

ANALISIS PENGARUH KETINGGIAN SUHU AUSTENITISASI TERHADAP KEKERASAN PADA PROSES Pengerasan MATERIAL AISI 4135

Rizal¹,

R. Widodo, ST. M.Eng, Ari Siswanto, ST., M.T²

(1) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur, konsentrasi Teknologi Foundry

(2) Dosen Jurusan Teknik Pengecoran Logam. Polman, Bandung

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Jl Kanayakan No.21-Dago, Bandung-40135

Phone : 081220407386

Email : Rizal.djajadi10@gmail.com

Abstrak

Proses pengerasan atau *hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan untuk menghasilkan suatu benda kerja yang keras, proses ini dilakukan pada suhu tinggi yaitu pada suhu austenitasi yang digunakan untuk melarutkan sementit dalam austenit yang kemudian di *quench*. Pada penelitian ini, *hardening* dilakukan terhadap material AISI 4135 yang merupakan material yang termasuk kedalam baja paduan rendah dengan kandungan karbon menengah, tergolong dalam kelompok baja dengan kekuatan yang sangat tinggi (*ultrahigh strength steel*). Tujuannya yaitu untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas *hardening* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada material baja AISI 4135. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimulai dengan membuat spesimen sesuai dengan standar alat pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro dengan mengambil 5 kelompok spesimen, yaitu kelompok tanpa perlakuan, *hardening* 800°C, *hardening* 850°C, *hardening* 900°C, dan *hardening* 950°C dengan waktu penahanan selama 2 jam dan media pendingin berupa oli. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan lalu dilanjut dengan penurunan nilai kekerasan pada material AISI 4135 setelah dilakukan perlakuan panas *hardening*, dan didapat nilai kekerasan tertinggi yaitu pada sampel uji yang diberi perlakuan panas pada suhu 800°C dengan nilai kekerasan 49,41 HRC dengan struktur mikro berupa *martensit*.

Kata Kunci : *hardening, baja AISI 4135, variasi suhu austenite, sifat kekerasan*

1. Pendahuluan

Dengan maju dan berkembangnya dunia industri khususnya pada industri logam, dituntut adanya suatu kualitas yang baik dari logam itu sendiri. Sampai saat ini baja merupakan logam yang masih dominan dipakai dalam bidang permesinan. Dalam pemakaian teknik diperlukan memilih jenis logam dan paduan dengan sifat-sifat yang sesuai untuk operasi sehingga pemakaiannya dapat memberikan kinerja yang optimal.

Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan kebutuhan karena banyak sekali jenisnya dengan sifat dan karakter yang berbeda-beda. Kemampuan baja sendiri sebenarnya sangat dipengaruhi oleh kadar karbon disamping unsur-unsur paduan lain yang terdapat didalamnya. Dengan penambahan atau pengurangan kadar karbon atau unsur-unsur paduan lain akan diperoleh kekuatan baja sesuai dengan yang diinginkan.

Objek yang dianalisis adalah baja AISI 4135 yang diberi perlakuan *as received*, *Hardening* 800°C, *Hardening* 850°C, *Hardening* 900°C, *Hardening* 950°C dengan waktu penahanan 2 jam dan *diquenching* dengan menggunakan media pendingin oli yang berpengaruh terhadap kekerasan, dan struktur mikro baja AISI 4135.

Dalam penulisan ini akan memuat studi serta penelitian yang meliputi pengamatan visual dan pengujian dimana hasil dari pada analisis pengujian dan perubahannya ditunjang dengan cara melakukan pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan (dalam hal ini menggunakan metode *rockwell type c*), pengujian metalografi dengan berbagai pembesaran untuk mengetahui struktur mikro.

