

DISTRIBUSI SIFAT MEKANIK SEBAGAI AKIBAT LAKU PANAS YANG BERBEDA PADA MATERIAL *MILD STEEL GRADE A* DI KRI NALA-363

Sutrisno¹, Chris Rinaldi², Agung Budi Kurniawan³

^{1,3,4} Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya Indonesia.

² Jurusan Teknik Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya

Abstrak

Pada tahun 2009 yang lalu KRI Nala – 363 yang merupakan kapal perang tipe Korvet TNI Angkatan Laut mengalami kebakaran di Laut Jawa. Prosedur pemadaman kebakaran di kapal telah dilaksanakan, mulai dari pemadaman dengan menggunakan CO₂ Central, APAR (Alat Pemadam Api Ringan), sampai dengan menggunakan Hydrant. Kejadian tersebut memakan waktu kurang lebih 1 jam. Dari kejadian tersebut, maka timbul permasalahan apakah plat yang telah mengalami kebakaran tersebut masih layak digunakan atau tidak. Dari permasalahan diatas, maka dilakukan sebuah simulasi dengan menggunakan *Heat Treatment* material yang sama dengan material plat lambung KRI Nala – 363 yang terbakar, yaitu material *Mild Steel Grade A*. Untuk memperoleh hasil yang optimal, maka dalam penelitian ini akan divariasikan besarnya waktu penahanan (*Holding Time*) yaitu 10 menit, 30 menit dan 60 menit serta variasi media pendingin yaitu udara, oli bekas, busa pemadam, dan air laut. Hasil pengujian kekerasan *Brinnell* menunjukkan bahwa spesimen awal mempunyai nilai kekerasan 151 HB. Setelah mengalami proses laku panas, ternyata spesimen yang mendapatkan *quenching* air laut mempunyai nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 222 HB untuk waktu tahan 10 menit, 151 HB untuk waktu tahan 30 menit, dan 199 HB untuk waktu tahan 60 menit. Sedangkan untuk spesimen yang mendapatkan *quenching* udara, oli bekas, dan busa pemadam nilai kekerasan relatif sama dengan spesimen awal. Data ini bersesuaian dengan hasil uji tarik, yang menunjukkan spesimen yang didinginkan dengan air laut mempunyai *Tensile Strength* yang paling tinggi. Sehingga spesimen yang mendapatkan *quenching* menggunakan air laut tidak dapat dipergunakan lagi, karena sifat mekaniknya berubah secara signifikan dibandingkan spesimen awal.

Kata kunci: Holding time, quenching, heat treatment/laku panas, metalografi test, ferrite, pearlite

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

TNI AL sebagai alat pertahanan negara dalam melaksanakan tugas pokoknya sangat bergantung pada peralatan atau alat utama sistem senjata (Alut Sista), sehingga dapat dikatakan tanpa kesiapan alut sista, TNI Angkatan Laut tidak dapat melaksanakan tugas pokoknya. Pada tahun 2009 yang lalu KRI Nala – 363 yang merupakan kapal perang tipe Korvet TNI Angkatan Laut mengalami kebakaran di Laut Jawa. Pada saat terbakar, prosedur pemadaman kebakaran di kapal telah dilaksanakan oleh ABK KRI, mulai dari pemadaman dengan menggunakan CO₂ Central, APAR (Alat Pemadam Api Ringan), sampai dengan menggunakan Hydrant. Kejadian tersebut memakan waktu kurang lebih 1 jam. Hingga saat ini kondisi KRI Nala – 363 masih dalam proses perbaikan, dengan menggunakan metoda MLM (Mid-Life Modernization), dimana metoda ini tidak

semua subsistem diganti baru atau material yang masih memenuhi spesifikasi teknis dipergunakan kembali.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis merasa perlu melakukan penelitian untuk mengetahui :

a. Bagaimana perbandingan kekuatan plat baja dengan proses perlakuan panas yang mengalami pendinginan cepat menggunakan media pendingin (udara, air laut, oli, dan busa pemadam).

b. Bagaimana perbandingan struktur mikro pada uji metalografi dan kekerasan yang terjadi pada plat baja dengan proses perlakuan panas dan didinginkan dengan cepat menggunakan media pendingin (udara, air laut, oli, dan busa pemadam).

