampel dalam menerima deformasi plastis. Selain itu dengan melakukan variasi reduksi, struktur mikro dari masing-masing daerah reduksi juga dapat diamati sehingga bisa diketahui pengaruh pengerolan panas terhadap besar butir. Kemudian terakhir yaitu, sampel hasil pengerolan dilakukan pengujian kekerasan pada tiap-tiap persen reduksi.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan satu jenis *as-cast* baja laterit yang terlebih dahulu di analisis komposisi kimianya menggunakan *Spark OES (Optical Emission Spectroscopy)* jenis ARL 3460 merk *Thermo Scientific*. Kemudian selanjutnya dibentuk menjadi sampel pengerolan dengan desain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sebelum dilakukan proses pengerolan, sampel dipanaskan dalam tungku *muffle* pada suhu di atas temperatur rekristalisasinya 900°C ($T_{\text{rek}} = 632^{\circ}\text{C}$) dan ditahan selama 2 jam.



Adapun variasi persen reduksi yang dilakukan dimulai dari reduksi 0% sampai dengan 50%. Proses pengerolan menggunakan mesin pengerolan jenis *two-high*. Selanjutnya, spesimen hasil pengerolan dilakukan uji metalografi menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui struktur mikro dan fasa yang terbentuk. Dan terakhir dilakukan pengujian

kekerasan pada sampel hasil pengerolan menggunakan skala *Hardness Brinell*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan komposisi dari baja laterit yang digunakan dalam penelitian, ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja laterit (%berat)

| C | Si | Mn | Cr | Ni | S | P | Cu | Al |
|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|
| 0,08 | 0,01 | 0,04 | 0,6 | 2,7 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,19 |

Berdasarkan kandungan karbon yang ditunjukkan pada tabel 1, sampel baja digolongkan ke dalam baja karbon rendah. Kemudian ditinjau dari kandungan unsur paduan, baja laterit ini juga termasuk baja paduan rendah karena tidak mengandung lebih dari 8% unsur paduan. Jika kekuatan yang dihasilkan bisa mencapai nilai tertentu, maka baja laterit bisa dirujuk sebagai baja paduan rendah berkekuatan tinggi atau yang lebih dikenal dengan istilah baja *High Strength Low Alloy* (HSLA). Hal itu dikarenakan bahwa salah satu indikasi baja HSLA adalah memiliki kandungan karbon dengan kisaran 0,05%-0,25% (Callister, 1973).

Baja HSLA dibuat sedemikian rupa untuk memenuhi sifat mekanik khusus dari unsur paduan jumlah tertentu (ASM International, 2001). Sebagai contoh baja HSLA yaitu *weathering steel, microalloyed ferrite-pearlite steel, as-rolled pearlitic steel, acicular ferrite, dual phase steels* dan *inclusion shape controlled steel* (Callister, 1973). Hal ini merupakan peluang yang menarik untuk dikaji lebih dalam sebagai upaya menghasilkan produk baja HSLA berbasis bijih laterit. Gambar 4 menunjukkan sampel hasil pengerolan panas. Secara visual, sampel tidak mengalami cacat baik retak maupun patah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sampel memiliki mampu bentuk yang baik.



Gambar 4. Bentuk spesimen hasil pengerolan panas

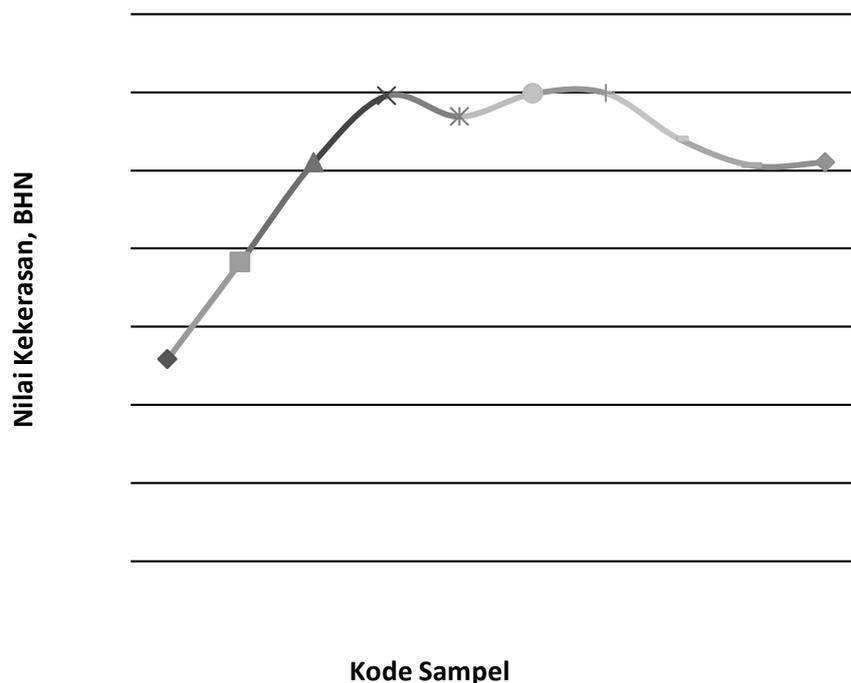
Pengujian Kekerasan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengerolan panas terhadap kekerasan baja. Untuk baja karbon, telah banyak penelitian yang membuktikan bahwa pengerolan panas dilakukan untuk memperoleh struktur butir yang halus sehingga baja menjadi lebih tangguh dan kuat serta menjadikan ukuran butir menjadi homogen (Asadi & Palkowski,

