

POWERPLANT

Prayudi
Sudirmanto
Dimas Indra Wijaya

Analisis Kinerja Kondensor Sebelum dan Sesudah
Overhaul di PT Indonesia Power UJP PLTU Lontar
Banten Unit 3

Sahlan

Studi Literatur Analisis Dugaan Luluh Energi Pada Tube
Baja A53 Grade B

Eko Sulistyono
Firman Prasetyo

Identifikasi Material Tube High Pressure Economizer
HRSG Unit 2-3 PLTU UP Semarang

Roswati Nurhasanah
Prayudi

Pengaruh Penambahan Liquid Suction Heat
Exchanger Terhadap Performa Mesin Pendingin
Menggunakan R404A

Halim Rusjdi
Andika Widya Pramono
Wahyu Bawono Faathir

Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis
dan Struktur Mikro Pada Baja AISI 4340

Vendy Antono
Caesar Febria A.R.Y

Perancangan PLTMH Kapasitas 30 KW, Desa GiriTirta
Kec. Pejawaran Banjarnegara Jawa Tengah

Arief Suardi Nur Chairat
Vendy Antono

Pengembangan Model Perencanaan Alokasi
Pesanan Pada Fungsi Koordinasi Produksi Untuk
Miminimasi Biaya Produksi dan Biaya Pengiriman



SEKOLAH TINGGI TEKNIK-PLN

JURNAL POWERPLANT

Vol. 4

No. 2

Hal. 60-xxx

Mei 2016

ISSN No :2356-1513

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA AISI 4340

HALIM RUSJDI

Jurusan S1 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : halim.r66@gmail.com

ANDIKA WIDYA PRAMONO

Jurusan S1 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

WAHYU BAWONO FAATHIR

Jurusan S1 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik - PLN
Kampus STT-PLN, Jakarta Barat
Email : wahyubawonofaathir@yahoo.com

ABSTRACT

The heat treatment is a combination of heating and cooling operations to metals or alloys in solid state at a certain time interval detention. This heat treatment is given on the metal or alloy to obtain certain properties. The heat treatment process varies depending on the purpose of the provision of heat treatment itself, which commonly refers to the mechanical properties and microstructure of the material. In this study, we want to know is the effect of heat treatment on mechanical properties and microstructure happened. The heat treatment process is carried out by the method of quenching and tempering method, performed at the beginning of the workpiece AISI4340 and medium carbon steel and mechanical testing is performed tensile test, hardness test rockwell, and testing of microstructure.

Kay words : heat treatment quenching, temperin, steel AISI 4340, Mecahnical Testing, Testing Microstructure.

I. 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 4340 yang diberi perlakuan panas 910°C dengan waktu penahanan 1 jam dan diquenching dengan menggunakan media pendingin oli dan

mengetahui variasi temperatur *tempering* 100°C, 200°C, 320°C, 400°C, 500°C, dan 600°C dengan waktu penahanan 2 jam yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro baja AISI 4340.

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 tarik, pengujian kekerasan (dalam hal ini menggunakan metode *rockwell type c*), pengujian metalografi dengan berbagai pembesaran untuk mengetahui struktur mikro.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. TEORI MATERIAL

Klasifikasi Baja Paduan

Baja paduan rendah biasanya digunakan untuk mencapai *hardenability* lebih baik yang akan meningkatkan sifat mekanis lainnya. Baja paduan rendah yaitu bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih kecil dari 8%

misalnya suatu baja terdiri atas 1,35%C, 0,5%Mn, 0,03%P, 0,03%S, 0,75%Cr, 4,5%W.

Baja paduan tinggi terdiri dari baja tahan karat atau disebut dengan *stainless steel* dan baja tahan panas. Baja ini memiliki ketahanan korosi yang baik, unsur utama yang meningkatkan tahan korosi adalah Cr. Baja paduan tinggi yaitu bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih dari atau sama dengan 8%, misalnya : baja HSS (*High Speed Steel*) atau SKH 53(JIS) mempunyai kandungan unsur : 1,25%C, 4,5%Cr, 6,2%Mo, 6,7%W, 3,3%V. [2].

Baja paduan rendah AISI 4340 merupakan jenis baja yang banyak digunakan sebagai bahan teknik antara lain sebagai bahan komponen mesin. AISI 4340 mempunyai arti yaitu AISI adalah standar amerika serikat yang merupakan singkatan dari *Americal Iron and Steel Institute*, sedangkan arti dari 4340 adalah dua digit pertama yaitu 43 menunjukkan baja paduan Nickel (Ni), Chromium (Cr) dan Molybdenum (Mo), sedangkan dua digit selanjutnya yaitu 40 menunjukkan kandungan karbon material tersebut yaitu 0,4%. Bahan ini sangat cocok untuk ditingkatkan atau diatur sifat-sifatnya dengan perlakuan panas. Menurut standart komposisi kimia baja AISI 4340 diperlihatkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi Komposisi Kimia Standar AISI 4340

<i>Chemical Composition (Average, %)</i>		
<i>GRADE</i>	<i>Unsur % Element %</i>	<i>Kadar % Content %</i>
V155 VCN150	C	0,34
	Si	0,30
	Mn	0,60
	Cr	1,50
	Mo	0,20
	Ni	1,50
	V	---
	W	---

Sedangkan untuk sifat mekanis (*Mechanical Properties*) dari baja AISI 4340 dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini. Untuk bahan komponen mesin baja AISI 4340 diaplikasikan untuk Poros baling-baling, Batang penghubung (*connecting rods*), Poros roda gigi (*gear shafts*), Poros engkol (*crankshafts*), *Landing gear components* (komponen roda pendaratan), Tempa berat (*heavy forgings*),

Shafts and disch dan bagian yang harus dirancang untuk kekuatan optimal.

