

**INVESTIGASI PERLAKUAN QUENCHING-TEMPERING PADA BAJA
AISI 1045 DENGAN VARIASI TEMPERATUR TEMPERING 475 °C, 525
°C DAN 575°C DAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN AIR GARAM**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin



Disusun oleh:

Rama Yogga Christian

NIM : 205214081

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2024

**INVESTIGATION OF QUENCHING-TEMPERING TREATMENT ON
AISI 1045 STEEL WITH TEMPERATURE TEMPERING VARIATIONS
OF 475 °C, 525 °C AND 575°C AND COOLING MEDIA OF WATER AND
BRINE**

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
to obtain a Bachelor of Engineering degree
Mechanical Engineering Study Program



Arranged by:

Rama Yogga Christian

NIM : 205214081

**FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN

Mengesahkan skripsi dengan judul:

INVESTIGASI PERLAKUAN QUENCHING-TEMPERING PADA BAJA AISI 1045 DENGAN VARIASI TEMPERATUR TEMPERING 475 °C, 525 °C DAN 575°C DAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN AIR GARAM

Disusun Oleh:

Rama Yogga Christian

NIM: 205214081

Dosen Pembimbing,

Dr. Eng. Ir. I Made Wicaksana Ekaputra

22 Juli 2024

INVESTIGASI PERLAKUAN QUENCHING-TEMPERING PADA BAJA AISI 1045 DENGAN VARIASI TEMPERATUR TEMPERING 475 °C, 525 °C DAN 575°C DAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN AIR GARAM

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Rama Yogga Christian

NIM : 205214081

Susunan Dewan Penguji:

Jabatan	Nama Lengkap	Tanda Tangan
Ketua	: Wibowo Kusbandono, M.T	
Sekretaris	: Ir. Rines, M.T	
Anggota	: Dr. Eng. Ir. I Made Wicaksana Ekaputra	

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, 22 Juli 2024

Fakultas Sains Dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma

Dekan,



Ir. Drs. Haris Sriwindono, M.Kom. Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi dengan
judul:

**INVESTIGASI PERLAKUAN QUENCHING-TEMPERING PADA BAJA
AISI 1045 DENGAN VARIASI TEMPERATUR TEMPERING 475 °C, 525
°C DAN 575°C DAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN AIR GARAM**

Skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Saya menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini tidak memuat karya atau bagian karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dalam kutipan dan daftar pustaka dengan mengikuti ketentuan sebagaimana layaknya karya ilmiah.

Yogyakarta, 22 Juli 2024



Rama Yogga Christian

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Universitas Sanata Dharma:

Nama : Rama Yogga Christian

NIM : 205214081

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada
Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah saya yang berjudul:

**INVESTIGASI PERLAKUAN QUENCHING-TEMPERING PADA BAJA
AISI 1045 DENGAN VARIASI TEMPERATUR TEMPERING 475 °C, 525
°C DAN 575°C DAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN AIR GARAM**

Dengan demikian saya memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma baik untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengolah dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya atau memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 22 Juli 2024



Rama Yogga Christian

ABSTRAK

Baja merupakan elemen penting yang banyak digunakan pada bidang industri manufaktur dan konstruksi. Salah satu baja yang sering digunakan adalah baja AISI 1045 yang termasuk dalam baja karbon sedang yang sering dijumpai sebagai bahan pembuatan roda gigi, sproket dan poros pada kendaraan dan industri. Setiap bidang perindustrian memiliki spesifikasi karakteristik baja yang dibutuhkan, hal ini dapat dilakukan dengan cara pemberian perlakuan panas, salah satunya dengan metode *quenching-tempering*. Tujuan melakukan proses perlakuan panas dengan metode *quenching-tempering* untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai kekerasan pada baja AISI 1045 dan menghasilkan baja dengan kekerasan yang dibutuhkan. Pada tugas akhir ini, Proses *quenching-tempering* diawali dengan proses *heat treatment* pada temperatur 850 °C kemudian akan *diquenching* dengan dua media pendingin berbeda yaitu air dan air garam. Selanjutnya dilakukan proses *tempering* dengan variasi temperatur 475 °C, 525 °C, 575 °C. Pasca proses *heat treatment* akan dilakukan pengujian kekerasan vickers dan pengamatan struktur mikro. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kekerasan baja AISI 1045 mengalami penurunan setiap kenaikan temperatur, dengan nilai tertinggi pada media *quenching* air garam sebesar 341 HV dan nilai terendah sebesar 259 HV, kemudian nilai tertinggi pada media *quenching* air sebesar 284 HV dan nilai terendah sebesar 250 HV, dan pada proses *normalizing* sebesar 139 HV. Struktur mikro pada baja AISI 1045 juga terpengaruh oleh variasi temperatur *tempering* dengan membesarnya butir *tempered martensite* seiring dengan kenaikan temperatur pada proses *tempering*.

Kata kunci : baja AISI 1045, *quenching*, *tempering*, media pendingin (air garam dan air biasa), uji kekerasan vickers.

ABSTRACT

Steel is an important element that is widely used in the manufacturing and construction industries. One of the steels that is often used is AISI 1045 steel, which is a medium carbon steel which is often found as a material for making gears, sprockets and shafts in vehicles and industry. Each industrial sector has specifications for the required steel characteristics, this can be done by providing heat treatment, one of which is the quenching-tempering method. The aim of carrying out the heat treatment process using the quenching-tempering method is to determine the effect of differences in hardness values on AISI 1045 steel and produce steel with the required hardness. In this final project, the quenching-tempering process begins with a heat treatment process at a temperature of 850 °C, then it is quenched with two different cooling media, namely water and salt water. Next, the tempering process was carried out with temperature variations of 475 °C, 525 °C, 575 °C. After the heat treatment process, Vickers hardness testing and microstructure observations will be carried out. From the test results, it was found that the hardness value of AISI 1045 steel decreased with each increase in temperature, with the highest value in the salt water quenching media being 341 HV and the lowest value being 259 HV, then the highest value in the water quenching media was 284 HV and the lowest value was 250 HV, and in the normalizing process it is 139 HV. The microstructure of AISI 1045 steel is also affected by variations in tempering temperature with tempered martensite grains enlarging as the temperature increases in the tempering process.

Keywords: *AISI 1045 steel, quenching, tempering, cooling media (salt water and plain water), vickers hardness test.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat karunianya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan naskah skripsi yang berjudul " INVESTIGASI PERLAKUAN QUENCHING-TEMPERING PADA BAJA AISI 1045 DENGAN VARIASI TEMPERATUR TEMPERING 475 °C, 525 °C DAN 575°C DAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN AIR GARAM".

Naskah skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Dalam penyusunan naskah skripsi, penulis telah melakukan serangkaian penelitian di Laboratorium Ilmu Logam dan Riset berdasarkan referensi atau tinjauan pustaka. Pada akhirnya, penyusunan naskah skripsi ini dapat terselesaikan berkat kasih Tuhan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimah kasih kepada:

1. Ir. Drs. Haris Sriwindono, M.Kom, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Ir. Budi Setyahandana, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra selaku Dosen Pembimbing Skripsi sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah sudi membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan selalu memberikan kritik dan saran yang membangun.
4. Kedua orang tua saya, Krisna Widoyoko dan Purmini yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan kepada penulis baik dalam materi maupun spiritual.
5. Agatha Aura Christy selaku adik yang selalu memberi dukungan dan membimbing penulis ke jalan yang benar.