2011). Sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2, bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan yang dimulai pada rentang reduksi 6-10%. Hal ini mengindikasikan bahwa, penghalusan butir mulai terjadi pada daerah reduksi rentang tersebut. Kemudian kekerasan meningkat secara kontinyu sampai pada 16-20% reduksi.

Tabel 2. Nilai Kekerasan Spesimen Baja Laterit

| % Red. | As-cast | 0 - 5 | 6 - 10 | 11 - 15 | 16 - 20 | 21 - 25 | 26 - 30 | 31 - 35 | 36 - 40 | 41 - 45 | 46 - 50 |
|----------------------|---------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
| HB-1 | 154 | 126 | 220 | 266 | 309 | 287 | 285 | 294 | 259 | 256 | 253 |
| HB-2 | 152,7 | 126 | 184 | 263 | 296 | 294 | 309 | 301 | 280 | 258 | 256 |
| HB-3 | 162,2 | 135 | 170 | 236 | 288 | 272 | 303 | 303 | 272 | 245 | 256 |
| HB-rata ² | 156,3 | 129 | 191,3 | 255 | 297,6 | 284,3 | 299 | 299,3 | 270,3 | 253 | 255 |



Gambar 5. Grafik nilai kekerasan hasil pengerolan panas

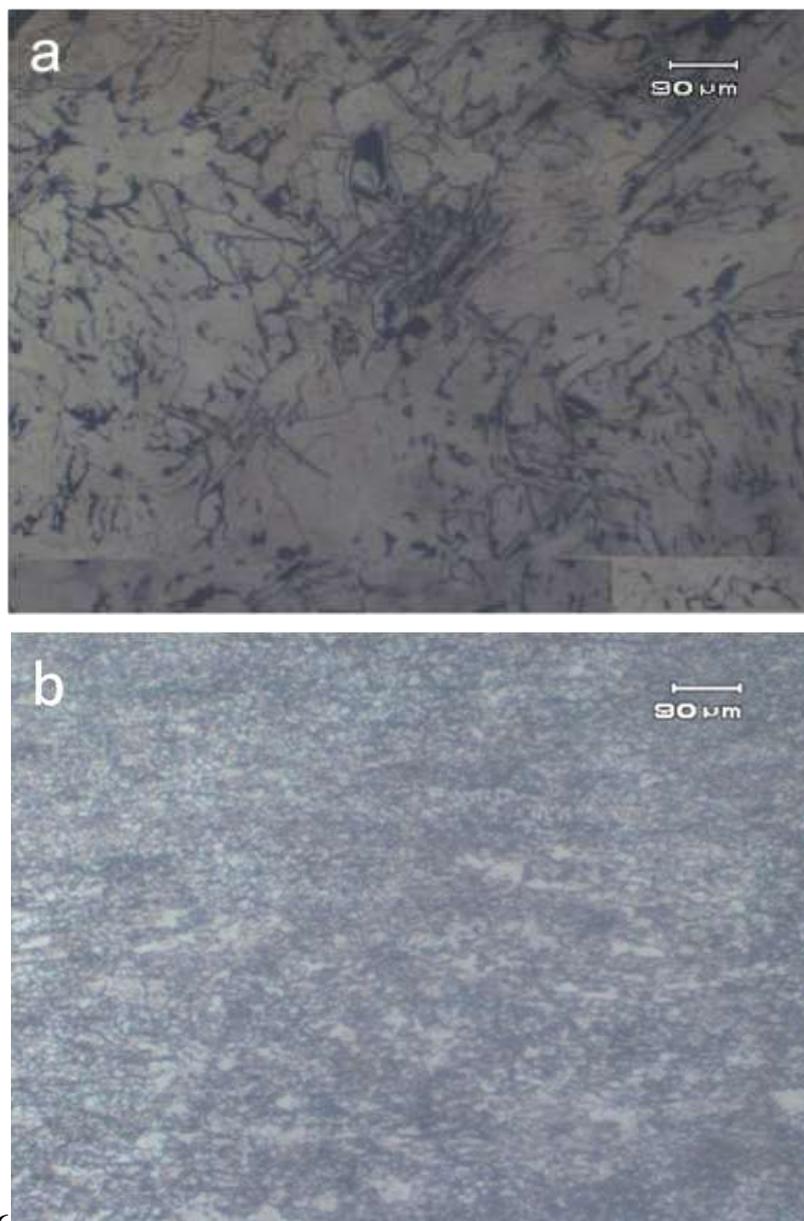
Pada umumnya peningkatan kekerasan berbanding lurus dengan persen reduksi, namun hal tersebut berlaku jika yang dilakukan adalah proses pengerolan dingin. Tidak demikian dengan pengerolan panas, karena pengerolan

panas tidak bertujuan untuk meningkatkan kekerasan tetapi menghaluskan butir untuk meningkatkan kekuatan. Namun demikian, hal tersebut perlu dikonfirmasi dengan melakukan uji tarik agar diketahui kekuatan sampel baja.