2. Teori Dasar

a. AISI 4135

AISI 4135 termasuk kedalam kelompok baja dengan kekuatan yang sangat tinggi (*ultrahigh strength steel*). Baja jenis ini mempunyai keuletan, ketangguhan dan kekuatan yang tinggi. Material ini biasanya digunakan untuk menahan beban dampak dan kekuatan yang tinggi. AISI 4135 mempunyai arti yaitu AISI adalah standar Amerika Serikat yang merupakan singkatan dari *American Iron and Steel Institute*, sedangkan arti dari 4135 adalah dua (2) digit pertama yaitu 41 menunjukkan baja paduan *Nickel* (Ni) 1,65 % - *Chromium* (Cr) 0,80% - *Molybdenum* (Mo) 0,25%, sedangkan dua (2) digit selanjutnya yaitu 35 menunjukkan kandungan karbon pada material

tersebut yaitu 0,32-0,38 %. Untuk komposisi dari material AISI 4135 diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1 : Standar Komposisi Material AISI 4135

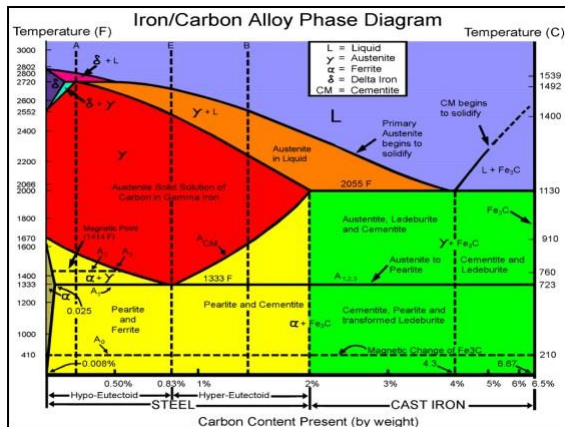
Standar	Komposisi (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SAE	0.33- 0.38	0.15- 0.35	0.70- 0.90	0.035	0.040	-	0.80- 1.10	0.15- 0.25
DIN	0.32- 0.37	0.20- 0.40	0.60- 0.80	0.035	0.035	-	0.90- 1.10	0.20- 0.25
JIS	0.32- 0.39	0.15- 0.35	0.55- 0.90	0.030	0.030	-	0.85- 1.25	0.15- 0.35
BS	0.34- 0.41	0.10- 0.35	0.65- 1.05	0.040	0.050	-	0.80- 1.25	0.15- 0.25
UNI	0.32- 0.38	0.40	0.60- 0.90	0.035	0.035	-	0.80- 1.10	0.15- 0.30

b. Sifat Mekanis Material

Sifat – sifat mekanik material yang sering diuji secara rinci untuk mengetahui kemampuan dari material yang akan digunakan adalah kekuatan (*strength*) merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah, kekakuan (*stiffness*) adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan deformasi atau defleksi, kekenyalan (*elasticity*) didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan, plastisitas (*plasticity*) adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan, keuletan (*ductility*) adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material ductile ini harus kuat dan lentur, ketangguhan (*toughness*). merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan, kegetasan (*brittleness*) adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan, kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastiknya, melar (*creep*), merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi dan kekerasan (*hardness*). merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau penetrasi. [4]

c. Diagram Besi-Karbon (Fe-C)

Sifat mekanik dari baja sangat bergantung pada struktur mikronya. Sedangkan struktur mikro sangat mudah dirubah melalui proses perlakuan panas. Baja adalah paduan besi dengan kandungan karbon sampai maksimum sekitar 1,5%. Paduan besi dengan karbon di atas 1,5% disebut dengan besi cor (*cast iron*). Salah satu unsur paduan yang sangat penting yang dapat mengontrol sifat baja adalah karbon (C). Jika besi dipadu dengan karbon, transformasi yang terjadi pada rentang suhu tertentu erat kaitannya dengan kandungan karbon. Diagram yang menggambarkan hubungan antara suhu dimana terjadinya perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon disebut dengan diagram fasa. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas.