6. Chasanah Anggun Maharani selaku pacar dan calon istri yang telah menemani dan memberikan dorongan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Segenap dosen dan karyawan Universitas Sanata Dharma yang telah membagikan ilmu dan pengalaman yang sangat berharga selama masa perkuliahan.
8. Seluruh staf Sekretariat Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta yang telah membantu proses administrasi dan kesuksesan penulis.
9. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2020 yang selalu kompak dari awal hingga penghujung semester dan telah mengamalkan slogan "solidarity forever".
10. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu karena telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, masukan, kritik, dan saran yang membangun diharapkan demi kesempurnaan naskah skripsi ini. Semoga naskah skripsi ini dapat berguna bagi penulis maupun pembaca. Terima kasih.

Yogyakarta, 22 Juli 2024

Penulis



Rama Yogga Christian

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
HALAMAN KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5

2.1	Baja.....	5
2.2	Baja AISI 1045	6
2.3	Diagram Fase Fe-Fe ₃ C	8
2.4	<i>Heat Treatment</i>	10
2.4.1	<i>Normalizing</i>	11
2.4.2	<i>Quenching</i>	12
2.4.3	<i>Tempering</i>	13
2.5	Media Pendingin.....	14
2.6	Pengujian Struktur Mikro	16
2.7	Struktur Mikro Pada Baja.....	17
2.8	Penguatan Dengan Pengurangan Ukuran Butir.....	21
2.9	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	21
2.10	Tinjauan Pustaka	23
BAB III METODE PENELITIAN		24
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2	Peralatan Pengujian.....	25
3.3	Prosedur Pengujian Eksperimental.....	30
3.3.1	Pembentukan Spesimen	30
3.3.2	<i>Normalizing</i>	31
3.3.3	<i>Quenching</i>	32
3.3.4	<i>Tempering</i>	33

3.3.5	Pengamatan Struktur Mikro	33
3.3.6	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Analisis Data	36
4.2	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	37
4.2.1	Pembahasan Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	44
4.3	Hasil Pengamatan Struktur Mikro	45
4.3.1	Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fe-Fe ₃ C.....	8
Gambar 2.2 Alur Perlakuan Panas	11
Gambar 2.3 Area Perlakuan Panas <i>Normalizing</i>	12
Gambar 2.4 Alur Proses <i>Quenching-Tempering</i>	14
Gambar 2.5 Struktur Mikro <i>Perlite</i>	18
Gambar 2.6 Struktur Mikro <i>Ferite</i>	19
Gambar 2.7 Struktur Mikro <i>Martensite</i>	20
Gambar 2.8 Pengujian dan Indentor Vickers	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Tungku Pembakaran.....	27
Gambar 3.3 Mikroskop.....	28
Gambar 3.4 Alat Uji Kekerasan vickers.....	29
Gambar 3.5 Spesimen Baja AISI 1045.....	31
Gambar 4.1 Diagram Variabel & Nilai Kekerasan Vickers.....	43
Gambar 4.2 Struktur Mikro Spesimen <i>Normalizing</i> Pada Temperatur 850°C....	46
Gambar 4.3 Struktur Mikro Spesimen <i>Tempering</i> Pada Temperatur 475°C (air).....	47
Gambar 4.4 Struktur Mikro Spesimen <i>Tempering</i> Pada Temperatur 525°C (air).....	47
Gambar 4.5 Struktur Mikro Spesimen <i>Tempering</i> Pada Temperatur 575°C (air).....	48
Gambar 4.6 Struktur Mikro Spesimen <i>Tempering</i> Pada Temperatur 475°C (air garam).....	48
Gambar 4.7 Struktur Mikro Spesimen <i>Tempering</i> Pada Temperatur 525°C (air garam).....	49
Gambar 4.8 Struktur Mikro Spesimen <i>Tempering</i> Pada Temperatur 575°C (air garam).....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi baja AISI 1045 (wt%)	7
Tabel 2.2 Mechanical Properties Baja AISI 1045.....	7
Tabel 3.1 Pembagian spesimen <i>quenching</i>	32
Tabel 3.2 Pembagian spesimen <i>tempering</i>	33
Tabel 4.1 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 proses <i>normalizing</i>	38
Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur <i>tempering</i> 475°C menggunakan media pendingin air	39
Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur <i>tempering</i> 525°C menggunakan media pendingin air	39
Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur <i>tempering</i> 575°C menggunakan media pendingin air	40
Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur <i>tempering</i> 475°C menggunakan media pendingin air garam.....	41
Tabel 4.6 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur <i>tempering</i> 525°C menggunakan media pendingin air garam	41
Tabel 4.7 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur <i>tempering</i> 575°C menggunakan media pendingin air garam	42
Tabel 4.8 Hasil nilai rata-rata kekerasan vickers berdasarkan variasi temperatur <i>tempering</i> dan media pendingin.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri material baja sangat umum digunakan. Salah satunya adalah jenis baja karbon, yang biasa digunakan untuk komponen pada mesin-mesin industri, komponen pada otomotif hingga alat-alat perkakas. Baja karbon memiliki beberapa variasi jenis sehingga memiliki sifat mekanik yang berbeda-beda, ada variasi yang memiliki keuletan lebih tinggi. Ada juga yang memiliki kekerasan dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi.

Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang memiliki komposisi kandungan 0,42-0,50% C, 0,50-0,80% Mn, 0,035% S, 0,17-0,37% Si, 0,25% Ni, 0,25% Cr, 0,035% P dan termasuk golongan baja karbon menengah (*medium carbon steel*) (Rifai dkk., 2016). Baja karbon menengah jenis ini banyak digunakan sebagai komponen otomotif misalnya untuk pembuatan roda gigi, poros, dan bantalan pada kendaraan bermotor. Baja AISI 1045 sering disebut sebagai baja karbon dikarenakan sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI dan pada angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan plain carbon, selanjutnya pada kode xx setelah angka 10 menunjukkan komposisi kadar karbon pada baja AISI 1045 (Pramono, 2011).

Dengan sistem kerja yang berkaitan dengan kemampuan untuk menahan gesekan dan beban tekan, sangat mungkin jika baja akan mengalami deformasi dan

perubahan bentuk. Maka perlu dilakukan proses *heat treatment* kepada baja agar baja lebih tahan dengan gesekan dan beban tekan saat di aplikasikan, *heat treatment* yang dapat dilakukan dengan metode *quenching-tempering*.

Pada proses *tempering*, temperatur *tempering* berpengaruh besar dalam memperoleh sifat ulet pada baja setelah proses *quenching*. Proses *tempering* juga merubah struktur mikro pada baja sehingga perlu pemahaman lebih tentang besarnya temperatur saat proses *tempering* agar diperoleh sifat mekanis dan karakteristik terbaik.

