

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AUSTENISASI TERHADAP  
STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN *EUTECTOID STEEL* DENGAN  
VARIASI MEDIA PENDINGIN**

**JURNAL ILMIAH**

**ANUGRAH PUTRA**

**123.15.020**



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN**

**INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS**

**BANDUNG KOTA DELTAMAS**

**JULI 2020**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AUSTENISASI TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO DAN KEKERASAN *EUTECTOID STEEL* DENGAN VARIASI MEDIA  
PENDINGIN**

**JURNAL ILMIAH**

**ANUGRAH PUTRA**

**123.15.020**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Menyetujui,

Kota Deltamas, 10 Juli 2020

Pembimbing I



**Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.**  
NIP. 197412042008011011

Pembimbing II



**Andrie Harmaji, S.T., M.T.**  
NIP. 199110107201607516

# PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AUSTENISASI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN EUTECTOID STEEL DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN

Anugrah Putra<sup>[1]</sup>, Akhmad Ardian Korda<sup>[2]</sup>

Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi dan Sains Bandung<sup>[1]</sup>

Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Bandung<sup>[2]</sup>

Email: [anugrahputra70@gmail.com](mailto:anugrahputra70@gmail.com)<sup>[1]</sup>

## Abstrak

*Perlakuan panas (Heat Treatment) didefinisikan sebagai proses perubahan sifat logam, terutama baja, melalui perubahan struktur mikro dengan cara pemanasan dan pengaturan laju pendinginan. Salah satu metode perlakuan panas tersebut adalah proses quenching. Proses ini dilakukan pada temperature austenite 735, 775, 825, dan 900°C dengan lama waktu penahanan 30 menit. Lalu dilakukan pendinginan dengan media air, oli, dan udara. Pada sampel dilakukan proses metalografi. Dalam pengujian dilakukan pengujian struktur mikro dan hardness vickers. Hasil Pengujian memperlihatkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada media air di setiap temperatur karna memiliki sifat pendingin yang cepat dengan kekerasan 858,7 VHN. Lalu diikuti kekerasan pada media oli yang memiliki nilai kekentalan yang tinggi dengan kekerasan 841,3 VHN. Lalu kekerasan terendah terdapat pada media udara karna media udara adalah media dengan laju pendinginan yang lambat dan pendinginan yang lambat mengakibatkan karbon dapat berdifusi keluar pada saat proses pendinginan dari temperatur austenite stabil sehingga memiliki kekerasan 791 VHN. Hasil uji struktur mikro pada media pendingin air terbentuk fasa austenit sisa dan martensite pada masing-masing temperatur, sedangkan pada media oli terbentuk fasa yang sama di setiap temperatur memiliki fasa yang sama yaitu fasa austenit sisa dan martensite, lalu pada media pendingin udara memiliki fasa pearlite dan proeutectoid ferrite. Pada proses quenching dengan berbagai media pendingin dapat meningkatkan nilai kekerasan eutectoid steel. Laju pendinginan juga mempengaruhi kekerasan baja eutectoid steel karena semakin cepat laju pendinginan suatu baja maka martensit yang terbentuk juga berpotensi semakin banyak*

**Kata Kunci:** *Eutectoid steel, Heat treatment, quenching, austenite, martensite, pearlite, proeutectoid ferrite*

## I. PENDAHULUAN :

Baja merupakan logam paduan yang mempunyai unsur dasar besi karbon dan lainnya. Dilihat dari kadar karbonnya baja dapat dikelompokkan diantaranya baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Eutectoid steel adalah baja karbon dengan kandungan karbon berkisar 0,76 wt%. Baja ini memiliki kekuatan dan ketahanan aus yang tinggi

sehingga umumnya digunakan pada aplikasi rel kereta api. Eutectoid steel memiliki komposisi full pearlite karena memiliki kandungan C yang tidak lebih dan tidak kurang dari 0,8%. Komposisi didalamnya terdapat 88% ferrite dan hanya 12% cementite hal ini menjadikan eutectoid steel menjadi full pearlite. Proses heat treatment merupakan proses perubahan sifat logam, terutama baja,

melalui perubahan struktur mikro dengan cara pemanasan dan pengaturan laju pendinginan. Dalam heat treatment kita memanaskan spesimen sampai dengan temperatur austenisasinya. Temperatur austenisasi yang diberikan tergantung pada kadar karbon baja yang diproses. Setelah temperatur austenisasinya tercapai, benda kerja dibiarkan pada temperatur tersebut dalam jangka waktu tertentu agar temperatur homogenya di seluruh benda kerja. Proses ini disebut dengan homogenisasi. Setelah itu, dengan mengatur laju pendinginan akan didapat kekerasan yang diinginkan.