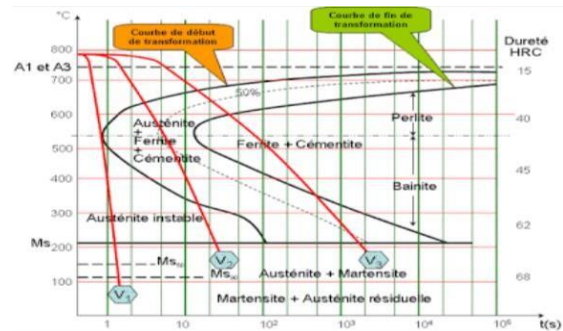
Gambar 2.1. Diagram besi-karbon (Fe-C).

[www.academia.edu/9261035/DIAGRAM_FASA_Fe-Fe3C]

2.1. Diagram TTT dan CCT

Diagram TTT adalah suatu diagram yang menghubungkan transformasi austenit terhadap waktu dan suhu. Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh struktur baja yang diinginkan agar cocok dengan penggunaan yang direncanakan. Struktur yang diperoleh merupakan hasil dari proses transformasi dari kondisi awal. Proses transformasi ini dapat dibaca dengan menggunakan diagram fasa namun untuk kondisi tidak seimbang diagram fasa tidak dapat digunakan, untuk kondisi seperti ini maka digunakan diagram TTT. Melalui diagram ini dapat dipelajari kelakuan baja pada setiap tahap perlakuan panas. Diagram ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan struktur dan sifat mekanik dari baja yang *diquenching* dari suhu austenisasinya ke suatu suhu di bawah A1. Diagram ini menunjukkan dekomposisi

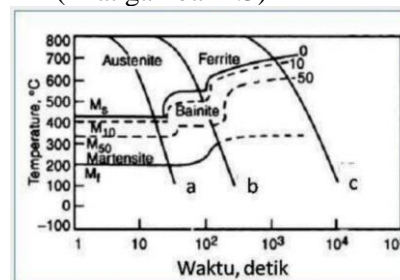
austenit dan berlaku untuk macam baja tertentu. Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja. Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0,83% yang ditahan suhunya dititik tertentu, akan menghasilkan struktur perlit dan ferit. Bila ditahan suhunya pada titik tertentu tapi masih disisi sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur mikro bainit (lebih keras dari perlit). Bila ditahan suhunya pada titik tertentu dibawah garis horizontal, maka akan mendapat struktur martensit (sangat keras dan getas). Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lama pemanasannya akan timbul butiran yang lebih besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil (lihat gambar 2.2) [6]



Gambar 2.2. Diagram TTT (Time-Suhu-Transformation) [<http://log.ub.ac.id/firmanaldianto>]

Diagram *Continuous Cooling Transformasi*, atau biasa disebut CCT diagram, merupakan diagram yang menggambarkan hubungan antara laju pendinginan kontinyu dengan fasa atau struktur yang terbentuk setelah terjadinya transformasi fasa.

Pada gambar di bawah ini menunjukkan diagram CCT untuk baja secara skematika. Terlihat bahwa kurva-kurva pendinginan kontinyu dengan laju pendinginan yang berbeda akan menghasilkan fasa atau struktur baja yang berbeda. Setiap kurva pendingin yaitu (a), (b), (c) memperlihatkan permulaan dan akhir dari dekomposisi austenit menjadi fasa atau struktur baja akhir (lihat gambar 2.3)



Gambar 2.3. Kurva diagram CCT

(*Continuous Cooling Transformation*).
[<http://log.ub.ac.id/firmanaldianto>]