Beberapa penelitian terkait proses *quenching-tempering* telah dilakukan. (Mustofa dkk., 2020) telah melakukan investigasi pengaruh variasi media pendingin berupa air, air garam, dan solar pada proses *quenching-tempering*. Dari hasil pengujiannya diperoleh bahwa media pendingin dengan menggunakan air garam mendapatkan tingkat kekerasan yang lebih tinggi, sedangkan solar mendapat kekerasan paling rendah. Untuk variasi temperatur *tempering* semakin tinggi temperaturnya maka kekerasannya semakin menurun. Penelitian lainnya juga telah dilakukan oleh (Agung Ramadhan dkk., 2023). Agung Ramadhan melakukan proses pendinginan cepat dengan tiga media pendingin berupa air kelapa, oli dromus, dan solar. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan air kelapa menghasilkan kekerasan tertinggi, bahkan persentase peningkatan kekerasan sebesar 198,4% dan 199%. Dari kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa proses *quenching-tempering* masih dapat dilakukan dengan variasi parameter yang lebih spesifik. Sehingga hasil-hasil yang diperoleh bisa digunakan sebagai bahan acuan rekayasa material baja dikemudian hari.

Pada penelitian ini, pengaruh variasi temperatur *tempering* dan media pendinginan terhadap tingkat kekerasan pada baja AISI 1045 akan dilakukan. Variasi

temperatur tempering yang akan digunakan adalah 475 °C, 525 °C dan 575 °C. Media pendingin yang akan digunakan yaitu air dan air garam. Setelah itu akan dilakukan pengamatan pada struktur mikro baja AISI 1045 untuk mengetahui fase yang terbentuk. Untuk alat pengujian kekerasan akan menggunakan alat uji kekerasan *Vickers*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh proses *quenching-tempering* pada temperatur tempering 475 °C, 525 °C dan 575 °C terhadap kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1045 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin terhadap kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1045 ?

1.3 Tujuan Masalah

1. Untuk mengidentifikasi perbedaan tingkat kekerasan setelah proses *quenching-tempering* dengan variasi temperatur *tempering* pada baja AISI 1045.
2. Untuk mengidentifikasi perbedaan struktur mikro setelah proses *quenching-tempering* pada baja AISI 1045.

1.4 Batasan Masalah

1. Temperatur ruangan sebagai media pendingin *tempering* sebesar 24 °C dianggap konstan.
2. Temperatur media pendingin air dan air garam sebagai media pendingin *quenching* sebesar 25 °C dianggap konstan.
3. Garam yang digunakan untuk media pendingin sebanyak 1 sendok teh.

1.5 Manfaat Penelitian

a. Manfaat teoritis

Pada penelitian ini dapat ditemukan hal-hal baru yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dibidang teknik material, dengan spesifik pengaruh *quenching-tempering* pada baja AISI 1045.

b. Manfaat Praktis

1) Manfaat bagi peneliti

Setelah melakukan penelitian dapat diperoleh manfaat-manfaat dengan mendapatkan hal dan ilmu baru yang sebelumnya belum pernah di dapatkan terlebih tentang pengaruh variasi temperatur *tempering* pada baja AISI 1045 dengan melakukan pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro.

2) Manfaat bagi penelitian selanjutnya

Dari hasil penelitian yang diperoleh, dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya maupun dapat meneruskan penelitian dengan judul yang sama dengan lebih spesifik dan variasi variabel lebih luas untuk kemajuan ilmu dalam bidang teknik material.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan logam campuran dari beberapa unsur yang ada di alam, namun unsur terbesar dalam campuran baja karbon adalah besi (*Fe*) dan carbon (*C*). Di dalam baja masih terdapat unsur lainnya seperti mangan (*Mn*), krom (*Cr*), vanadium(*V*), nikel (*Ni*), silikon (*Si*), tembaga (*Cu*), sulfur (*S*), fosfor (*P*). Kandungan karbon dalam baja sendiri berkisar 0,008 % hingga 2,14% (Callister & Rethwish, 2018). Baja umumnya diklarifikasikan menurut kandungan karbon yang terkandung, terdapat baja karbon rendah, sedang dan tinggi. Perbedaan jumlah karbon mempengaruhi sifat mekanik yang dimiliki dari tiap-tiap jenis.

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kandungan karbon tidak lebih dari 0,25%. Baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi namun dalam segi kekerasan, baja karbon rendah memiliki kekerasan yang buruk. Kekerasan yang buruk ini terjadi karena rendahnya kandungan karbon sehingga saat dilakukan perlakuan panas *martensite* cenderung tidak muncul setelah dilihat melalui pengujian struktur mikro. Baja karbon rendah biasanya digunakan untuk komponen pada bodi mobil karena keuletannya yang tinggi.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang adalah baja yang memiliki kandungan karbon berkisaran antara 0,25 % hingga 0,60%. Baja karbon sedang memiliki sifat mekanik yang lebih baik, dari segi kekuatan, kekerasan dan keuletan, hal ini dikarenakan baja karbon sedang memiliki kandungan karbon yang cukup untuk memunculkan *martensite* setelah melalui perlakuan panas. Sifat mekanik dari baja karbon sedang dapat ditingkatkan dengan melakukan perlakuan panas seperti *quenching-tempering* agar mendapatkan nilai kekerasan dan keuletan yang optimal. Baja karbon sedang ini dapat digunakan untuk pembuatan komponen-komponen pada mesin seperti roda gigi, bantalan, poros dan lain-lain.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi merupakan baja yang memiliki kandungan karbon antara 0,6 % hingga 1,4%. Baja karbon tinggi memiliki kekerasan terkeras dari beberapa jenis baja karbon lainnya namun memiliki keuletan yang sangat rendah dari yang lainnya. Baja karbon tinggi biasanya digunakan untuk pembuatan alat potong seperti pisau, silet, pahat, mata bor dan lain-lainnya.

2.2 Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 tergolong dalam baja karbon sedang yang memiliki kandungan karbon sebanyak 0,45%. Penamaan baja ini menggunakan *standart* baja amerika, yaitu AISI (*American Institute For Steel And Iron*) dengan kode 1045 yang berarti angka 10

menunjukkan kandungan paduan baja dan angka 45 menunjukkan jumlah kandungan karbon. Komposisi dari baja AISI 1045 dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Komposisi baja AISI 1045 (wt%) (Rifai dkk., 2016)

Unsur	Komposisi
Carbon	0.42-0.50
Mangan	0.50-0.80
Sulfur	Maksimum 0.035
Phospor	Maksimum 0.035
Nikel	Maksimum 0.25
Silikon	0.17-0.37
Chromium	Maksimum 0.25

Pada pengaplikasiannya baja AISI 1045 sering digunakan untuk pembuatan komponen-komponen industri dan alat-alat perkakas. Baja AISI 1045 cenderung digunakan untuk pembuatan alat yang ketahanan yang tinggi untuk menahan gaya tekan yang akan terjadi saat pengaplikasiannya agar tidak terjadi deformasi dan perubahan bentuk