## **II. METODOLOGI PENELITIAN**

### **21 Alat dan Bahan**

#### **21.1 Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah furnace, thermocouple, gas portabel, gas torch, gerinda, kertas amplas grid 220, 320, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1500, penggaris, spidol, timer, kain poles, pengering, alat Uji Kekerasan Micro Vickers Shimadzu hmv-g21st, alat uji struktur mikro.

#### **21.2 Bahan**

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah baja eutectoid, resin, hardener, pasta gigi zact (poles), air, oli, etsa Kimia: nitric acid 2% + etanol 98%, alkohol.

### **22 Prosedur Kerja**

#### **22.1 Prosedur Heat Treatment**

Prosedur Heat Treatment pada penelitian ini dilakukan di rumah. Adapun tahapan dari prosedur Heat Treatment tersebut yaitu sebagai berikut. Pertama mempersiapkan baja eutectoid yang dipotong dengan dimensi 0,5 cm x 0,5 cm menggunakan mesin potong sebanyak 12 buah. Lalu memasukan sampel pada furnace yang sudah di

panaskan dengan gas portabel dan gas torch dengan variasi temperatur yang berbeda 735,775,825,9000C dengan variasi 3 pendingin. Lalu melakukan Holding Time selama 30 menit. Setelah selesai sampel di keluarkan dan langsung di dinginkan pada 3 variasi pendingin air, oli, dan udara.

### **22.2 Prosedur Metalografi**

Metalografi dilakukan untuk menganalisa struktur mikro pada spesimen. Preparasi sampel metalografi mengacu pada ASTM E3 (Standar Practice for Preparation of Metallographic Specimens). Tahapan dari proses metalografi ini adalah pemotongan (Cutting), pembedaan (Mounting), pengamplasan (Grinding), pemolesan (Polishing), Penetsaan (Etching).

### **22.3 Prosedur Mikroskop Optik**

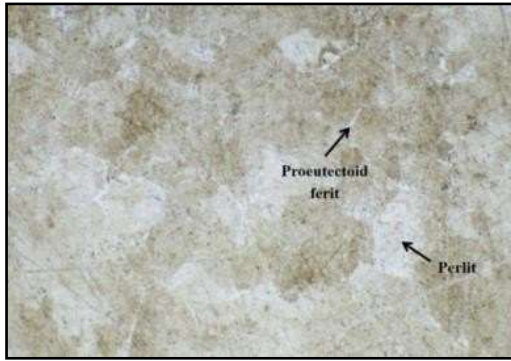
Analisis mikrostruktur dilakukan dengan metode metalografi sesuai dengan standar ASTM E3-11. Dalam pengujian ini dilakukan etsa dengan larutan sesuai standar ASTM 20, sehingga dapat terlihat struktur mikro kemudian hasil gambaran struktur mikro di ambil dan kemudian di bandingkan dengan literatur dan dianalisis.

### **22.4 Prosedur Pengujian Kekerasan Micro Vickers**

Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian kekerasan Micro Vickers karena cocok digunakan untuk material baja. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada daerah logam induk (base metal).

## **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **31 Analisis Mikrostruktur**



**Gambar 1.** Stuktur Tanpa Perlakuan

Pada hasil pengamatan struktur mikro pada eutectoid steel yang belum diberikan perlakuan panas terdapat fasa perlit dan proeutectoid ferrite. Proeutectoid ferrite ditunjukkan dengan daerah yang berwarna terang dan perlit ditunjukkan dengan daerah yang berwarna gelap.

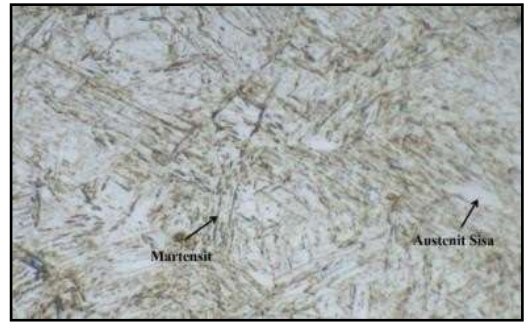
### 3.1.1 Analisis Struktur Mikro Media Air