Sebagai ilustrasi, baja mengandung 0,2% karbon yang telah diautonisasi pada suhu 920°C, kemudian didinginkan dengan laju yang berbeda sampai suhu 200°C dan 250°C. Kurva pendingin (a) menunjukkan pendinginan secara kontinyu yang sangat cepat dari suhu austenit sekitar 920°C ke suhu 200°C. Laju pendinginan cepat ini menghasilkan dekomposisi fasa austenit menjadi martensit. Fasa austenit akan mulai terdekomposisi menjadi martensit pada suhu M_s (*martensit finish*). Kurva pendingin (b) menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju sedang dari suhu 920°C ke suhu 250°C. Dengan laju pendinginan kontinyu ini fasa austenit terdekomposisi menjadi struktur bainit. Kurva pendingin (c) menunjukkan kontinyu dengan laju pendinginan lambat dari suhu 920°C ke 250°C. Pendinginan lambat ini menyebabkan fasa austenit terdekomposisi menjadi fasa ferit dan perlit.^[6]

Baja dapat dilaku panas agar dapat diperoleh struktur mikro dan sifat yang diinginkan. Struktur mikro dan sifat yang diinginkan tersebut dapat diperoleh melalui proses pemanasan dan pendinginan pada suhu tertentu. Jika permukaan dari suatu spesimen baja disiapkan dengan cermat dan struktur mikronya diamati dengan menggunakan mikroskop, maka akan tampak bahwa baja tersebut memiliki struktur yang berbeda-beda. Jenis struktur yang ada sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dari baja dan jenis perlakuan panas yang diterapkan pada baja tersebut. Struktur yang akan ada pada suatu baja adalah *ferit*, *perlit*, *bainit*, *Sementit*, *martensit* dan *karbida* lainnya.

2.2. Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik untuk tujuan tertentu. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut :

- Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.
- Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga suhunya merata.
- Pendinginan dengan media pendingin (air, oli, atau udara)

Ketiga hal di atas tergantung dari material yang akan diberi perlakuan panas (*heat treatment*) dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras

dikelilingi inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon (C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis.^[7]

2.3 Hardening

Hardening merupakan proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai suhu pengerasannya (suhu austenisasi) dan menahannya pada suhu tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Tujuan utama proses pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan benda kerja dan meningkatkan ketahanan aus. Makin tinggi kekerasan akan semakin tinggi pula ketahanan ausnya.^[7]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini merupakan lokasi penelitian yang akan dilakukan di Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Negeri dan Material yang didapat dari logistik Polman Bandung. Metode ini sangat membantu dalam melakukan penyusunan penyelesaian masalah penelitian. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, tahap.

- Pertama persiapan benda uji material, material yang akan diuji adalah baja AISI 4135 yang digunakan untuk proses perlakuan panas *quenching*
- Tahap kedua yaitu studi literatur dengan menggunakan buku-buku referensi atau diunduh dari internet yang berkaitan dengan topik permasalahan sehingga digunakan untuk memecahkan permasalahan yang ada. Dari sini dapat dibandingkan data yang didapatkan dari pengujian dengan hasil data yang ada dalam teori maupun referensi.
- Tahap Ketiga adalah melakukan perlakuan panas pada *hardening* 800°C, *hardening* 850°C, *hardening* 900°C, *hardening* 950°C dengan waktu penahanan 2 jam media *quenching* oli.
- Tahap keempat pengujian laboratorium meliputi pengujian kandungan bahan, uji kekerasan dan pengujian metalografi
- Tahap akhir adalah analisis data setelah melakukan pengujian, sehingga diperoleh hasil pengujian yang diolah dan dianalisis, serta digunakan untuk memecahkan permasalahan yang ada dalam topik ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Uji Komposisi Kimia SPARK OES (Optical Emission Spectrometer)

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terkandung pada material baja AISI 4135. Berikut adalah tabel hasil pengujian komposisi kimia material.