Tabel 2.2 Sifat Mekanis (*mechanical properties*) Baja AISI 4340.

\varnothing (mm)	σ_y (N/mm ²)	σ_{uts} (N/mm ²)
≤ 16	1000	1200-1400
16-40	900	1100-1300
40-100	800	1000-1200
100-160	700	900-1100
160-250	600	800-950

Untuk bahan komponen mesin baja AISI 4340 diaplikasikan untuk Poros baling-baling, Batang penghubung (*connecting rods*), Poros roda gigi (*gear shafts*), Poros engkol (*crankshafts*), *Landing gear components* (komponen roda pendaratan), Tempa berat (*heavy forgings*), *Shafts and disch* dan bagian yang harus dirancang untuk kekuatan optimal.

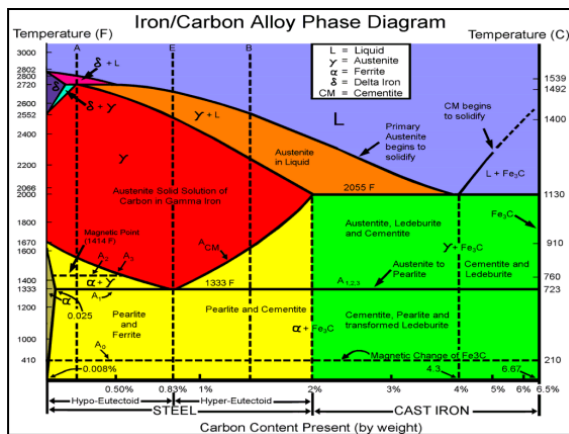
Sifat Mekanis Material

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]

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 temperatur tertentu erat kaitannya dengan kandungan karbon. Diagram yang menggambarkan hubungan antara temperatur 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.



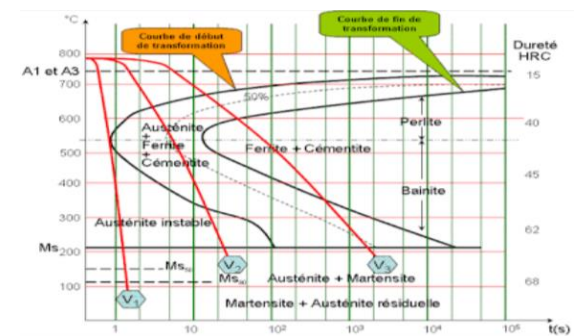
Gambar 2.1. Diagram besi-karbon (Fe-C).

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

2.2. Diagram TTT dan CCT

Diagram TTT adalah suatu diagram yang menghubungkan transformasi austenit terhadap waktu dan temperatur. 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 temperatur austenisasinya ke suatu temperatur 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 stuktur 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]



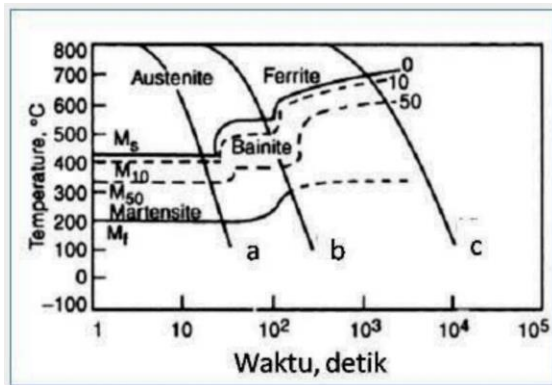
Gambar 2.2. Diagram TTT (Time-Temperatur-Transformation)

[<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*).

[\[http://log.ub.ac.id/firmanaldianto\]](http://log.ub.ac.id/firmanaldianto)

Sebagai ilustrasi, baja mengandung 0,2% karbon yang telah diautenisasi pada temperatur 920°C, kemudian didinginkan dengan laju yang berbeda sampai temperatur 200°C dan 250°C. Kurva pendingin (a) menunjukkan pendinginan secara kontinyu yang sangat cepat dari temperatur austenit sekitar 920°C ke temperatur 200°C. Laju pendinginan cepat ini menghasilkan dekomposisi fasa austenit menjadi martensit. Fasa austenit akan mulai terdekomposisi menjadi martensit pada temperatur M_s (*martensit finish*). Kurva pendingin (b) menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju sedang dari temperatur 920°C ke temperatur 250°C. Dengan laju pendinginan kontinyu ini fasa austenit terdekomposisi menjadi struktur bainit. Kurva pendingin (c) menunjukkan kontinyu dengan laju pendinginan lambat dari temperatur 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 temperatur tertentu. Jika permukaan dari suatu spesimen baja disiapkan dengan cermat dan struktur mikronya diamati dengan menggunakan mikroskop, maka akan tampak bahwa baja tersebut memiliki sturktur 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.