**Gambar 2.** Struktur Mikro Pada Media Air Di Temperatur 735



**Gambar 3.** Struktur Mikro Pada Media Air Di Temperatur 775



**Gambar 4.** Struktur Mikro Pada Media Air Di Temperatur 825



**Gambar 5.** Struktur Mikro Pada Media Air Di Temperatur 900

Pada media pendingin air ditemperatur 735°C, 775°C, 825°C, 900°C memiliki fasa yang sama yaitu fasa austenit sisa dan fasa martensit. Fasa austenit sisa berwarna terang dan martensit berwarna gelap. Pada awalnya sampel dilakukan pemanasan sampai temperatur austenisasi, lalu fasa austenit akan bertransformasi menjadi fasa martensit. Dalam permasalahan ini atom karbon belum sempat berdifusi kembali untuk mengikat atom-atom penyusun baja akibat dari pendinginan cepat. Bagian yang tidak bertransformasi menjadi martensit ini yang disebut austenit sisa. Untuk mendapatkan struktur 100% martensit maka diperlukan proses pendinginan lagi sampai dibawah temperatur kamar, proses ini disebut subzero treatment.

### 3.1.2 Analisis Struktur Mikro Media Oli



**Gambar 6.** Struktur Mikro Pada Media Oli Di Temperatur 735



**Gambar 7.** Struktur Mikro Pada Media Oli Di Temperatur 775



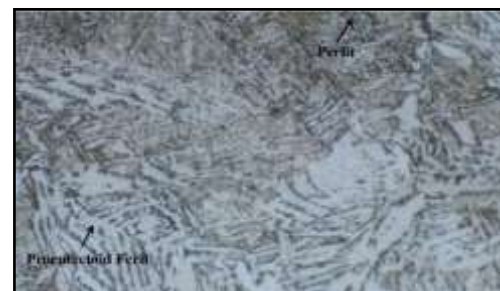
**Gambar 8.** Struktur Mikro Pada Media Oli Di Temperatur 825



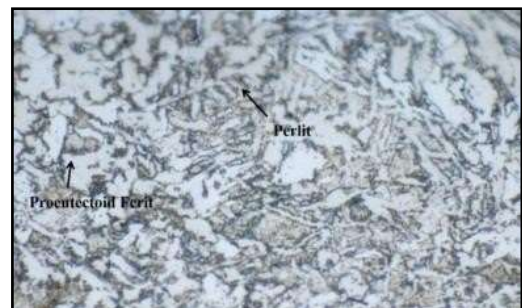
**Gambar 9.** Struktur Mikro Pada Media Oli Di Temperatur 900

Pada media pendingin oli dengan temperatur yang sama memiliki fasa yang sama seperti media air yaitu fasa austenit sisa dan martensit. Walaupun oli memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin air dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat. Namun karena air dan oli termasuk media pendingin yang bersifat fluida atau media pendingin yang cepat maka terjadi fasa austenit sisa dan martensit, akan tetapi jumlah fasa austenit sisa pada media oli lebih banyak dibandingkan media pendingin air karena nilai kekentalan pada oli dapat memperlambat transformasi fasa dibandingkan air yang mempunyai penyerapan panas lebih cepat dari pada media pendingin oli.

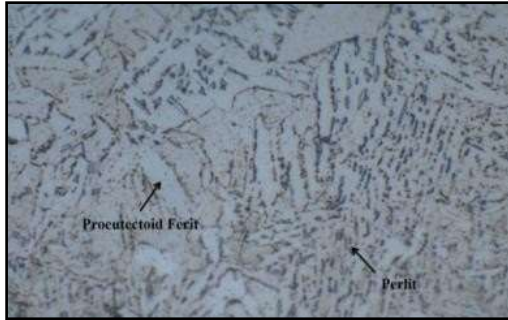
### 3.1.3 Analisis Struktur Mikro Media Udara



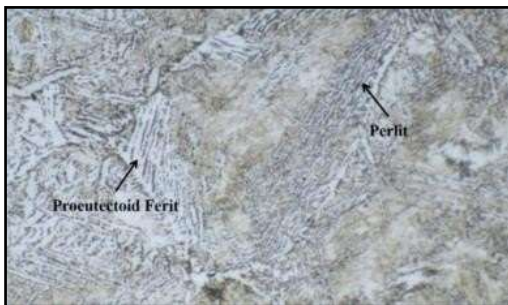
**Gambar 10.** Struktur Mikro Pada Media Udara Di Temperatur 735