Hasil / Result		Grade Standart AISI 4135
Unsur	Kadar %	
Element	Content %	
Fe	95.326	Balance
C	0.339	0.33-0.38
Si	0.332	0.15-0.35
S	0.020	0.040
P	0.009	0.035
Mn	0.708	0.70-0.90
Ni	1.412	-
Cr	1.439	0.8-1.10
Mo	0.209	0.15-0.25
V	0.006	-
Cu	0.160	-
W	0.01	-
Ti	0.004	-
Sn	0.009	-
Al	0.0004	-
Pb	0.0008	-
Nb	0.0006	-
Zr	0.0006	-
Zn	0.002	-

Dari hasil pengujian komposisi kimia baja AISI 4135, dapat dilihat bahwa spesifikasi komposisi kimia utama yang terkandung dalam baja AISI 4135 adalah **besi** (Fe) = 95,32% Fe merupakan unsur penyusun utama. Dari hasil pengujian unsur kimia kadar **karbon** (C) 0,39% sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4135 0,33%-0,38 sedangkan dengan kandungan karbon ini dapat disimpulkan baja ini termasuk dalam baja karbon menengah, baja karbon menengah yaitu baja yang mengandung unsur karbon antara 0,25% sampai dengan 0,55% baja ini tidak terlalu keras tapi memiliki keuletan yang baik.

Dari hasil pengujian **silikon** (Si) = 0,33% sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4135 0,15%-0,35% kandungan silikon ini dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap karat dan kemampuan diperkeras secara keseluruhan. Dari hasil pengujian **mangan** (Mn) = 0,70% sedangkan pada spesifikasi standart

komposisi kimia AISI 4135 0,70%-0,90% unsur ini berguna untuk meningkatkan kekerasan dan mampu diperkeras pada baja.

Dari hasil pengujian **nikel** (Ni) = 1,41% sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4135 - penambahan unsur ini guna mampu pengerasan inti, tahan panas, tahan terhadap asam, baja mampu dibentuk dalam keadaan dingin dan panas. Dari hasil pengujian **khrom** (Cr) = 1,43% sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4135 1,50% penambahan unsur ini guna mampu meninggikan kekerasan dan daya tahan terhadap keausan dengan pembentukan khrom karbid, bisa dikeraskan dengan mudah membiarkan mendingin diudara terbuka atau pengerasan udara. Dari pengujian **molibdenum** (Mo) = 0,20% sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4135 0,15%-0,25% penambahan unsur ini meningkatkan kekuatan tarik, mencegah kegetasan, meningkatkan ketahanan panas, meningkatkan kekerasan, mampu diperkeras pada baja.

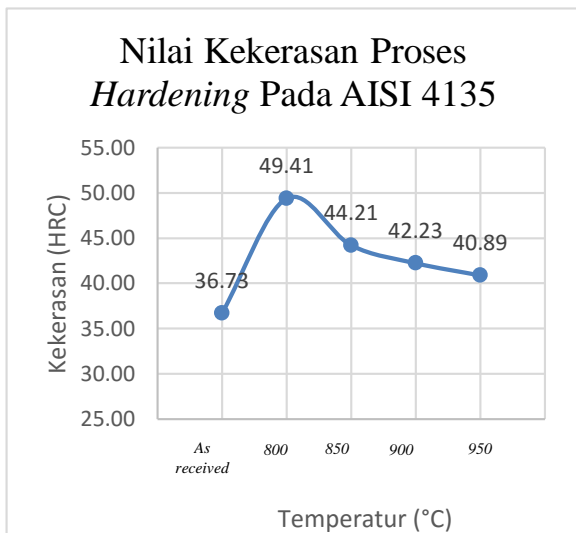
4.2 Analisis Uji Kekerasan (Rockwell type C)

Kekerasan logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan, Pengujian kekerasan dalam penelitian ini lakukan agar dapat mengetahui pengaruh perlakuan panas (*heat treatment*) terhadap nilai kekerasan pada baja AISI 4135. Dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell type C*.

Tabel 4.2 Perbandingan nilai kekerasan dari bahan awal dan perlakuan panas (*heat treatment*).

