

# Efek Parameter Laku Panas Terhadap Sifat Mekanis Baja Paduan Rendah Kekuatan Tinggi

**ADHITYA TRENGGONO<sup>1</sup>, ALFIRANO<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik metalurgi, Fakultas Teknik  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA), Banten, Indonesia  
Email: Adhitya@ft-untirta.ac.id

## **ABSTRAK**

Baja paduan rendah kekuatan tinggi (High Strength Low Alloy Steel) telah banyak dipergunakan untuk berbagai aplikasi antara lain: konstruksi, pipa saluran minyak dan gas, bejana bertekanan dan otomotif. Pada saat proses pabrikasi, material ini seringkali mengalami proses laku panas yang dapat mengakibatkan perubahan sifat mekanik. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh proses laku panas normalisasi terhadap sifat mekanik baja paduan rendah kekuatan tinggi dengan mengamati perilaku efek mekanisme penguatan baja antara lain, penguatan besar butir, penguatan larutan padat, penguatan presipitat dan penguatan dislokasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur dan penambahan waktu tahan pada proses normalisasi mengakibatkan penurunan kuat tarik. Pemeriksaan metalografi menunjukkan adanya pertambahan ukuran buti ferit untuk kondisi tersebut.

*Kata Kunci : Baja HSLA, Perlakuan Panas, Temperatur, Waktu Tahan, Kuat Tarik, Kekerasan*

## **ABSTRACT**

High Strength Low Alloy Steel has been widely used for several applications: construction, oil and gas piping, pressure vessel and automotive. During fabrication, the heat treatment has been applied, and it can generate mechanical properties changes. This research was conducted to study the effect of normalizing heat treatment process to mechanical properties of high strength low alloy steel, by observing steel strength mechanism (grain size strengthening, solid solution strengthening, precipitate strengthening, and dislocation strengthening). Test result shows that increasing temperature and time holding during normalization process lowers the tensile strength. Metallographic shows the increasing of ferrite grain size in those conditions.

*Key Word : HSLA Steel, Heat Treatment, Temperature, Holding Time, Yield Strength, Hardness*

## 1. PENDAHULUAN

Penguatan baja *High Strength Low Alloy* (HSLA) diperoleh antara lain melalui penghalusan butir, penguatan larutan padat, penguatan dislokasi dan penguatan presipitat. Efek penguatan tersebut dapat dicapai dengan menambahkan sejumlah kecil paduan (*micro alloy*) pada baja karbon rendah yang kemudian diproses dengan menggunakan canai panas thermomekanis atau yang lebih dikenal dengan *thermomechanical controlled rolling*.

Baja HSLA pada umumnya memiliki kuat tarik dan kuat luluh yang tinggi serta memiliki ketangguhan, mampu bentuk dan mampu las yang baik. Karena berbagai keunggulan sifat baja HSLA tersebut diatas, baja jenis ini telah dipergunakan untuk berbagai aplikasi antara lain; konstruksi, pipa saluran minyak dan gas, bejana bertekanan dan otomotif. Pada saat proses pabrikan, material ini seringkali mengalami proses laku panas yang dapat mengakibatkan perubahan sifat mekanik. Perubahan sifat mekanik ini terjadi sebagai akibat perubahan struktur mikro setelah proses laku panas. Untuk mengetahui karakteristik perubahan sifat mekanik sebagai akibat proses laku panas, maka pada penelitian ini dilakukan simulasi proses normalisasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh parameter proses laku panas normalisasi terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja HSLA paduan Nb, V dan Ti.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diperoleh informasi tentang kondisi proses laku panas normalisasi yang tepat untuk material yang diteliti agar didapatkan produk dengan sifat mekanik yang diinginkan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah pelat baja HSLA paduan Nb-V-Ti produksi PT Krakatau Steel yang diproses menggunakan *Thermomechanical Control Process* (TMCP). Proses pembuatan baja lembaran ini dimulai dari pemanasan slab 1250°C, temperatur canai akhir sekitar 780°C dan temperatur penggulangan sekitar 550°C. Kemudian dilakukan pengambilan sampel yang selanjutnya pelat baja dipotong menjadi sampel uji sebanyak 76 buah dengan ukuran 320 x 55 mm. Dengan komposisi kimia sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1