**Gambar 11.** Struktur Mikro Pada Media Udara Di Temperatur 775



**Gambar 12.** Struktur Mikro Pada Media Udara Di Temperatur 825

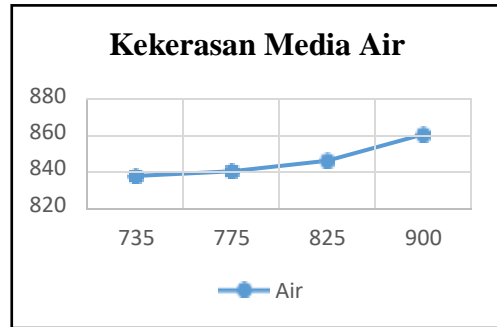


**Gambar 13.** Struktur Mikro Pada Media Udara Di Temperatur 900

Pada media pendinginan udara terdapat fasa perlit dan proeutectoid ferrite. Laju pendinginan yang lambat mengakibatkan karbon dapat berdifusi keluar pada saat proses pendinginan dari temperatur austenisasi stabil, sehingga terbentuklah struktur mikro perlit dan proeutectoid ferrite. Pada proses pendinginan di udara, struktur mikro sudah terbentuk martensit. Dimana baja pada umumnya pada saat proses pendinginan di udara atau pendinginan lambat akan terjadi struktur mikro perlit dan proeutectoid ferrite.

### 32 Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi Terhadap Kekerasan

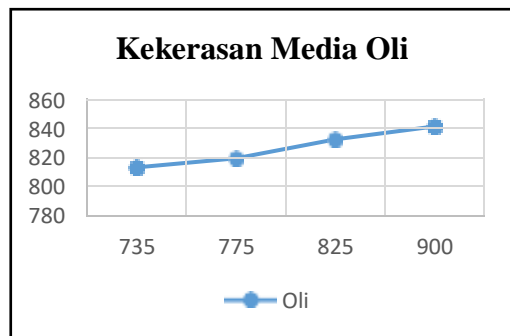
#### 3.2.1 Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi Dengan Media Air



**Gambar 14.** Grafik hasil pengujian kekerasan Air

Pada pengaruh temperatur austenisasi pada media air di temperatur 735°C terdapat nilai kekerasan sebesar 836 VHN dimana nilai tersebut merupakan nilai terendah. Dari temperatur lainnya. Kemudian diikuti dengan temperatur 775°C dengan kekerasan 838 VHN lalu pada temperatur 775°C dengan kekerasan 844 VHN dan kekerasan tertinggi dimiliki temperatur 900°C dengan kekerasan sebesar 858 VHN. Pada kekerasan dengan variasi temperatur austenisasi bisa dilihat bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan semakin tinggi juga nilai kekerasannya.

#### 3.2.2 Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi Dengan Media Oli

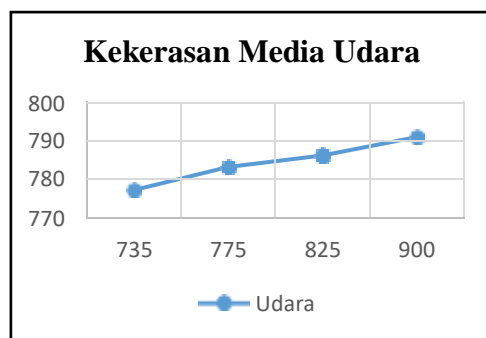


**Gambar 15.** Grafik hasil pengujian kekerasan Oli

Pada media pendingin oli dimana kekerasan terendah terdapat pada temperatur 775°C dengan kekerasan 813 VHN lalu pada temperatur 775°C memiliki kekerasan 819 VHN kemudian

pada temperatur 825°C memiliki kekerasan 832 VHN dan temperatur 900°C memiliki nilai kekerasan yang tinggi dengan nilai kekerasan 841 VHN. Jika meninjau hasil pengamatan struktur mikro, proses pendinginan di oli mempunyai struktur mikro yang sama dengan proses pendinginan di air. Akan tetapi nilai kekerasan yang didapat pada proses pendinginan oli memiliki nilai dibawah nilai kekerasan proses pendinginan di air.