2.3. 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 temperturnya 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]

2.4 Hardening

Hardening merupakan proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi) dan menahannya pada temperatur 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]

2.5 Tempering

Proses pemanasan kembali baja yang telah dikeraskan disebut proses temper. Dengan proses ini, *duktilitas* dapat ditingkatkan namun kekerasan dan kekuatannya akan menurun. Pada sebagian besar baja struktur, proses temper dimaksudkan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, *duktilitas* dan ketangguhan yang tinggi. Dengan demikian proses temper setelah pengerasan akan

menjadikan baja lebih bermanfaat karena adanya struktur yang lebih stabil. [7]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini merupakan lokasi penelitian yang akan dilakukan di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material-LIPI. 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 4340 yang digunakan untuk proses perlakuan panas *quenching* dan *tempering*.
- 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 temperatur : Austenisasi (910°C) dengan waktu penahanan 1 jam media *quenching* oli dan *temper* selama dua jam dengan variasi suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C.
- Tahap keempat pengujian laboratorium meliputi pengujian kandungan bahan, uji Tarik, 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.

Adapun kode sampel tempat pengambilan data disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 3.1 kode setiap sampel

Kode Sampel	Keterangan
A	Bahan awal tanpa perlakuan panas
AQ	Bahan yang di beri perlakuan panas dengan suhu 910°C dan dilakukan pendinginan cepat (<i>quenching</i>) pada media pendingin oli tanpa di <i>temper</i>
	Bahan yang di <i>quenching</i> dan di

AQT 1	<i>temper</i> dengan suhu 100°C
AQT 2	Bahan yang di <i>quenching</i> dan di <i>temper</i> dengan suhu 200°C
AQT 3	Bahan yang di <i>quenching</i> dan di <i>temper</i> dengan suhu 300°C
AQT 4	Bahan yang di <i>quenching</i> dan di <i>temper</i> dengan suhu 400°C
AQT 5	Bahan yang di <i>quenching</i> dan di <i>temper</i> dengan suhu 500°C
AQT 6	Bahan yang di <i>quenching</i> dan di <i>temper</i> dengan suhu 600°C

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 4340. Berikut adalah tabel hasil pengujian komposisi kimia material.

Tabel 4.1. Perbandingan Komposisi kimia Pada Sampel Baja AISI 4340 Dengan Spesifikasi Standart Material Baja AISI 4340.

Hasil / Result		Grade V 155 VCN 150 Standart AISI 4340
Unsur <i>Element</i>	Kadar % <i>Content %</i>	
Fe	94.795	Balance
C	0.402	0.34
Si	0.248	0.30
S	0.014	-
P	0.005	-
Mn	0.776	0.60
Ni	1.595	1.50
Cr	1.596	1.50
Mo	0.163	0.20
V	0.007	-
Cu	0.306	-
W	0.001	-
Ti	0.020	-
Sn	0.015	-
Al	0.027	-
Pb	0.004	-
Nb	0.005	-
Zr	0.004	-
Zn	0.009	-

Dari hasil pengujian komposisi kimia baja AISI 4340, dapat dilihat bahwa spesifikasi komposisi kimia utama yang terkandung dalam baja AISI 4340 adalah **besi** (Fe) = 94,81% Fe merupakan unsur penyusun utama. Dari hasil pengujian unsur kimia kadar **karbon** (C) = 0,402% sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4340 0,34% 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) = 0,248 sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4340 0,30 kandungan silikon ini dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap karat dan kemampuan diperkeras secara keseluruhan. Dari hasil pengujian **mangan** (Mn) = 0,776 sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4340 0,60 unsur ini berguna untuk meningkatkan kekerasan dan mampu diperkeras pada baja.

Dari hasil pengujian **nikel** (Ni) = 1,595 sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4340 1,50 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) = 1,596 sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4340 1,50 penambahan unsur ini guna mampu meninggikan kekerasan dan daya tahan terhadap keausan dengan pembentukan khrom karbib, bisa dikeraskan dengan mudah membiarkan mendingin diudara terbuka atau pengerasan udara (air Hardening). Dari pengujian **molibdenum** (Mo) = 0,163 sedangkan pada spesifikasi standart komposisi kimia AISI 4340 0,20 penambahan unsur ini meningkatkan kekuatan tarik, mencegah kegetasan, meningkatkan ketahanan panas, meningkatkan kekerasan, mampu diperkeras pada baja.