**Tabel 1. Komposisi Kimia Pelat Baja**

Unsur (%Br t)	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	V	Ti	Nb	N
Product Analysis	0.087	0.358	1.525	0.011	0.003	0.050	0.212	0.163	0.010	0.070	0.015	0.055	0.0033

## 2.2. Variabel Percobaan

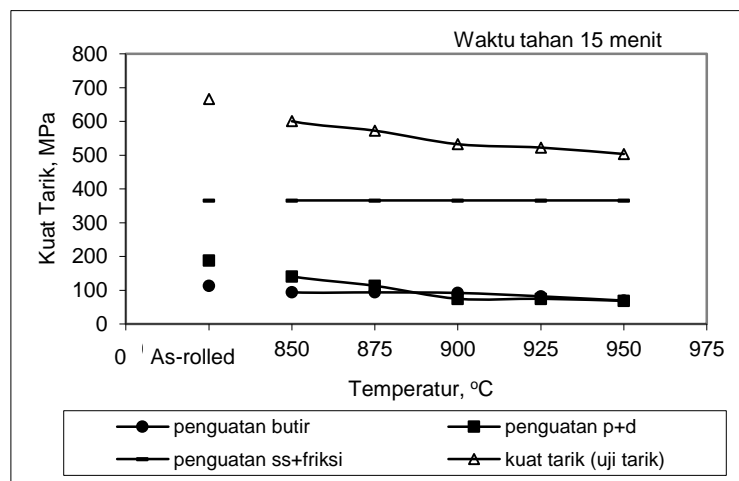
Variabel percobaan yang dipakai adalah sebagai berikut :

- Temperatur pemanasan untuk laku panas normalisasi adalah 850°C, 875°C, 900°C, 950°C. Temperatur ini dipilih untuk mendekati kondisi proses yang umum dipakai pada baja HSLA.
- Waktu penahanan selama temperatur austenisasi adalah selama 15, 30, 45 menit.

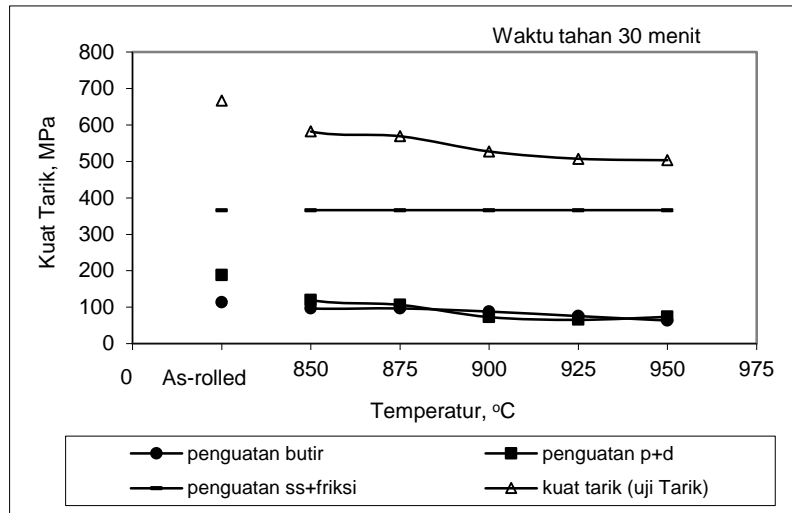
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengaruh Temperatur Terhadap Kontribusi Mekanisme Penguatan Baja