### 3.2.3 Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi Dengan Media Udara



**Gambar 16.** Grafik hasil pengujian kekerasan Udara

Pada media pendingin udara memiliki nilai kekerasan paling rendah dibandingkan media pendingin fluida yaitu air dan oli. Kekerasan terendah didapatkan pada temperatur 735°C dengan kekerasan 777 VHN lalu kekerasan semakin meningkat pada temperatur 775°C dengan kekerasan 783 VHN dan temperatur 825°C dengan kekerasan 786 VHN dan kekerasan tertinggi terdapat pada temperatur 900°C dengan kekerasan 791 VHN. Pada proses pendinginan di air dan oli sangat cepat sehingga terbentuk fasa martensit yang mempunyai kekerasan yang tinggi. Pada sisi lain, proses pendinginan di udara mengakibatkan terbentuknya fasa perlit dan proeutectoid ferrite yang lebih lunak dibandingkan martensit. Maka dari itu nilai kekerasan paling rendah dimiliki

oleh proses pendinginan udara karna memiliki sifat pendinginan yang lambat.

## IV. KESIMPULAN

1. Proses heat treatment quenching dengan berbagai media pendingin dapat meningkatkan nilai kekerasan eutectoid steel.
2. Pada struktur mikro sampel tanpa perlakuan memiliki struktur mikro perlit dan proeutectoid ferrite. Sedangkan struktur mikro yang didapatkan pada proses pendinginan air dan oli adalah martensit dan austenit sisa. Sedangkan pendinginan udara didapatkan struktur mikro perlit dan proeutectoid ferrite.
3. Pada kekerasan tertinggi terdapat pada media pendingin air yaitu 735°C (836 VHN), 775°C (838 VHN), 825°C (844 VHN), 900°C (858 VHN). Pada kekerasan pada media oli didapatkan 735°C (813 VHN), 775°C (819 VHN), 825°C (832 VHN), 900°C (841 VHN). Kekerasan terendah terdapat pada media udara dengan kekerasan 735°C (777 VHN), 775°C (783 VHN), 825°C (786 VHN), 900°C (791 VHN).
4. Laju pendinginan mempengaruhi kekerasan baja eutectoid steel karena semakin cepat laju pendinginan suatu baja maka martensit yang terbentuk juga berpotensi semakin banyak.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] . Taufik Hidayat, "Teknik Mesin Universitas Islam Malang". Fakultas Teknik Universitas Islam Malang 2014
- [2] Alvarenga HD, Van de Putte T, Van Steenberge N, Sietsma J, Terry H (Apr 2009). "Influence



- of Carbide Morphology and Microstructure on the Kinetics of Superficial Decarburization of C-Mn Steels". *Metall Mater Trans A*. 46: 123–133.
- [3] Mersilia, Anggun (2016). "Pengaruh Heat Treatment dengan variasi media quenching air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun Aisi 6135. Jurusan Fisika, Universitas Lampung".
- [4] Yusman, Fakhrizal (2018). "Pengaruh media pendingin pada proses quenching terhadap kekerasan dan struktur mikro baja Aisi 1045. Teknik Mesin, Universitas Lampung".
- [5] Sriati Djaprie.,1993., "Metalurgi Mekanik 1", Jakarta, PT. Erlangga
- [6] Ikpeseni SC. 2015. Influence of Intercritical annealing temperature on mechanical properties and microstructure of 0.23%C low alloy steel. *Nigerian Journal of Technology*. 34(3). 499, 505.
- [7] ASM Handbook Vol. 4 Heat Treating. USA: ASM International.
- [8] Handoyo, Yopi (2015). "Pengaruh quenching dan tempering pada baja jis grade S45C terhadap sifat mekanis dan struktur mikro crankshaft. Teknik Mesin, Universitas Islam 45 Bekasi".
- [9] Avner, Sidney H. 1974. *Introduction To Physical Metallurgy*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- [10] Siahaan, Liyando (2019). "Pengaruh proses quenching terhadap kekerasan pada baja Assab. Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya".
- [11] Lely Susita R.M., dkk. 1996. *Karakterisasi Struktur Mikro Stainless-Steel Hasil Implant Asi Ion Nitrogen*. Yogyakarta : PPNY
- [12] Amanto, H dan Daryanto. 1999. *Ilmu bahan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- [13] Ramesh, Gopalan, Prabhu, Kotekar. 2011. Review of thermo-physical properties, wetting and heat transfer characteristics of nanofluids and their applicability in industrial quench heat treatment. *Nanocale Research Letters*. 6(1). 334
- [14] Arifin, S. 1976. *Ilmu Logam*. Padang : Ghalia Indonesia
- [15] Li, Y.J.; Choi, P.P.; Borchers, C.; Westerkamp, S.; Goto, S.; Raabe, D.; Kirchheim, R. (2011), "Atomic-scale mechanisms of deformation-induced cementite decomposition in pearlite", *Acta Materialia*, 59 (10): 3965, doi:10.1016/j.actamat.2011.03.022.