No	Spesimen	Nilai Kekerasan rata-rata	Total Kekerasan	Keterangan
1	<i>As received</i>	36,68	36,73	Pengambilan data kekerasan menggunakan n 3 sampel, dengan pengujian sebanyak 5 titik, kemudian di ambil rata-rata dari ke 3 sampel.
		37,34		
		36,18		
2	<i>Hardening 800 °C</i>	48,72	49,41	
		49,44		
		50,06		
3	<i>Hardening 850 °C</i>	44,08	44,21	
		43,6		
		44,96		
4	<i>Hardening 900 °C</i>	42,86	42,23	
		42,62		
		41,22		
5	<i>Hardening 950 °C</i>	40,86	40,89	
		41,58		
		40,22		

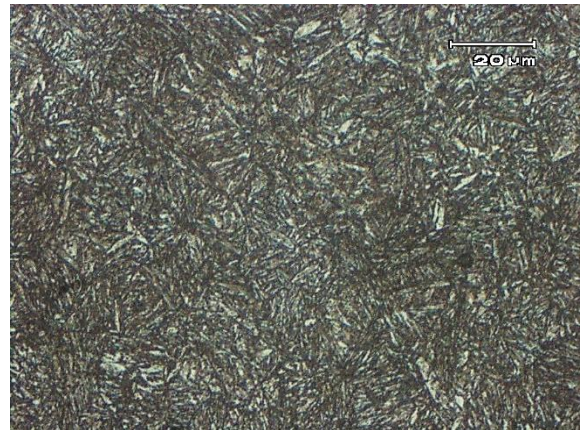
Tabel diatas jika disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar grafik 4.1 berikut ini yang nilai kekerasannya dibandingkan dengan kekerasan bahan awal.



Dari grafik nilai kekerasan diatas menunjukkan bahwa material AISI 4135 yang didapat dari logistik POLMAN (*As received*) memiliki nilai kekerasan 36,73 HRC, kemudian setelah di *hardening* 800°C nilai kekerasan naik signifikan menjadi 49,41 HRC. Pada *hardening* 850°C nilai kekerasan terjadi penurunan menjadi 44,21 HRC, pada *hardening* 900°C kekerasan kembali menurun nilai kekerasannya 42,23 HRC, kemudian kekerasan menurun kembali pada *hardening* 900°C dengan nilai kekerasan 40,89 HRC. Kenaikan kekerasan terjadi akibat proses pencelupan yang berlangsung begitu cepat, sehingga tidak ada waktu bagi unsur karbon untuk berdifusi. Dan struktur Kristal yang terbentuk seperti jarum kecil-kecil yang bersifat keras (*hard*) dan getas (*brittle*) yang disebut fasa martensit, Gambar 4.1 s/d 4.5 memperlihatkan, setelah dilakukan proses *quenching*, kekerasan mengalami kenaikan namun semakin tinggi suhu *hardening* semakin terjadi penurunan nilai kekerasan disebabkan semakin besarnya butiran, dapat dilihat pada Gambar 4.1 s/d 4.5 Foto Mikrostruktur.

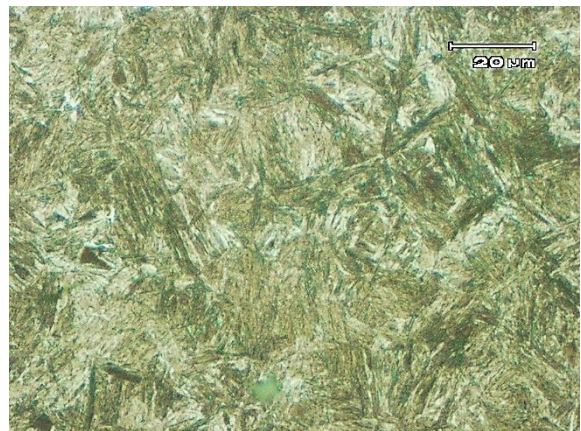
4.3 Analisis Struktur Mikro

Dari gambar struktur mikro terlihat, struktur mikro bahan awal yang terbentuk adalah martensit temper dengan butiran halus akibat dari proses pengerolan panas yang dilakukan pada baja AISI 4135 (lihat gambar 4.1).