Adapun tempat penelitian yaitu di :

- Pematangan dan pembuatan spesimen dilaksanakan di Laboratorium FTK – ITS.

- Pemanasan *spesimen* dan Metalografi *Test* dilaksanakan di LABINKIMAT (Laboratorium Induk Kimia dan Material TNI AL).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pemilihan Spesimen

Material yang digunakan pada pengujian ini adalah *Mild Steel Grade A*.

Berikut ini komposisi kimia material *Mild Steel Grade A* berdasarkan data dari sertifikat :

➤ Karbon (C)	: 0,184%
➤ Silikat (Si)	: 0,029%
➤ Mangan (Mn)	: 0,862%
➤ Posphor (P)	: 0,01%
➤ Sulphur (S)	: 0,006%

a. Pemotongan Plat

Pemotongan plat terbagi dalam dua macam yaitu :

1) Material pengujian tarik dibagi menjadi 3 replikasi untuk masing – masing media pendingin dengan 3 variasi penahanan waktu, sehingga jumlah material menjadi 39 buah replikasi plat yang dipakai untuk pengujian tarik dengan ukuran :

- 220 mm X 20 mm X 10 mm

2) Material untuk foto mikro etsa dan pengujian kekerasan jadi satu dan berjumlah 13 buah dengan ukuran :

- 20 mm X 20 mm X 10 mm

b. Pemanasan (*Heat Treatment*)

Proses laku panas (*Heat Treatment*) adalah kombinasi proses pemanasan dan pendinginan logam atau paduan dalam keadaan padat, untuk memperoleh sifat mekanik sesuai dengan kebutuhan. Proses laku panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan pemanasan sampai ke temperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan selama beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu.

c. Pendinginan (*Quenching*)

Pendinginan (*quenching*) adalah pendinginan baja secara cepat dengan cara menyemprotkan media pendingin atau pencelupan serta perendaman produk yang masih panas kedalam media pendingin

d. Proses Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen terbagi dalam dua macam yaitu :

➤ *Spesimen* untuk Uji tarik (*Tensile Test*)

➤ *Spesimen* untuk *Metalografi Test* dan *Hardness Test*

e. Pelaksanaan *Metalografi Test*

➤ Pemotongan benda uji, disesuaikan dengan alat uji metalografi.

➤ Penghalusan dengan kertas gosok secara berurutan dengan ukuran : 0, 2,5, dan kertas gosok *water proof* no. 400, 800, 1000 dan 1200.

➤ Memoles sampel uji dengan menggunakan *metallographic polisher* yang mengandung larutan chrom oksida (Cr_2O_3),

➤ Selanjutnya dilakukan proses pengikisan Etsa, setelah itu dibersihkan dengan alkohol 97% kemudian dikeringkan dengan udara.

➤ Dilakukan pengaturan pada alat sehingga hasil pengamatan pada sampel uji dapat dilihat di layar monitor.

f. Pelaksanaan Pengujian Kekerasan Brinnell (*Brinnell Hardness Test*)

➤ Spesimen uji kekerasan *Brinnell* yang digunakan adalah sama yang digunakan dalam pengujian *metalografi test*.

➤ Penghalusan spesimen uji kekerasan dengan menggunakan kertas gosok.

➤ Sampel yang akan diuji disiapkan dan penusuk *impact* ditempelkan pada permukaan sampel, kemudian pada ujung pangkal *impact devices* ditekan, sehingga terjadi tumbukkan pada sampel dan hasil pengujian kekerasan akan ditunjukkan pada layar.

g. Pelaksanaan Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

➤ Benda uji / spesimen dijepit pada *Cross Head Bottom* uji tarik dan sebelumnya didata ukuran penampang, panjang awal, dan ketebalan spesimen.

➤ Menyiapkan kertas milimeter blok dan meletakkan pada *plotter*.

➤ Spesimen mulai mendapat beban tarik dengan tenaga hidrolik diawali dengan beban 0 Kg hingga spesimen tersebut putus pada beban maksimum yang dapat ditahan oleh spesimen tersebut. Dari beban ini akan mengetahui nilai *P.Ultimate* dengan satuan Kg.