Tabel 4.2. Sifat mekanis bahan awal

Spesimen Raw Material	Kekerasan (HRC)	σ_y (N/mm ²)	σ_{uts} (N/mm ²)	e (%)
A	33,36	643,4	1202,4	40

Tabel 4.3. Spesifikasi standart sifat mekanis baja AISI 4340

\emptyset (mm)	σ_y (N/mm ²)	σ_{uts} (N/mm ²)
≤ 16	1000	1200-1400
16-40	900	1100-1300
40-100	800	1000-1200
100-160	700	900-1100
160-250	600	800-950

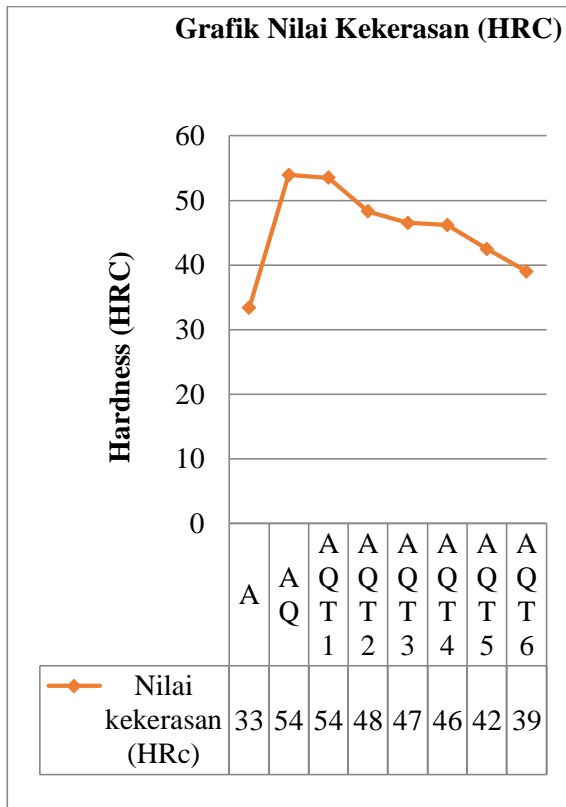
4.2. Analisis Uji Kekerasan (Rockwell type C)

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 4340. Dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell type C*.

Tabel 4.4 Perbandingan nilai kekerasan dari bahan awal dan perlakuan panas (*heat treatment*).

N o	Spesimen	Nilai Kekerasan	KEKERSAN	Keterangan
1	A	33,6 33,5 33,0	33,36	Pengambilan 3 titik dimulai dari daerah pinggir
2	AQ	51,6 54,4 55,9	53,96	
3	AQT 1	53,6 53,1 53,8	53,5	Beban 1471 N
4	AQT 2	49,6 47,1 48,2	48,3	
5	AQT 3	42,8 48,7 48,0	46,5	
6	AQT 4	46,8 45,7 46,1	46,2	Indentor Intan 120°
7	AQT 5	42,7 41,7 43,0	42,46	
8	AQT 6	36,7 39,6 40,7	39	

Tabel diatas jika disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar grafik 4.1 berikut ini yang nilai kekerasannya dibandingkan dengan kekerasan bahan awal tanpa perlakuan panas, proses hardening suhu 910°C dengan waktu penahanan 1 jam yang didinginkan dengan media pendingin oli (*quenching*) dan proses *temper* pada suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C dengan waktu penahanan yang sama yaitu 2 jam.



Dari data tabel dan grafik kekerasan yang diperlihatkan bahwa setelah material diberi perlakuan panas hardening pada temperatur 910°C ditahan dengan temperatur konstan selama 1 jam dan di*quenching* dengan media pendingin oli nilai kekerasannya sangat jauh meningkat yaitu dibandingkan dari nilai kekerasan bahan awal 33,36 HRC, naik menjadi 53,96 HRC. hal ini disebabkan karena pada proses *hardening* yang dicelup cepat pada media pendingin oli (*quenching*), terbentuk struktur martensit yang sangat keras dan getas, yang merupakan fasa metastabil oleh sebab itu dibutuhkan proses *temper* untuk mengurangi kegetasan dari struktur tersebut. Nilai kekerasan terlihat menurun pada proses *temper* dengan waktu penahanan 2 jam. Nilai kekerasan terendah pada sampel AQT 6 yang *ditemper* pada temperatur 600°C menurun hingga 39

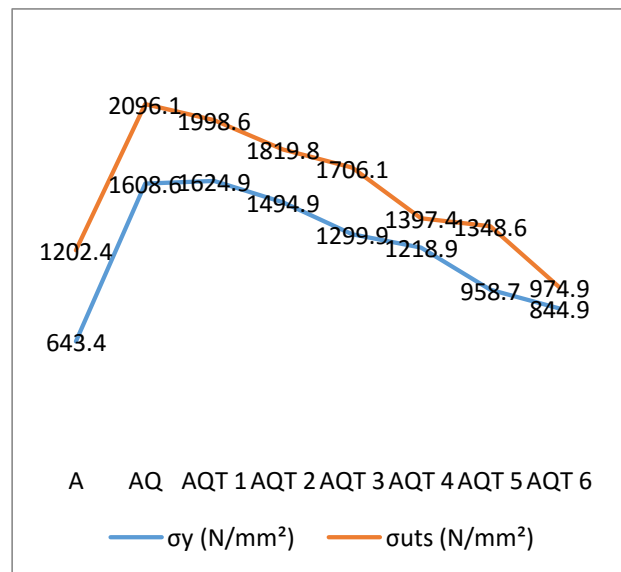
HRC. semakin tinggi temperatur *temper* nilai kekerasan semakin menurun.

4.3. Analisis Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material akibat pengaruh perubahan suhu perlakuan panas yang diberikan pada baja AISI 4340. Hasil pengujian tarik terdiri dari tiga parameter yaitu tegangan luluh (*yield strength*), tegangan batas putus (*ultimate strength*) dan yang ditunjukkan besarnya nilai perpanjangan (*elongation*). Hasil pengujian bahan awal dan sampel yang telah diberi perlakuan panas ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5. Tabel hasil uji tarik dari bahan awal dan perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja AISI 4340.