Tabel 2.2 Mechanical Properties Baja AISI 1045

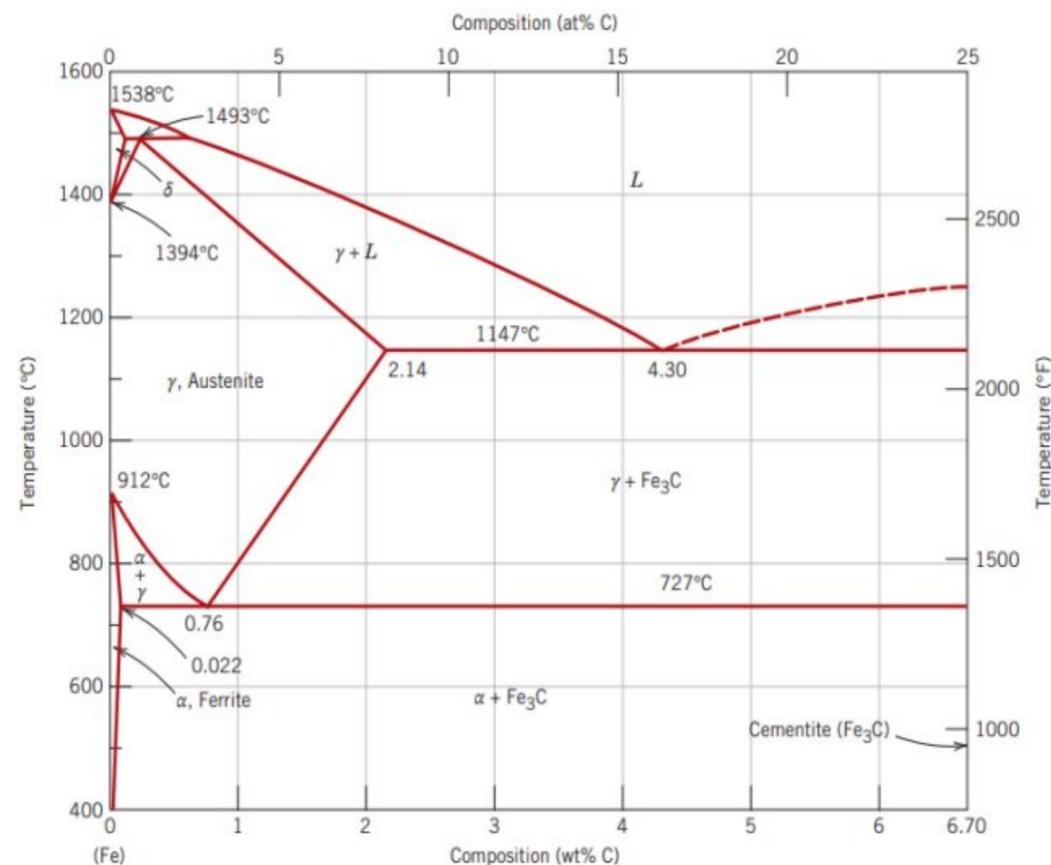
(ASTM SAE AISI 1045 Carbon Steel Heat Treatment, Chemical Composition,

Properties, t.t.)

1045 carbon steel mechanical properties (sizes ranging: 19-32 mm)						
Steel (UNS)	Tensile strength (Mpa) ≥	Yield strength (Mpa) ≥	Elongation in 50 mm, % ≥	Reduction in area, % ≥	Hardness (HB)	Processing, condition or treatment
AISI SAE 1045 (G10450)	565	310	16	40	163	Hot rolled
	625	530	12	35	179	Cold drawn
	585	505	12	45	170	Annealed, cold drawn

2.3 Diagram Fase Fe-Fe₃C

Diagram fasa Fe-Fe₃C atau diagram kesetimbangan merupakan diagram yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui jenis-jenis fasa yang terbentuk di dalam baja dan mengetahui faktor-faktor apa saja yang memengaruhi paduan baja dan segala perlakuannya (Nugroho dkk., 2019). Fase Fe-Fe₃C merupakan sebuah acuan untuk menentukan hubungan antar komposisi besi (*Fe*) dan karbon (*C*) dalam menentukan fase yang terbentuk saat temperatur tertentu. Diagram ini sering digunakan saat merancang suatu pengujian panas pada baja karbon untuk menghasilkan suatu sifat mekanik yang diinginkan. Dengan perpaduan komposisi dan temperatur yang pas maka akan membuat suatu baja karbon mendapat kekuatan, ketahanan aus dan keuletan yang optimal.



Gambar 2.1 Diagram Fe- Fe₃C

(Callister & Rethwisch, 2018)

Terdapat fase utama pada diagram fase Fe-Fe₃C, yaitu:

1. Fase α (*Ferrite*)

Ferrite merupakan fase yang terkandung pada baja murni dan baja karbon rendah pada temperatur ruangan hingga suhu 912° C. *Ferrite* memiliki struktur kristal BCC (*body-centered cubic*).

2. Fase γ (*Austenit*)

Austenite merupakan fase yang terbentuk di temperatur diatas 727 ° C hingga 1493° C tergantung dengan komposisi karbon pada baja. *Austenit* memiliki struktur kristal FCC (*face-centered cubic*). Pada fase inilah baja yang telah dipanaskan lalu didinginkan secara cepat untuk menghasilkan *martensite*.

3. Fase δ (*Delta Ferrite*)

Delta Ferrite merupakan fase yang jarang sekali dicapai oleh baja karbon saat melakukan perlakuan panas, karena hanya baja karbon rendah saja yang bisa membentuk fase ini dan fase ini kurang berpengaruh pada sifat mekanis baja. *Delta Ferrite* memiliki struktur kristal BCC (*body-centered cubic*) dan dapat terbentuk pada temperatur 1493° C hingga 1538° C.