➤ Spesimen yang telah diuji, kemudian diukur untuk mengetahui tebal, lebar dan panjang penampang spesimen yang telah diuji.

➤ Dari hasil data yang didapat kemudian diproses dengan menggunakan beberapa persamaan yang ada sehingga diperoleh nilai-nilai dari kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan luluh (*yield strength*), perpanjangan

(elongation), dan reduksi penampang (reduction of area).

Rumus – rumus yang umumnya digunakan dalam perhitungan pengujian tarik adalah sebagai berikut :

➤ Besarnya tegangan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_y = \frac{P}{A_o}$$

Dimana : σ_y : Tegangan (kg/mm²)

P : Beban tarik (kg)

Ao : Luas penampang batang uji mula-mula (mm²)

➤ Besarnya tegangan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_u = \frac{P}{A_o}$$

Dimana : σ_u : Tegangan (kg/mm²)

P : Beban tarik (kg)

Ao : Luas penampang batang uji mula-mula (mm²)

➤ Besarnya regangan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana : ϵ : Regangan (%)

L₁ : Panjang akhir batang uji (mm)

Lo : Panjang awal batang uji (mm)

➤ Besarnya Reduction of Area dihitung dengan menggunakan rumus:

$$ROA = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

Dimana :

A₀ : Luas penampang batang uji mula-mula (mm²)

A₁ : Luas penampang batang uji setelah ditarik (mm²)

➤ Besarnya modulus elastisitas (Modulus Young's) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$E = \frac{\sigma_u}{\epsilon}$$

Dimana :

σ_u : Tegangan (kg) ; ϵ : Regangan (% , mm/mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan spesimen uji tarik, dimensi harus sesuai dengan standar ASTM

A 370. Sebelum diuji tarik, masing – masing spesimen dilakukan pengukuran untuk mengetahui data awal spesimen :

- Tebal Spesimen (t)
- Lebar Spesimen (w)
- Gage Length (L_o)

Dari hasil pengukuran diatas digunakan untuk mengetahui luas penampang mula – mula (A_o) dari setiap spesimen dan panjang Gage Length sebelum ditarik (L_o), yang nantinya akan dibandingkan dengan panjang Gage Length (L₁), setelah diuji tarik.



Gambar 1 Spesimen Uji Tarik

Hasil akhir dari pengujian ini untuk mengetahui parameter kekuatan (kekuatan tarik / Tensile strength, σ_u dan kekuatan luluh / Yield strength, σ_y) dan parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan persentase perpanjangan atau Regangan (ϵ), persentase kontraksi atau reduksi penampang (ROA) dan Modulus Young's (E)

Berikut ini adalah contoh perhitungan sifat – sifat mekanik material pada spesimen uji tarik tanpa perlakuan (TP) :

a. Perhitungan Yield strength spesimen uji tarik tanpa perlakuan

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \frac{P_y}{A_n} \\ &= \frac{3300}{127.73} \\ &= 25.84 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Ultimate strength spesimen uji tarik tanpa perlakuan

$$\begin{aligned} \sigma_u &= \frac{P_u}{A_n} \\ &= \frac{5100}{127.73} \\ &= 39.93 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

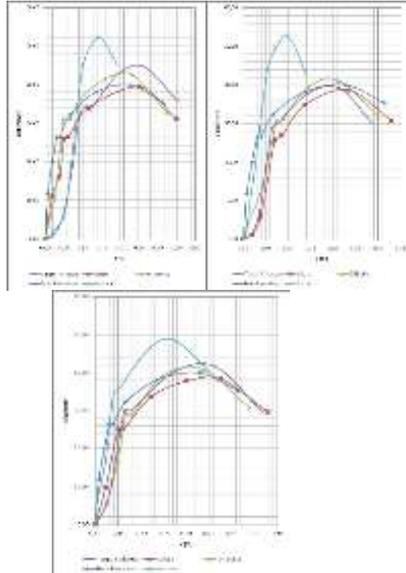
c. Perhitungan Reduction of Area spesimen uji tarik tanpa perlakuan

$$\begin{aligned} ROA &= \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\% \\ &= \frac{127.73 - 50.54}{127.73} \times 100\% \\ &= 60.43\% \end{aligned}$$