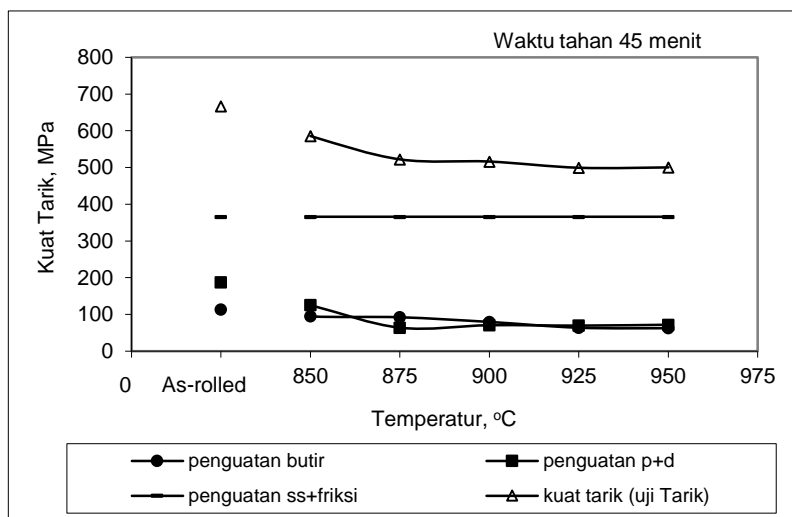
Gambar 1 menunjukkan pengaruh temperatur dan waktu tahan terhadap kuat tarik serta kontribusi mekanisme penguatan baja terhadap nilai kuat tarik total. Penurunan kuat tarik total disebabkan karena penurunan penguatan butir akibat terjadinya pembesaran butir dengan bertambahnya temperatur pemanasan. Selain itu terjadi pula penurunan mekanisme penguatan presipitat dan penguatan dislokasi (penguatan p+d). Kenaikan temperatur normalizing dapat menurunkan penguatan presipitat karena akan terjadi kelarutan terhadap presipitat tersebut. Jumlah kerapatan dislokasi yang besar pada kondisi hasil canai panas (*as-rolled*) menjadi menurun karena dislokasi yang menumpuk pada batas butir menjadi berkurang karena butiran semakin membesar.



**Gambar 1. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada i Waktu Tahan 15 menit**



**Gambar 2. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Waktu Tahan 30 menit**

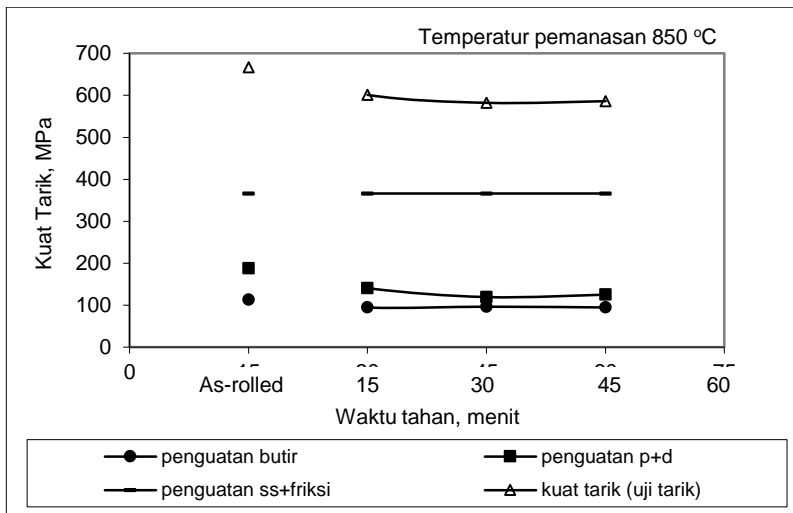


**Gambar 3. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Waktu Tahan 45 menit**

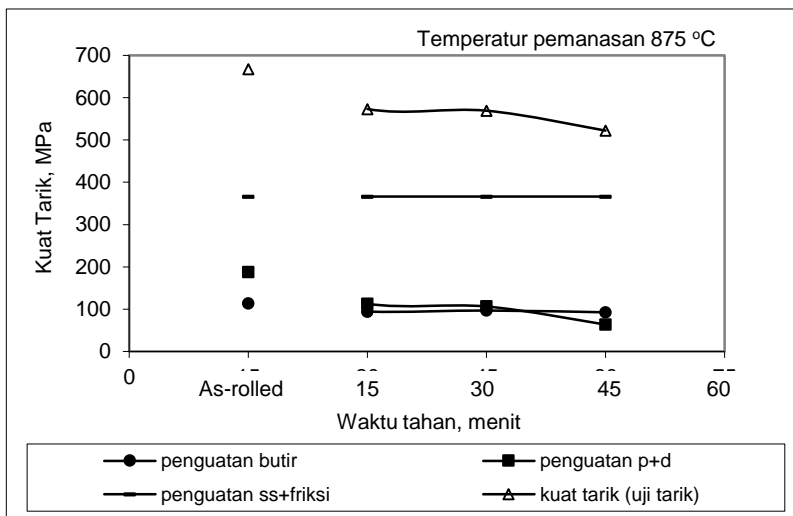
### **3.2 Pengaruh Waktu Tahan Terhadap Kontribusi Mekanisme Penguatan baja**

Gambar di bawah ini menunjukkan kontribusi penguatan baja terhadap kuat tarik hasil normalising. Penurunan kuat tarik disebabkan karena dengan bertambahnya waktu tahan butiran ferit semakin membesar yang ditandai dengan terjadinya penurunan penguatan butir. Penguatan presipitat menurun dengan bertambahnya waktu tahan disebabkan karena semakin lama masa penahanan presipitat semakin banyak yang larut, setelah pendinginan volume fraksi presipitat menjadi berkurang.