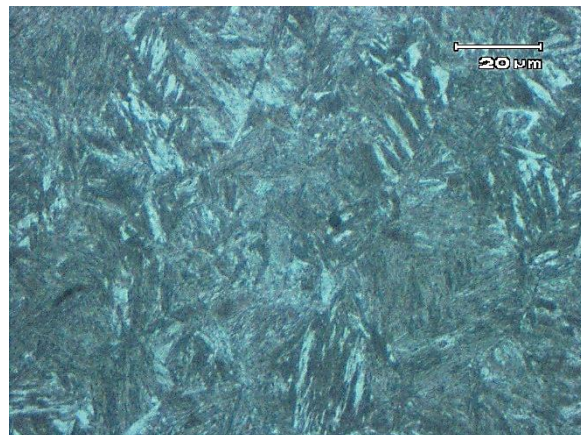
Gambar 4.1. Struktur mikro bahan awal pembesaran 1000x

Pada sampel yang di *quenching* oli terbentuk struktur martensit, martensit keras, kuat dan rapuh struktur yang terbentuk pada proses *hardening* 800°C (lihat gambar 4.2).



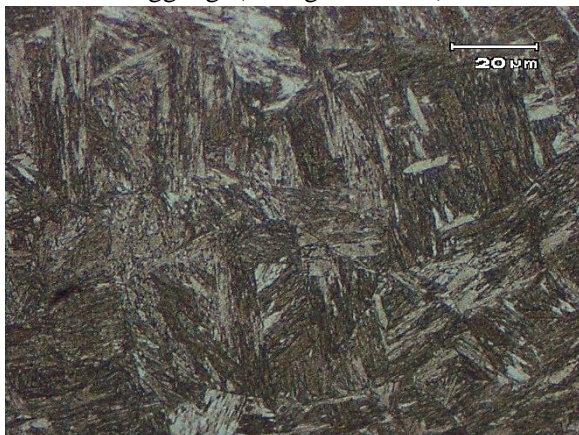
Gambar 4.2. Struktur mikro *hardening* 800°C pembesaran 1000x

Struktur mikro yang terbentuk pada proses *hardening* 850°C masih martensit karena proses quenching namun dengan mulai membesarnya fasa martensit. (lihat gambar 4.3).



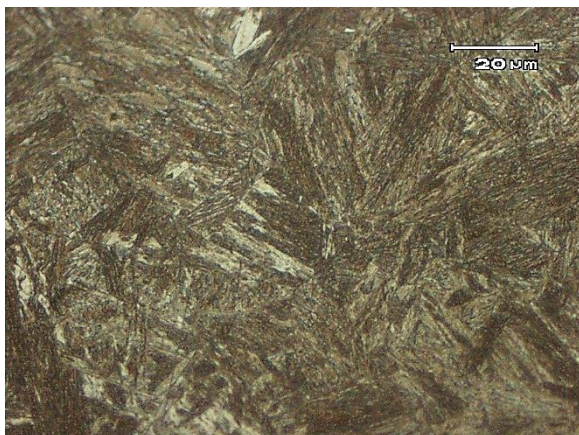
Gambar 4.3. Struktur mikro *hardening* 850°C pembesaran 1000x

Pada proses *hardening* 900°C struktur mikro yang terbentuk masih martensit, namun dengan membesarnya kembali fasa martensitnya, dan mulai merenggang. (lihat gambar 4.4).



Gambar 4.4. Struktur mikro *hardening* 900°C pembesaran 1000x

Pada proses *hardening* 950°C struktur mikro yang terbentuk masih martensit, namun dengan membesarnya kembali fasa martensitnya, dan lebih merenggang. (lihat gambar 4.5).