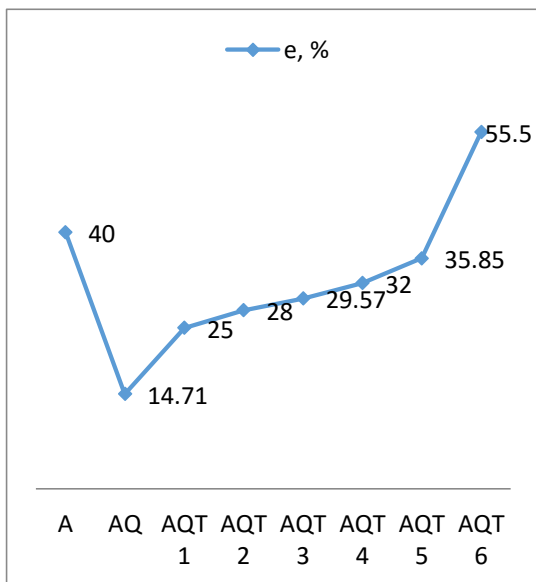
Kode Sampel	σ_y (N/mm ²)	σ_{uts} (N/mm ²)	e (%)
A	643,4	1202,4	40
AQ	1608,6	2096,1	14,74
AQT 1	1624,9	1998,6	25
AQT 2	1494,9	1819,8	27,84
AQT 3	1299,9	1706,1	29,62
AQT 4	1218,6	1397,4	32,06
AQT 5	958,7	1348,6	35,9
AQT 6	844,9	974,9	55,54



Gambar 4.2. Grafik uji tarik hubungan tegangan antara bahan awal dan jenis perlakuan panas.

Dari grafik dapat dilihat bahwa akibat proses *hardening* (*quenching*) tegangan luluh dan tegangan batas putus mengalami kenaikan. Tegangan luluh naik menjadi 1608,6 N/mm² dan tegangan batas putus naik menjadi 2096,1 N/mm² kenaikan ini melebihi tegangan luluh dan tegangan batas putus bahan awal dimana tegangan luluh bahan awal 643,4 N/mm² dan tegangan batas putus 1202,4 N/mm², ini disebabkan material yang di *hardening* (*quenching*) mengalami peningkatan kekerasan. Material yang telah di *hardening* (*quenching*) terbentuk struktur menjadi martensit, struktur ini sangat keras tetapi bahan keras ini bersifat getas, setelah dilakukan proses *tempering* pada temperatur 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C, terlihat tegangan luluh dan tegangan batas putus dari sampel hasil *hardening* (*quenching*) menjadi menurun. Semakin tinggi temperatur yang diberikan pada proses *tempering* akan menurunkan tegangan luluh dan tegangan batas putusnya.

Sementara hubungan antara pertambahan panjang (*elongation*) bahan awal dan jenis perlakuan panas dapat dilihat pada grafik 4.3 dibawah ini.

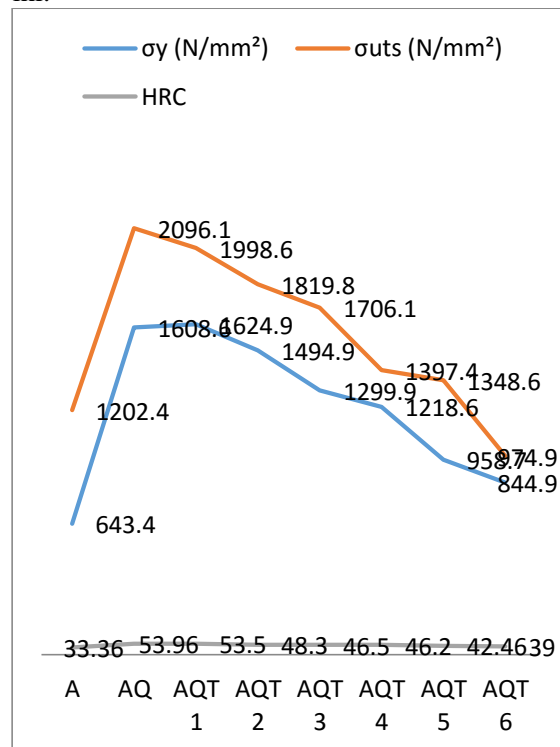


Gambar 4.3. Grafik uji tarik hubungan nilai perpanjangan (*elongation*) antara bahan awal dan jenis perlakuan panas.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa akibat proses perlakuan panas *hardening* dan *tempering*, keuletan dari material mengalami perubahan, pada proses *hardening* nilai perpanjangan (*elongation*) mengalami

penurunan dari nilai perpanjangan (*elongation*) bahan awal yakni dari 40% turun menjadi 14,74%, ini diakibatkan material yang di *hardening* sangat keras karena berstruktur martensit, setelah diberi perlakuan panas proses *tempering* nilai perpanjangan (*elongation*) semakin bertambah, diakibatkan material tersebut berstruktur martensit berubah menjadi struktur martensit temper, martensit temper memiliki kekuatan dan ketangguhan yang memadai hal ini dimungkinkan oleh karena martensit yang rapuh diubah menjadi dispersi partikel karbida yang halus dalam matriks ferit yang tangguh, semakin tinggi temperatur temper yang diberikan makin besar peningkatan nilai perpanjangannya (*elongation*).