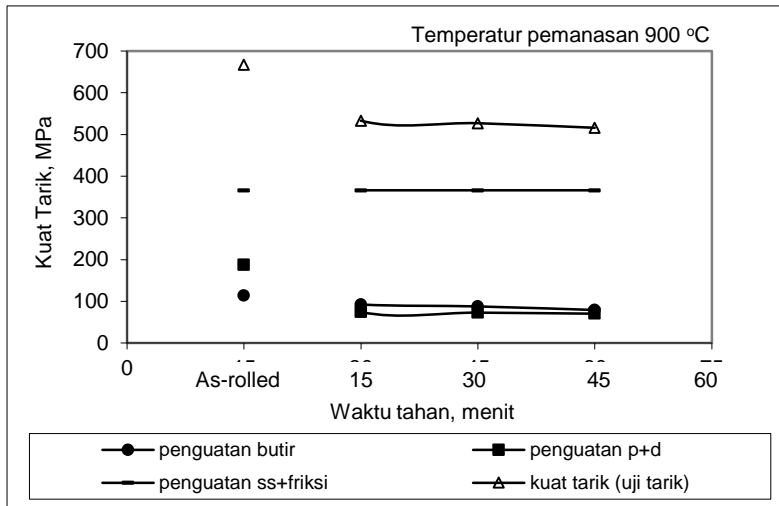
Sedangkan penguatan dislokasi menurun disebabkan karena bertambahnya waktu tahan dislokasi menjadi berkurang seiring dengan terjadinya perbesaran butir.



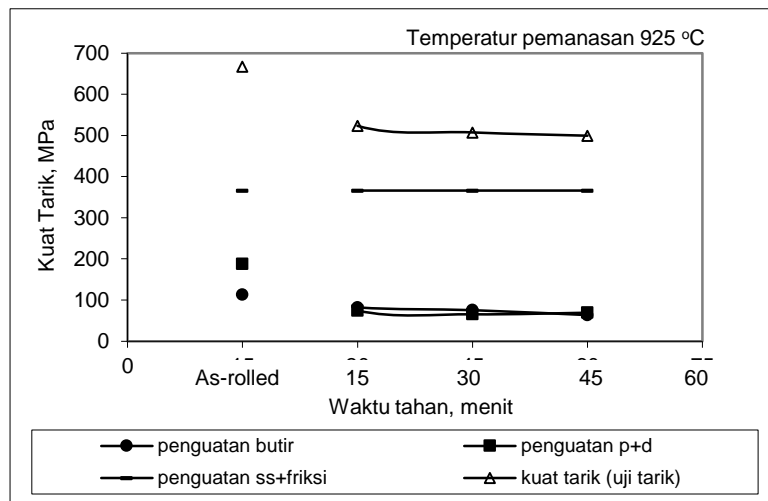
**Gambar 4. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Pemanasan 850°C**



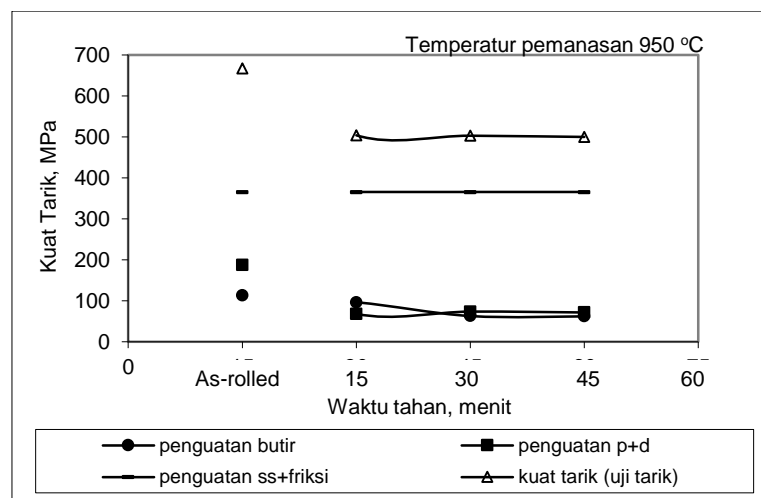
**Gambar 5. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Temperatur Pemanasan 875°C**