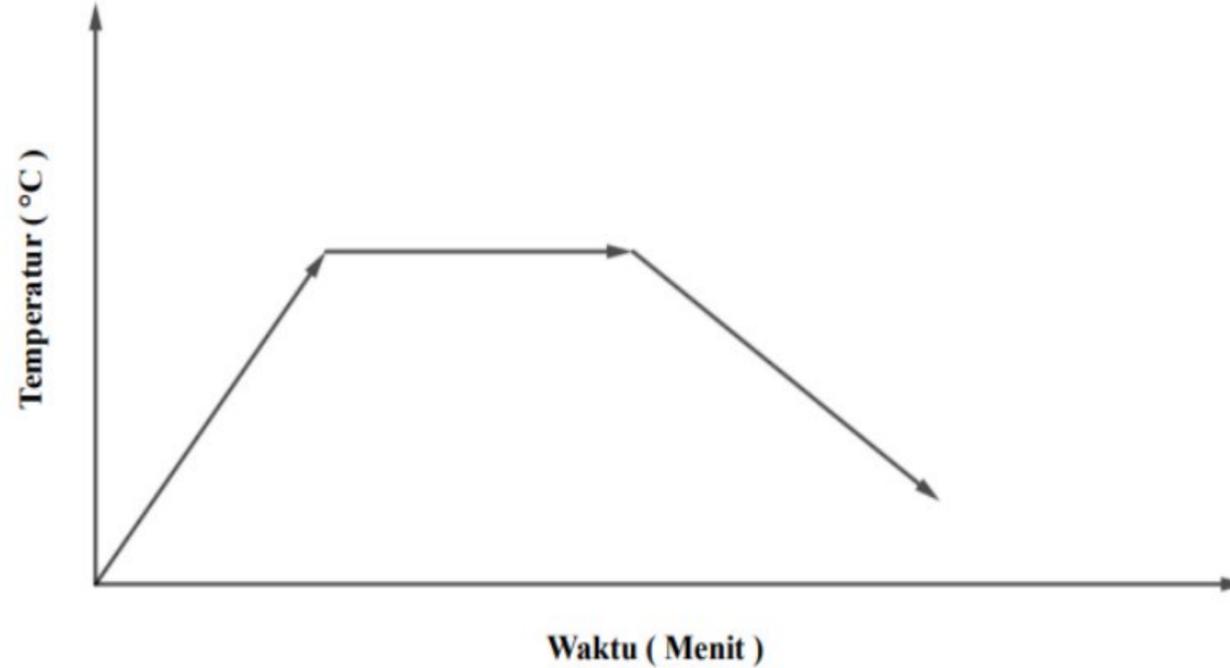
4. Fase Fe₃C (*Cementit*)

Cementit merupakan fase yang dapat terbentuk pada temperatur eutectoid pada diagram fase Fe- Fe₃C. Pada fase ini, baja akan sangat keras dan getas karena banyaknya kandungan karbon.

2.4 Heat Treatment

Heat treatment adalah salah satu proses transformasi struktur logam dengan cara memanaskan baja hingga suhu *austenite* dalam jangka waktu tertentu, kemudian didinginkan dengan cepat dalam media pendingin tertentu. *heat treatment* sering dilakukan kepada baja paduan untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih baik, seperti baja karbon sedang yang diberi *heat treatment* untuk menunjang baja tersebut pada saat pengaplikasiannya pada komponen industri. Perubahan sifat mekanis dapat terjadi karena adanya perubahan pada struktur mikro saat proses pemanasan ke temperatur tertentu dan pendinginan dengan media pendingin dimana sifat logam dipengaruhi oleh struktur mikro yang terbentuk.

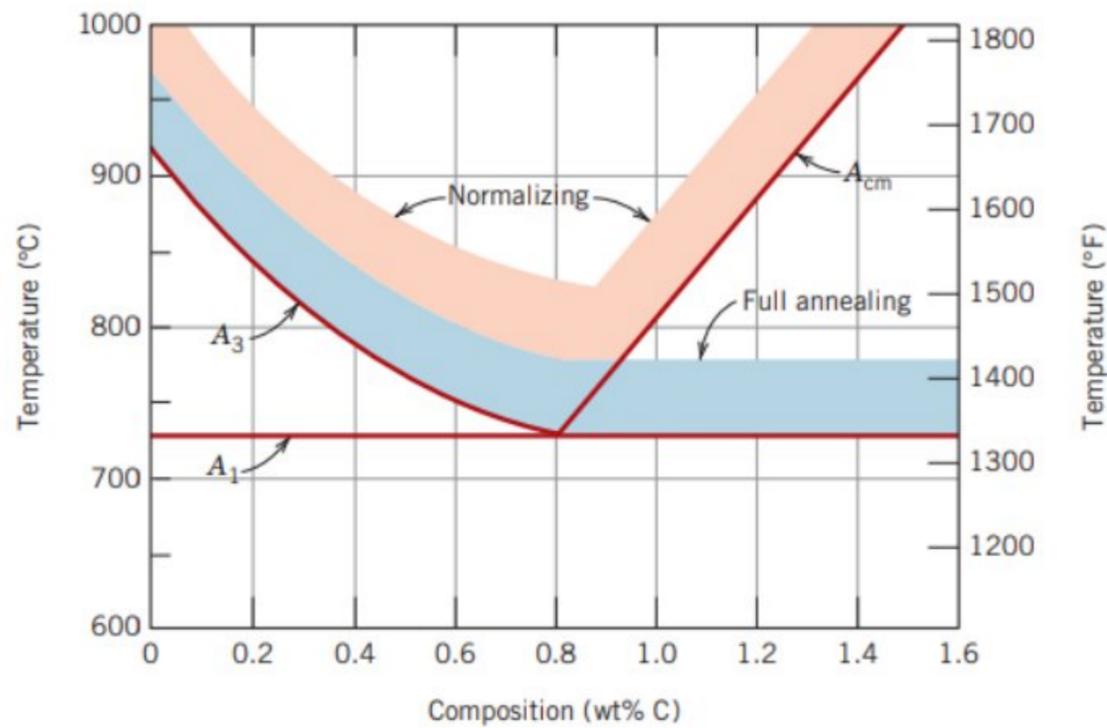
Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan juga dengan cara tertentu. Tujuan dari perlakuan panas adalah mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai dengan yang diinginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan (Mustofa dkk., 2020).



Gambar 2.2 Alur Perlakuan Panas

2.4.1 *Normalizing*

Normalizing adalah proses perlakuan panas yang dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperatur austenite, yang kemudian dilakukan penahanan beberapa waktu dan kemudian didinginkan secara perlahan dengan media pendingin udara sekitar (temperatur ruangan) dengan tujuan untuk meningkatkan keseragaman dan menghilangkan tegangan sisa (Syarifuddin dkk., 2020). *Normalizing* dilakukan kepada baja yang telah mengalami deformasi plastis karena penggulangan maupun pemotongan saat akan membentuk baja. *Normalizing* dilakukan pada temperatur setidaknya 55°C (100F) di atas suhu kritis yaitu, di atas A_{cm} untuk komposisi kurang dari eutektoid (0,76% berat C), dan di atas A_{cm} untuk komposisi yang lebih besar dari eutektoid. Setelah waktu yang cukup telah diberikan paduan untuk sepenuhnya berubah menjadi *austenite* yaitu prosedur yang disebut austenitisasi. Perlakuan diakhiri dengan pendinginan di udara (Callister & Rethwisch, 2018).



Gambar 2.3 Area Perlakuan Panas Normalizing

(Callister & Rethwisch, 2018)

2.4.2 Quenching

Quenching merupakan proses pendinginan cepat untuk merubah sifat mekanik pada baja dengan media pendingin tertentu. Dengan metode *quenching* dapat dihasilkan sifat-sifat yang lebih baik dari sifat sebelumnya dengan memanaskan baja hingga temperatur *austenite* lalu dilakukan pendinginan secara cepat dengan tingkat pendinginan yang sangat tinggi (*diquench*) untuk mencapai kekerasan yang diinginkan (Pratowo & Fernando, 2018). Perubahan sifat mekanik ini terjadi karena adanya perubahan struktur mikro pada fase *austenite* menjadi fase *martensite* saat terjadinya perlakuan pendinginan secara cepat terhadap baja. Secara umum, dilakukannya *quenching* menyebabkan mengecilnya ukuran butir pada baja dan membuat baja semakin keras, jika saat pendinginan dilakukan secara lambat maka butir-butir akan tumbuh secara cepat dan membuat baja menjadi lunak. Baja yang telah mengalami

quenching cenderung memiliki kekerasan yang sangat tinggi namun tidak optimal menyebabkan baja tersebut getas dan mudah patah. Maka dari itu baja yang telah melalui proses *quenching* akan melalui tahap perlakuan panas selanjutnya.