Gambar 4.5. Struktur mikro *hardening* 950°C pembesaran 1000x

Struktur mikro baja AISI 4135 dari bahan awal yaitu martensit temper, setelah dilakukan proses perlakuan panas *hardening* dengan suhu 800°C, 850°C, 900°C, 950°C dan didinginkan cepat menggunakan oli mengalami perubahan yaitu menjadi struktur martensit. Dengan kenaikan suhu *hardening* nya menjadikan perbesaran fasa dan kerapatan martensitnya merenggang bila dibandingkan secara visual. Perlakuan panas *hardening* yang diberikan pada baja AISI 4135 merubah sifat mekanis, ini disebabkan karena adanya perubahan dari struktur mikro baja tersebut, Pengaruh suhu dan waktu tahan ini menunjukkan, semakin tinggi suhu austenisasi yang diberikan pada material yang sama, maka ukuran butir akan semakin besar. Semakin besar ukuran butir menyebabkan

menurunnya kekerasan, karena semakin tinggi suhu austenisasi menyebabkan ukuran butir semakin besar, maka pada suhu 850°C, 900°C, 950°C data hasil nilai kekerasan terjadi penurunan kekerasan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan.

1. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material AISI 4135 yang didapat dari logistik POLMAN (As received) memiliki nilai kekerasan 36,73 HRC, kemudian setelah di *hardening* 800°C nilai kekerasan naik signifikan menjadi 49,41 HRC. Pada *hardening* 850°C nilai kekerasan terjadi penurunan menjadi 44,21 HRC, pada *hardening* 900°C nilai kekerasan terjadi penurunan kembali menjadi 42,23 HRC, pada *hardening* 950°C kekerasan kembali menurun nilai kekerasannya 40,89 HRC.
2. Struktur mikro sebelum perlakuan panas adalah martensit temper sedangkan fasa yang terbentuk setelah proses *hardening* adalah fasa martensit dengan perbesaran martensit dan kerapatan martensit yang membesar dengan semakin tingginya suhu austenisasi.
3. Kekerasan tertinggi pada material AISI 4135 dapat dicapai pada *hardening* 800°C dengan kekerasan 49,41 HRC.

REFERENSI

- 1) ASM Handbook vol.1, 1993. *Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys*. Hal 249-260
- 2) ASM Handbook, 1991. *Heat Treating of steel. Tenth Edition. Metals Handbook. Vol 4. Hal 14-367*.
- 3) ASM Handbook, 1985. *Metallography and Microstructures. Metal Handbook Vol. 9. Hal 1438-1453*
- 4) Dalil, M prayitno, A dan Inonu, I. 1999. Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (*Holding Time*) Terhadap Kekerasan Logam. *Jurnal Natural Indonesia*. Vol. 2. No. 1. Hal 12-17.
- 5) Karmin dan Ginting, M. 2012. Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin Dromus. *Jurnal Austenite Jurusan Teknik Mesin*. Vol. 4. No. Hal 1-7.
- 6) K.W Andrews: J.Iron Steel Inst., 203 (1965)
- 7) Smallman. R. E. and Bishop. R. J. 1999. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*. Oxford, Butterworth-Heinemann. Hal 298.

- 8) Schonmetz, dan Gruber, A. K. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Aksara. Bandung. Hal 82-85.
- 9) Sidney, 1992 Sidney. 1992. *Introduction for physics Metallurgy*. Prentice-Hall inc. USA.
- 10) Zen, Hardi. 2001. *Pengaruh Suhu Pemanasan Dan Pendinginan Terhadap Grain Size*.
- 11) Setyo, Noor. 2014. *Pengaruh Viskositas Oli Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja ST 60*.
- 12) Hardiyanti, Indah, Dkk. 2015. *Pengaruh Suhu Austenisasi Dan Waktu Tahan Terhadap Sifat Mekanik, Tebal Scale Dan Struktur Mikro Pada Baja Paduan Ni-Cr-Mo*.