**Gambar 6. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Temperatur Pemanasan 900°C**



**Gambar 7. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Temperatur Pemanasan 925°C**



**Gambar 8. Kontribusi Beberapa Mekanisme Penguatan Baja Terhadap Kuat Tarik Hasil Normalising Pada Temperatur Pemanasan 950°C**

## 4. KESIMPULAN

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian diatas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perlakuan panas normalisasi, peningkatan temperatur pemanasan akan mengakibatkan pengkasaran butir ferit, sehingga menurunkan efek penguatan besar butir. Peningkatan temperatur dapat menghilangkan efek penguatan presipitat karena presipitat menjadi larut pada temperatur normalisasi dan kembali membentuk presipitat yang kasar pada saat pendinginan, hal ini mengurangi efek penguatan presipitat.
2. Semakin lama waktu tahan akan mengurangi efek penguatan pada baja, diantaranya dapat menyebabkan ukuran butir semakin besar, semakin banyak presipitat yang terlarut dan dapat mengurangi kerapatan dislokasi

### 4.2. Saran

Untuk mendapatkan informasi yang lebih lengkap tentang pengaruh proses laku panas terhadap karakteristik baja HSLA, perlu dilakukan beberapa kegiatan penelitian lanjutan sebagai berikut :

1. Penelitian perilaku presipitasi dan kerapatan dislokasi pada material hasil proses laku panas baja HSLA dengan menggunakan *Transmission Electron Microscope*.
2. Penelitian perilaku material akibat proses laku panas untuk baja HSLA dengan kombinasi unsur padu yang berbeda.

## DAFTAR RUJUKAN

- Adnyana D.N., **Dasar-dasar Metalurgi Baja Paduan Rendah Berkekuatan Tinggi (HSLA)**, Training Metalurgi Fisik PT. Krakatau Steel, Cilegon, 1999.
- Tanaka, T., **High Strength Low Alloy Steels**, Proceedings of an International Conference: HSLA Steel Australia, editors: D.P Dunne & T. Chandra, South Coast Printer, NSW, Australia, 1999, p. 6-16.
- Pickering, F.B., **Physical Metallurgy And The Design of steel**, Applied Science Publishers, 1997.
- Utomo, W., **Prinsip-prinsip Canai Panas Baja Paduan Rendah**, Lokakarya Teknologi Besi Baja I, Cilegon, 1988.
- Reed-Hill, R.E., Abbaschian, R., **Physical Metallurgy Principles**, third edition, University of Florida, PWS-Kent Publishing Company, Boston.
- Metals Hand Book**, 9<sup>th</sup> edition, volume 1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup>, Am.Soc.Met., Metals Park, Ohio, 1961.
- Saito, Y., Tanaka, M., Sekine, T., Nishizaki, H., **High Strength Low Alloy Steels**, Proceedings of an International Conference: HSLA Steel Australia, editors: D.P Dunne & T. Chandra, South Coast Printer, NSW, Australia, 1995, p. 28-37
- Avner, S.H., **Introduction to Physical Metallurgy**, 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-hill, 1974.
- Ashby, M.F., **Oxide Dispersion Strengthening**, Warrendale, PA : AiME
- Pickering, F.B., **Materials Science and Technology : A Comprehensive Treatment**, Vol.7, Constitution And Properties of Steel, Edited by R.W Cahn, P. Haasen & E.J. Kramer, VCH, 1992, New York.
- Onel, K., Nutting, J., **Met.Sci.** 13(10), p.573.

Krauss, G., **Steel : Heat Treatment And Processing Principles**. 4<sup>th</sup> edition, ASM International, Material Park, Ohio, 1995.

Pickering, F.B., **Vanadium As A Hardenability And Temperability Additive In Quenched And Tempered Steels**, Sheffield City Polytechnic Pond Street, Sheffield, England, 2002.

Andrian, H., Pickering, F.B., **Effect of Titanium Addition on Austenite Grain Growth Kinetics of Medium Carbon V-Nb Steels Containing 0.008-0.018%N**, Materials Science and Technology, Vol. 7, 1991.

Ouchi, Sampei, Kozasu, **Metallurgy Transaction.**, Trans. Iron and Steel Inst., Japan, 2002, P.22, 214.