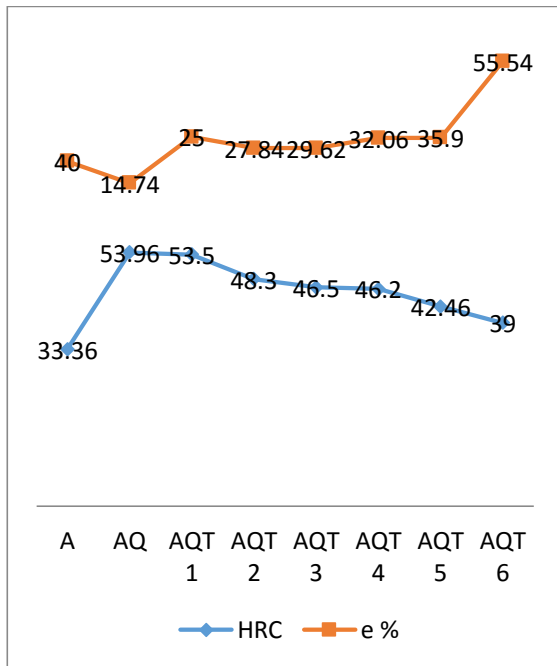
Jika dikaitkan nilai kekerasan yang diuji dan nilai kekuatan tarik yang diuji akibat perlakuan panas *quenching* dan *tempering* maka didapatkan grafik seperti yang terlihat dibawah ini.



Gambar 4.4. Grafik hubungan tegangan luluh (*yield strength*) dan tegangan batas putus (*Ultimate strength*) dengan kekerasan.

Dari grafik perbandingan diatas dapat dilihat semakin tinggi nilai kekerasan dari material maka kekuatannya semakin tinggi. Dari grafik ini juga dapat dilihat akibat adanya proses *tempering* dapat menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan.

Jika dikaitkan nilai kekerasan yang diuji dan nilai perpanjangan (*elongation*) yang diuji akibat perlakuan panas *quenching* dan *tempering* maka didapatkan grafik seperti yang terlihat dibawah ini.

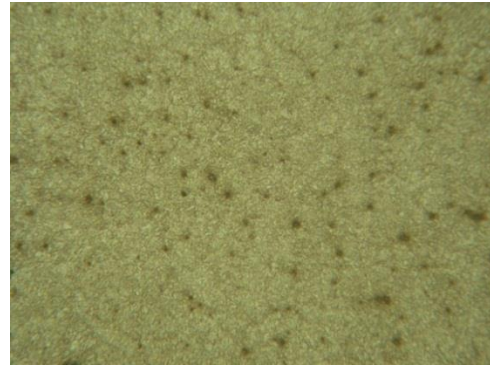


Gambar 4.5. Grafik hubungan antara nilai kekerasan dan nilai perpanjangan (e%) akibat perlakuan panas.

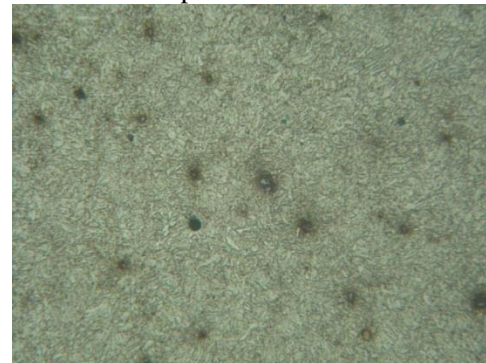
Dari grafik diatas dapat dilihat semakin tinggi nilai kekerasan maka akan semakin kecil nilai perpanjangan (*elongation*) dari satu material. Nilai kekerasan yang tertinggi dimiliki material hasil *quenching* sedangkan nilai *elongation*nya kecil. Dari grafik dapat dilihat pengaruh proses *tempering* nilai kekerasan semakin menurun sedangkan nilai *elongation* semakin bertambah.

4.4. Analisis Struktur Mikro

Dari gambar struktur mikro terlihat, struktur mikro bahan awal yang terbentuk adalah ferit-perlit dengan butiran halus akibat dari proses pengerolan panas yang dilakukan pada baja AISI 4340 (lihat gambar 4.6 dan 4.7).