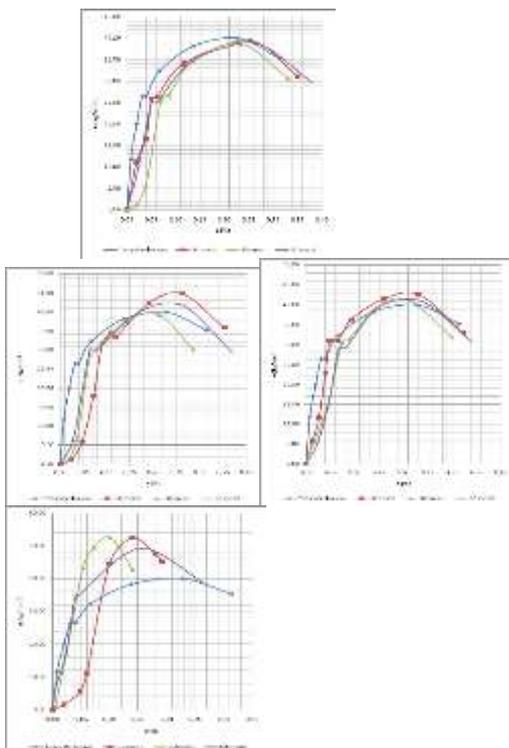
d. Perhitungan Regangan spesimen uji tarik tanpa perlakuan

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{66.70 - 50}{50} \times 100\% \\ &= 0.33\% \end{aligned}$$

Demikian seterusnya, perhitungan yang sama digunakan pada spesimen yang lainnya.



Gambar 2 Diagram Tegangan - Regangan Untuk t = 10, 30, dan 60 Menit Masing-Masing Media Pendingin



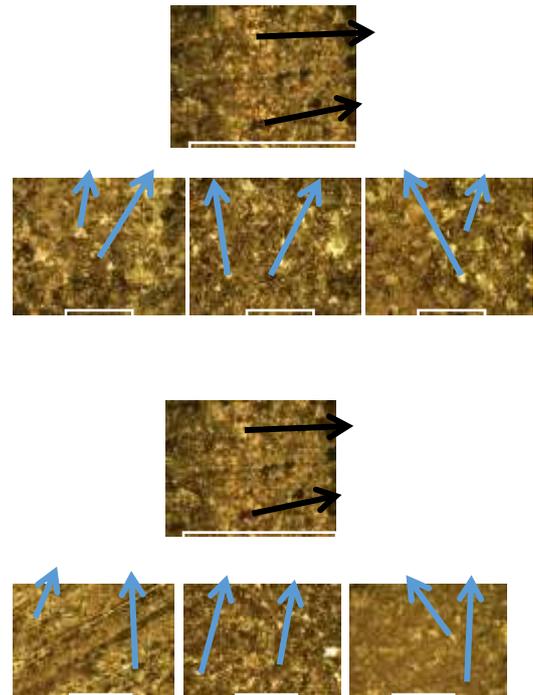
Gambar 3 Diagram Tegangan - Regangan Dengan *Quenching* Menggunakan Udara, Oli Bekas, Busa Pemadam, dan Air Laut

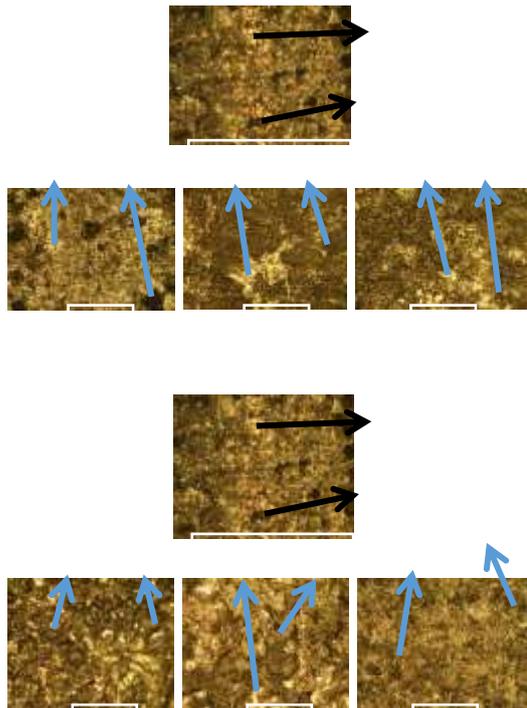


Gambar 4 Diagram Uji Kekerasan

Pengujian Struktur Mikro (*Metalografi Test*)

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui pengaruh terbentuknya fasa yang terjadi pada proses pemanasan dan pendinginan sehingga terjadi pertumbuhan butir-butir struktur akibat perlakuan tersebut pada peningkatan sifat mekanik.