Pada saat pendinginan yang cepat selama fase austenit, tidak terjadi perubahan menjadi *ferite* atau *perlite* karena tidak ada kesempatan bagi atom karbon yang terlarut dalam austenit untuk bergerak secara difusi dan membentuk sementit. Oleh karena itu, terbentuklah fase martensit yang sangat keras dan sifatnya tergantung pada kandungan karbon (Periyanto, 2016). Waktu pemanasan yang dilakukan dalam tungku juga berpengaruh, jika dipanaskan terlalu cepat maka *martensite* yang terbentuk tidaklah sempurna akan mengakibatkan kekerasan yang tidak maksimal dan bisa juga *martensite* kembali ke struktur semula.

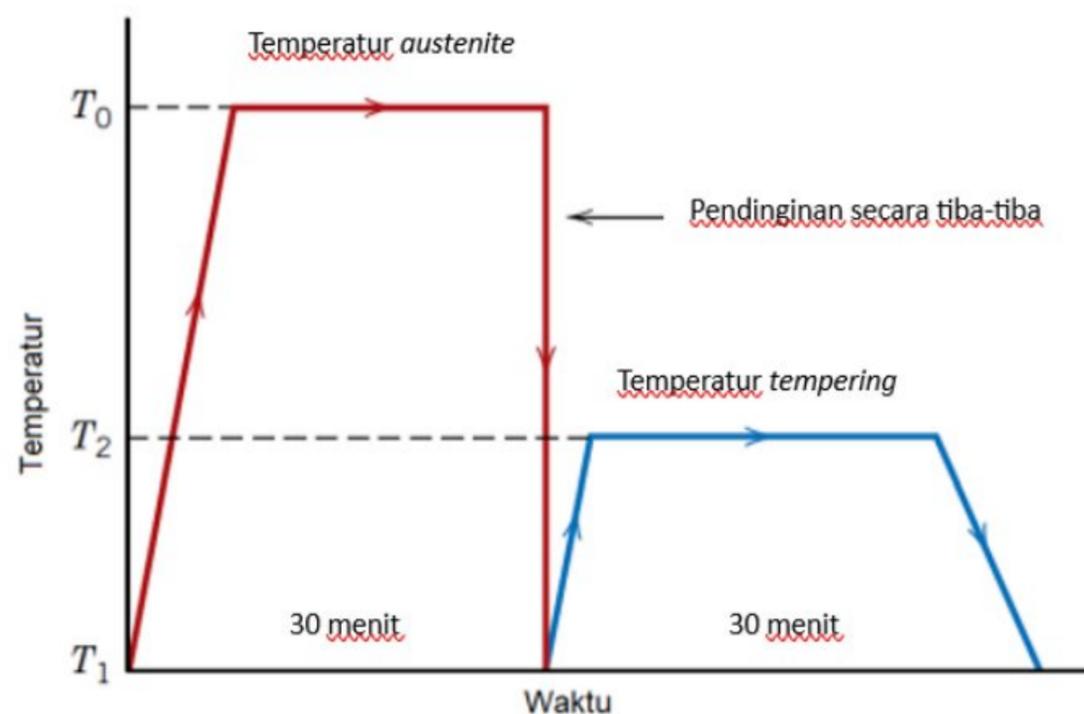
2.4.3 Tempering

Tempering adalah proses lanjutan dari perlakuan panas dimana baja akan dipanaskan kembali pada temperatur *tempering* dan ditahan selama waktu tertentu yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan benda kerja, mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan benda kerja bersifat rapuh, merubah struktur kristal atom sehingga bersifat lunak dan mudah dikerjakan. Sehingga dari proses tersebut didapatkan benda kerja yang memiliki sifat kombinasi antara kekerasan, ketahanan, keuletan (tahan terhadap impact), kekuatan dan berstruktur kristal stabil (Sumpena & Wardoyo, 2018).

Tahapan proses tempering adalah sebagai berikut: karena proses *tempering* ini adalah proses lanjutan dari *hardening*. Maka pertama benda kerja dikeraskan terlebih

dahulu setelah quenching kemudian benda dipanaskan kembali pada temperatur 150°C - 400°C untuk mendapatkan sifat yang lebih lunak lebih ulet. Harus diperhatikan proses tempering adalah waktu dan temperatur yang digunakan. Pada tahap terakhir proses tempering adalah pendinginan dalam udara terbuka (Sumpena & Wardoyo, 2018).

Pada proses *tempering*, temperatur saat pemanasan baja harus diperhatikan karena tinggi dan rendahnya temperatur berpengaruh pada sifat mekanis yang akan dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh perubahan struktur mikro saat memanaskan dan mendinginkan baja maka dari itu perlu dilakukan pemilihan temperatur yang cocok agar hasilnya optimal.



Gambar 2.4 Alur Proses Quenching-Tempering

2.5 Media Pendingin

Media pendingin merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan kecepatan pendinginan pada baja setelah diberikan perlakuan panas. Media pendinginan memiliki laju pendinginan yang berbeda-beda dari media satu dengan

media yang lainnya. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kerapatan massa (densitas), kekentalan media pendingin (viskositas), Temperatur media pendingin dan lain sebagainya. Berikut beberapa media pendingin yang dapat digunakan sebagai media pendingin baja :

1. Air

Air merupakan media pendingin yang sering digunakan untuk mendinginkan baja setelah proses *heat treatment*. Air memiliki nilai densitas sebesar 997 kg/m^3 dan memiliki nilai viskositas sebesar $1,002 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah mudah ditemukan, murah, dan tidak merusak spesimen yang akan diuji.

2. Air Garam

Campuran dari garam dan air yang digunakan untuk media pendingin memiliki sifat pendingin yang teratur dan cepat. Air garam memiliki nilai densitas sebesar 1200 kg/m^3 dan memiliki nilai viskositas sebesar $0,890 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Dibandingkan dengan air, air garam memiliki laju pendinginan yang lebih cepat karena memiliki viskositas yang lebih rendah.

3. Minyak Pelumas

Minyak pelumas menjadi salah satu media pendingin yang memiliki keunggulan saat proses pendinginan, hal ini dikarenakan permukaan material akan muncul lapisan yang keras. Minyak pelumas memiliki viskositas yang berbeda-beda tergantung jenisnya, seperti SAE 0W yang memiliki viskositas sebesar $3,8 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, lalu ada jenis SAE 10W yang memiliki viskositas $4,1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$

dan ada jenis SAE 15W yang memiliki viskositas 5,6 mPa·s. Minyak pelumas memiliki beberapa seri yang dibedakan menurut viskositas dari seri tersebut. Minyak pelumas memiliki kode huruf sebelum kode angka yaitu SAE (*Society Of Automotive Engineers*). SAE sendiri merupakan lembaga yang mengatur standarisasi minyak pelumas di bidang otomotif.