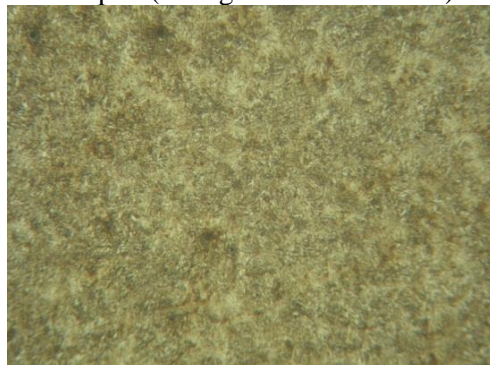


Gambar 4.6. Struktur mikro bahan awal pembesaran 200x

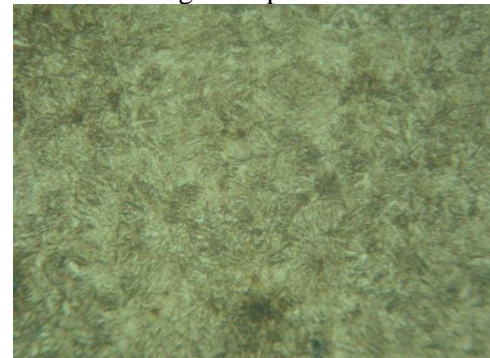


Gambar 4.7. Struktur mikro bahan awal pembesaran 500x

Pada sampel yang di*quenching* oli terbentuk struktur martensit, martensit keras, kuat dan rapuh (lihat gambar 4.8 dan 4.9)

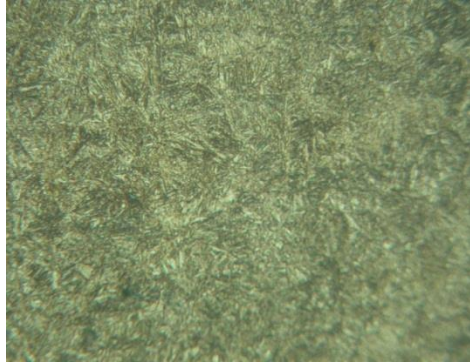


Gambar 4.8. Struktur mikro setelah *quenching* dengan oli pembesaran 200x



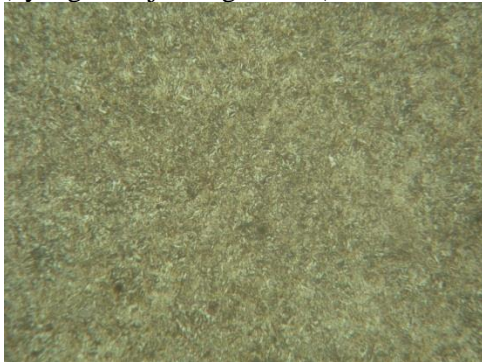
Gambar 4.9. Struktur mikro setelah *quenching* dengan oli pembesaran 500x

Struktur mikro setelah ditemper pada temperatur 100°C dengan lama penahanan 2 jam, struktur yang terbentuk masih struktur martensit ini disebabkan karena pemanasan masih dibawah garis martensit start (Ms) (lihat gambar 4.10)

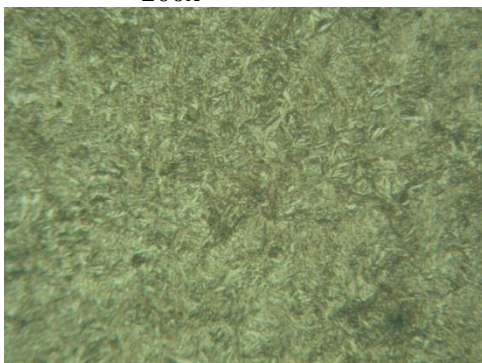


Gambar 4.10 Struktur mikro setelah ditemper temperatur 100°C lama penahanan 2 jam pembesaran 500x

Struktur yang terbentuk pada proses *tempering* dengan suhu 200°C masih martensit karena temperatur *temper* yang diberikan masih di bawah daerah temperatur martensit *start* (Ms) yang ditunjukkan gambar (4.12 dan 4.13)

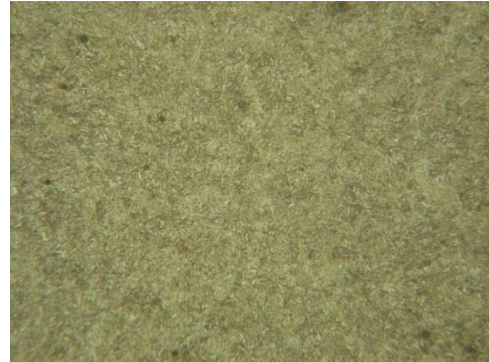


Gambar 4.12. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 200°C lama penahanan 2 jam pembesaran 200x

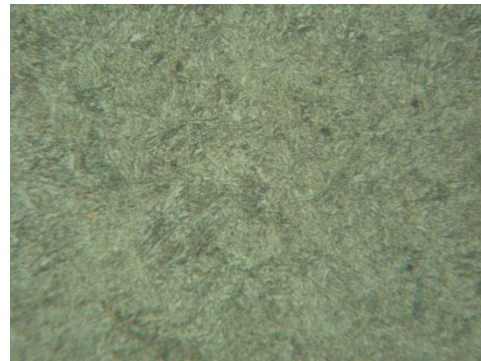


Gambar 4.13. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 200°C lama penahanan 2 jam pembesaran 500x

Struktur yang terbentuk pada proses *temper* dengan temperatur 300°C dan lama penahanan 2 jam adalah struktur martensit *temper* (lihat gambar 4.14 dan 4.15)