Dari seluruh spesimen yang mendapatkan pengujian metalografi didapatkan fakta bahwa dengan bertambahnya laju pendinginan, spesimen yang mendapatkan *quenching* dengan media air laut ukuran butirannya semakin kecil dan jumlah pearlite lebih banyak daripada ferrite jika dibandingkan dengan ukuran butir pada spesimen tanpa perlakuan. Hal ini mengakibatkan nilai kekerasan material meningkat. Data ini bersesuaian dengan hasil uji mekanik tarik (*Tensile Test*) dan uji kekerasan (*Hardness Test*), dimana spesimen yang mendapatkan *quenching* dengan media air laut mempunyai nilai *Tensile strength* yang paling tinggi, tetapi diikuti penurunan keuletan. Hasil uji kekerasan menunjukkan spesimen yang mendapatkan *quenching* dengan air laut mempunyai nilai kekerasan tertinggi.

Media pendingin lain yang diujikan, relatif tidak merubah sifat mekanik baja dan struktur mikro secara signifikan. Kemungkinan terbentuknya martensit pada fast cooling baja tidak ditemukan, mengingat kadar Karbon yang rendah (0.18%C), sementara martensit berasal dari transformasi Karbon (memerlukan kadar Karbon dalam jumlah yang besar).

Naiknya *Tensile* dan kekerasan baja dapat diperbaiki / direduksi dengan metode *Tempering*, jika diinginkan sifat mekanik yang mirip dengan material awal / material tanpa perlakuan

4. KESIMPULAN

a. Dari hasil pengujian tarik didapatkan fakta bahwa, dengan bertambahnya waktu tahan (*Holding Time*), spesimen yang mendapatkan pendinginan menggunakan air laut mempunyai *Tensile Strength* yang paling tinggi, yaitu 53,69 kg/mm², tetapi diikuti penurunan keuletan. Data ini bersesuaian dengan hasil uji kekerasan (*Hardness Test*) yang menunjukkan spesimen yang didinginkan dengan air laut mempunyai angka kekerasan tertinggi dengan angka kekerasan rata – rata 190,67 HB. Spesimen yang mendapatkan pendinginan dengan udara, oli bekas, dan busa pemadam tidak banyak mengubah sifat mekanik dari spesimen tanpa perlakuan.

b. Dari hasil *Metalografi Test*, didapatkan fakta bahwa pengujian yang dilakukan relatif tidak banyak merubah fase baja secara signifikan dari spesimen tanpa perlakuan. Kemungkinan pada saat waktu tahan (*Holding Time*) 60 menit, temperatur antara *case* dan *core* belum homogen.

UCAPAN TERIMAKASIH

The authors greatly acknowledge the support from Naval Technology College, STTAL Surabaya Indonesia for providing the necessary resources to carry out this research work. The authors are also grateful to Indonesia Defense University, UNHAN Jakarta Indonesia who always give me opportunity to improve my research. And the last the authors would like to say thank to the anonymous reviewers and journal editorial board for their many insightful comments, which have significantly improved this article.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, Sidney H, 1982, Introduction to Physical Metallurgy, Second Edition, McGraw-Hill International Book Company, Tokyo,.
- Dieter, G.E. , 1992, *Metalurgi Mekanik*, edisi ketiga, alih bahasa Ir. Ny. Sriati Djaprie M.E, M, Met, penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rollason, E.C., 1974, Metallurgy for Engineers, Fourth Edition, Edward Arnold (Australia), Melbourne,.
- Deutschman, Aaron D, 1975, Machine Design ; Theory and Practice, Macmillan Publishing Co.,Inc,.

BKI Volume V, 2006, Rules of Material, *Rules
for the Classification and Construction of
Seagoing Steel Ship*