4. Solar

Solar memiliki nilai densitas sebesar 860 kg/m³ dan memiliki nilai viskositas sebesar 4 mPa·s. Solar sendiri sangat jarang digunakan dalam media pendingin untuk beberapa proses *heat treatment* karena dengan media air dapat mendapatkan sifat mekanis yang lebih baik.

2.6 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro merupakan pengujian yang dilakukan secara mikroskopis. Pengujian struktur mikro memiliki tujuan untuk mengamati dan menganalisis wujud, bentuk, dan ukuran dari fase yang terbentuk pada baja. Pengamatan ini digunakan untuk mengetahui sifat yang dimiliki oleh baja setelah mengetahui fase apa yang muncul. Struktur mikro yang terbentuk karena adanya beberapa perlakuan yang diberikan pada baja seperti *Heat Treatment* dan penambahan unsur pada paduan baja.

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan alat mikroskop dengan jenis mikroskop cahaya. Mikroskop cahaya memiliki kemampuan pembesaran yang cukup tinggi hingga melebihi 100 kali pembesaran, sehingga dapat melihat

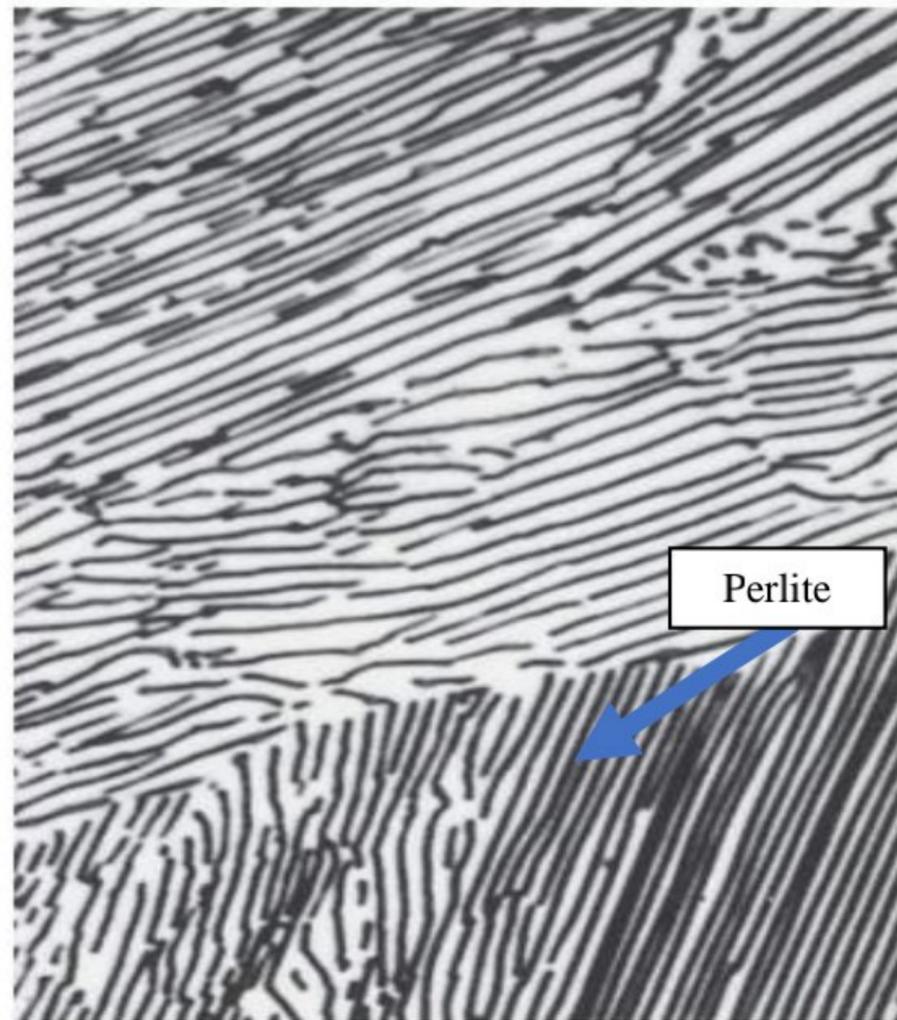
struktur-struktur pada baja yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Namun, mikroskop cahaya memiliki kelemahan dalam mengamati struktur mikro yang sangat kecil. Setelah mengamati struktur mikro yang terbentuk, maka struktur yang terbentuk dianalisis dan dicocokkan dengan data yang ada untuk mengetahui sifat mekanis yang terbentuk.

2.7 Struktur Mikro Pada Baja

Setelah baja dilakukan pengujian struktur mikro, maka akan muncul beberapa struktur yang perlu dianalisis terhadap data. Berikut beberapa struktur mikro yang mungkin muncul pada baja :

1. *Perlite*

Perlite merupakan salah satu struktur mikro yang muncul saat pendinginan lambat dari temperatur fase *austenite*. *Perlite* merupakan campuran antara dua fasa, yaitu *ferite* dan *cementite*, yang membentuk struktur berlapis-lapis. *Perlite* memiliki sifat mekanis yang berbeda tergantung pada komposisi paduan pada baja. Secara umum *perlite* memiliki kekuatan yang lebih rendah dari struktur *martensite*, hal ini dapat terjadi karena sifat lunak yang ada pada *ferite* dan sifat yang mudah rapuh pada *sementit*. Struktur *perlite* dapat dilihat dengan karakteristik lapisan-lapisan tipis berwarna terang dan gelap yang berjajar secara berselang-seling.