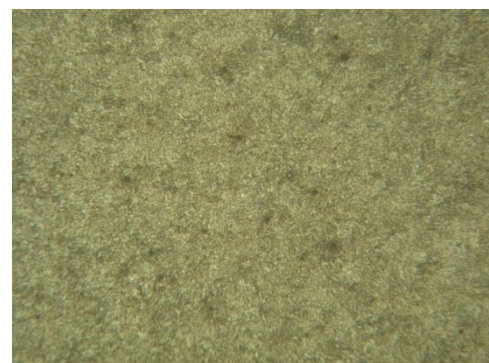


Gambar 4.14. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 300°C lama penahanan 2 jam pembesaran 200x



Gambar 4.15. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 300°C lama penahanan 2 jam pembesaran 500x

Pada pada proses *temper* dengan temperatur 400°C dan lama waktu penahanan 2 jam terbentuk struktur martensit *temper* (lihat gambar 4.16 dan 4.17)



Gambar 4.16. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 400°C lama

penahanan 2 jam pembesaran
200x



Gambar 4.17. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 400°C lama penahanan 2 jam pembesaran 500x

Pada pada proses *temper* dengan temperatur 500°C dan lama waktu penahanan 2 jam terbentuk struktur martensit *temper* (lihat gambar 4.18 dan 4.19)



Gambar 4.18. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 500°C lama penahanan 2 jam pembesaran 200x



Gambar 4.19. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 500°C lama penahanan 2 jam pembesaran 500x

Pada pada proses *temper* dengan temperatur 600°C dan lama waktu penahanan 2 jam terbentuk struktur martensit *temper* (lihat gambar 4.20 dan 4.21).



Gambar 4.20. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 600°C lama penahanan 2 jam pembesaran 200x



Gambar 4.21. Struktur mikro setelah ditemper temperatur 60°C0 lama penahanan 2 jam pembesaran 500x.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan.

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia didapatkan kadar karbon yang terdapat pada baja AISI 4340 yaitu 0,4% dilihat dari jumlah unsur karbon yang terkandung baja ini termasuk baja karbon menengah.
2. Pengaruh perlakuan panas dan proses pendinginan cepat (*quenching*) dapat merubah sifat mekanis dari baja AISI 4340, nilai kekerasan dari bahan awal 33,36 HRC naik menjadi 53,96 HRC ini disebabkan terjadinya perubahan struktur dari struktur ferit-perlit menjadi martensit dari baja tersebut.
3. Akibat adanya proses *tempering* dapat merubah sifat mekanis dari baja AISI 4340. Semakin tinggi temperatur *tempering* yang diberikan semakin menurun nilai kekerasan dan kekuatan tarik dari baja AISI 4340.
4. Struktur mikro baja AISI 4340 dari bahan awal ferit-perlit setelah dilakukan proses perlakuan panas hardening dengan

temperatur 910°C dan didinginkan cepat dengan media oli (*quenching*) mengalami perubahan yaitu menjadi struktur martensit, setelah dilakukan proses perlakuan panas *tempering* pada temperatur 100°C, 200°C struktur mikro dari baja AISI 4340 masih berbentuk struktur martensit, ini disebabkan karena temperatur *tempering* masih dibawah garis temperatur martensit *start*, jadi tidak mengalami perubahan. Setelah dilakukan *tempering* pada temperatur 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C terjadi lagi perubahan struktur dari martensit menjadi martensit temper. Perlakuan panas yang diberikan pada baja AISI 4340 merubah sifat mekanis, ini disebabkan karena adanya perubahan dari struktur mikro baja tersebut.

[10] Sembiring Desiran. 2015. *Penelitian Dan Analisa Kegagalan Silinder Api Ketel Uap Jenis Scotch*. Tesis. Jakarta: Institut Sains Dan Teknologi Nasional.

REFERENSI

- [1] Love George. 1986. *Teori Dan Peraktek Kerja Logam*. Edisi 3. Jakarta : Erlangga.
- [2] Tata Surdia. 2009. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradya Paramita.
- [3] Lawrence. H. Van Vlack. 1991. *Ilmu Logam Dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam Dan Bukan Logam)*. Edisi 5. Jakarta : Erlangga.
- [4] Rasita Karina. 2014. *Analisis Kegagalan Kerja Kopling Terhadap Kekuatan Material Pada PLTMH Tapen*. Skripsi. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknik-PLN.
- [5] Zella Alfinda. 2007. Diagram Fasa Fe-Fe₃C. [www.academia.edu/9261035/DIAGRAM_FASA_Fe-Fe₃C](http://www.academia.edu/9261035/DIAGRAM_FASA_Fe-Fe3C). Diakses 08 februari 2016 22.00 WIB.
- [6] Aldianto Firmanda. 2012. *Diagram TTT (Time-Temperature-Transformation)*.<http://blog.ub.ac.id/firmanaldianto/2012/03/13/diagram-ttt-time-temperature-transformation/>. Diakses 08 februari 2016 21.30 WIB.
- [7] Anrinal. H. 2013. *Metalurgi Fisik*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- [8] Supriatna Hendra. 2009. *Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan Terhadap Sifat Mekanis Pada Material Komposit Matrik Al-4,5%Cu-4%/10%SiC (p)*. Skripsi. Jakarta: Universitas Guna Darma Fakultas Teknologi Industri.
- [9] Sendi Kuncara. 2013. *Analisis Kegagalan Material Pipa Supply Gland Seal Steam Turbine PLTU UBOH 3 LONTAR UNIT 1*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknik-PLN.