Untuk kekerasan optimum, terjadi pada reduksi 30-35% yaitu sebesar 299 - 299,3 HRB. Atau jika dipersentase, peningkatan kekerasan dari baja *as-cast* terhadap baja hasil pengerolan adalah 47,7%. Dengan mengatur komposisi kimianya, pada kondisi kekerasan 299,3 HRB baja laterit mendekati standar baja AISI 416. Baja tersebut biasa diaplikasikan untuk produk kawat, *flat rolled*, komponen perpipaan dan produk lain yang membutuhkan kemampuan mesin yang baik.

METALOGRAFI

Pengamatan struktur mikro yang ditunjukkan Gambar 6 berikut ini membuktikan bahwa pada saat proses terjadi penghalusan butir (*grain refining*) melalui mekanisme rekristalisasi dilihat dari jumlah butir yang meningkat dibandingkan dengan Gambar 6a. Dari Gambar 6b kemudian dibesarkan hingga 500x, tampak terlihat fasa yang terbentuk dari hasil pengerolan panas didominasi oleh fasa ferit (Gambar 7).



Gambar 6. Struktur mikro baja a) kondisi *as-cast* dan b) hasil pengerolan panas reduksi 30-35%. Pembesaran 100x. Etsa Nital 2%



Gambar 7. Struktur mikro baja laterit hasil pengerolan panas dengan reduksi 30-35%. Pembesaran 500x. Etsa Nital 2%

Nikel larut dalam ferit membentuk sel satuan fcc (penstabil austenit) dan menurunkan temperatur *eutectoid* (Yang, Williams, & Goldstein, 1996). Khusus Ni selain meningkatkan kekuatan ferit juga memicu terjadinya rekristalisasi yang mengakibatkan penghalusan butir setelah dideformasi panas (Higgins, 1993).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan proses pengerolan panas, baja laterit mampu mencapai nilai kekerasan tertinggi 299,3 HB serta menghasilkan fasa ferit dengan butir halus. Kemudian jika ditinjau dari komposisi kimianya, baja laterit berpeluang untuk menjadi baja HSLA dengan mengkhhususkan Ni sebagai unsur pepadu untuk memperoleh sifat mekanik yang spesifik. Sedangkan ditinjau dari kekerasannya, baja laterit dimungkinkan untuk beberapa produk yang serupa dengan standar AISI 416. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian mengenai

potensi baja laterit dengan mengacu pada standar komersil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih atas pendanaan kegiatan penelitian kepada Pusat Penelitian Metalurgi dan Material TA 2015 serta kontribusi tim penelitian atas terlaksananya kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, W. ., & Davies, G. . (1985). *Essential metallurgy for engineers* (pp. 63–71).
- Asadi, M., & Palkowski, H. (2011). *Influence of the Hot Rolling Process on the Mechanical Behaviour of Martensitic Steel. Advanced Materials Research* (Vol. 409).
- ASM International. (2001). *High Strength Low Alloy Steels. High Strength Low Alloy Steel*.
- Barkas, J. (2010). Drivers and Risks for Nickel Demand Still Relying on China, (May).
- Binudi, R., & Adjiantoro, B. (2013). Pengaruh Unsur Ni, Cr dan Mn Terhadap Sifat Mekanik Baja Kekuatan Tinggi Berbasis Laterit. *MAJALAH ILMU DAN*

TEKNOLOGI.

- Callister, W. D. (1973). *Materials Science and Engineering. Science (New York, N.Y.)* (Vol. 182).
- Degarmo, E. P., Kohser, R. a, & Klamecki, B. E. (2003). *Materials and Process in Manufacturing. Materials and Process in Manufacturing*, 383.
- Desiana, C., Metalurgi, D. T., Teknik, F., & Indonesia, U. (2008). *Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi Baja Karbon dan Baja Laterit Pada Lingkungan Air*. University of Indonesia.
- Dieter, G. E. (1988). *Mechanical Metallurgy*.
- Higgins, R. (1993). *Engineering Metallurgy. Applied Physical Metallurgy*.
- Mardjono, S. (1985). *Metal Mekanik*.
- Yang, C.-W., Williams, D. B., & Goldstein, J. I. (1996). A revision of the Fe-Ni phase diagram at low temperatures (<400 °C). *Journal of Phase Equilibria*, 17(6), 522–531.
- Yusuf, & Herianto, E. (2008). Pembuatan Besi Nugget dari Pasir Besi dan Bijih Besi Laterit: Tantangan dan Kemungkinan Keberhasilannya. *Majalah Ilmu Dan Teknologi*.