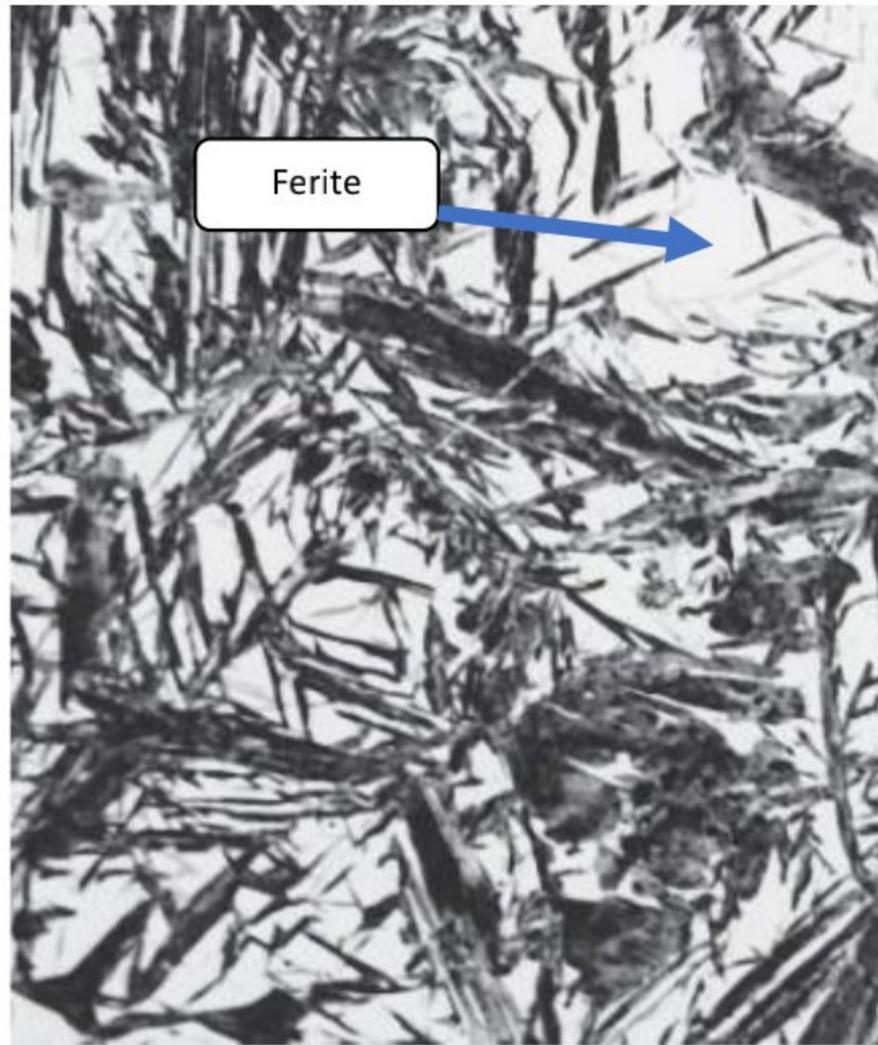


Gambar 2.5 Struktur Mikro Perlite

(Callister & Rethwisch, 2018)

2. *Ferite*

Ferite merupakan struktur psling stabil yang terkandung pada baja murni didalam suhu ruangan. *Ferite* memiliki sifat mekanis yang rendah pada segi kekuatan dan kekerasan, namun *ferrite* memiliki ketahanan pada korosi yang tinggi melebihi struktur yang lainnya. Jika dilihat dari mikroskop *ferite* memiliki warna yang cenderung lebih terang daripada *perlite*.



Gambar 2.6 Struktur Mikro *Ferite*

(Callister & Rethwisch, 2018)

3. *Martensite*

Martensite merupakan struktur kristal yang terbentuk dari proses pendinginan cepat saat temperatur *austenite*. *Martensite* memiliki kekerasan dan kekuatan paling tinggi dibandingkan dengan struktur lainnya namun, *martensite* cenderung getas dan rapuh, hal ini disebabkan oleh strukturnya yang tidak memiliki pergeseran atom yang signifikan, sehingga sulit untuk deformasi plastik (pemadatan) tanpa retakan atau patahan. *Martensite* memiliki bentuk seperti jarum-jarum tajam yang tidak beraturan dan memiliki warna yang gelap.



Gambar 2.7 Struktur Mikro *Martensite*
(Callister & Rethwisch, 2018)

4. *Bainit*

Bainit merupakan struktur yang terbentuk saat melalui proses pendinginan cepat saat temperatur *austenite*. *Bainit* memiliki sifat mekanis yang hampir sama dengan sifat mekanis *martensite* namun, *bainit* memiliki ketangguhan yang lebih tinggi dibandingkan *martensite*.

2.8 Penguatan Dengan Pengurangan Ukuran Butir

Sifat mekanik pada baja dipengaruhi oleh ukuran dari butir atau diameter dari butir pada struktur mikro baja. Ukuran butir yang kecil dan halus memiliki sifat mekanis yang keras dan kuat jika dibandingkan dengan butir yang memiliki ukuran yang besar dan kasar. Hal ini terjadi karena butir yang besar dan kasar memiliki luas batas butir yang lebih besar untuk menghambat gerakan dislokasi. Terdapat persamaan yang untuk menentukan kekerasan dari suatu baja dengan melihat dari ukuran butir dinamakan persamaan *Hall-Petch*,

$$\sigma_y = a_0 + k_y d^{-1/2} \dots \dots \dots (1)$$

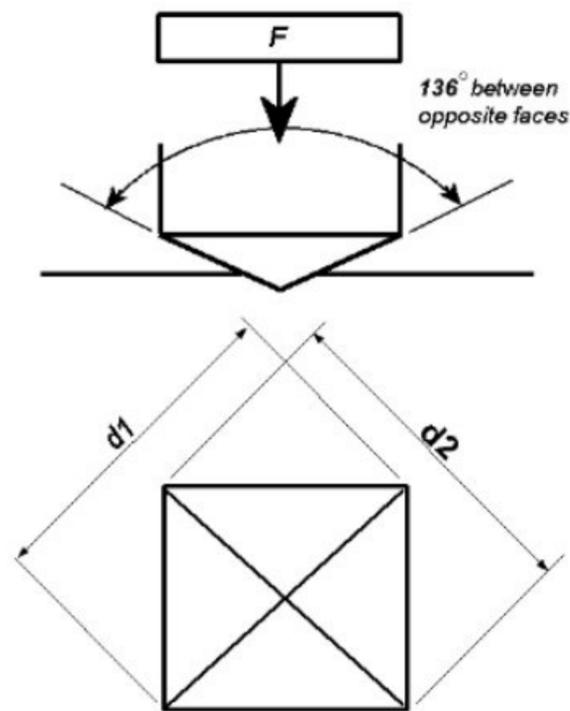
Keterangan :

1. σ_y = Nilai kekerasan
2. a_0 & k_y = Konstantan pada bahan tertentu
3. d = diameter butir

2.9 Pengujian Kekerasan *Vickers*

Kekerasan (*Hardnes*) merupakan salah satu sifat mekanik yang dimiliki seluruh material yang ada di dunia. Kekerasan pada suatu material dipengaruhi oleh banyak faktor seperti pemberian perlakuan panas, perlakuan dingin dan pencampuran beberapa unsur menjadi paduan yang baru. Kekerasan sejatinya digunakan sebagai parameter

untuk mengetahui ketahanan material terhadap gaya tekan yang dapat membuat *deformasi* pada material. Untuk mengetahui ketahanan material terhadap gaya tekan, material dapat diuji menggunakan mesin uji *Vickers*. Pada pengujian *vickers*, akan diberikan tekanan pada permukaan material dengan menggunakan bola pengujian berbentuk piramid intan dengan sudut 136° . Dalam pengujian kekerasan mikro ini digunakan indenter *vickers* dan dilaksanakan berdasarkan standard ASTM E384 (Rauf dkk., 2018) Hasil dari pengujian menggunakan alat uji *vickers* dinyatakan dalam nilai HVN (*hardness vickers number*).



Gambar 2.8 Pengujian dan Indentor Vickers
(Rauf dkk., 2018)

2.10 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai kekerasan baja AISI 1045 dengan metode *tempering* sudah pernah dilakukan oleh (Rifnaldi & Mulianti, 2019) dengan judul “Pengaruh Perlakuan Panas *Hardening* Dan *Tempering* Terhadap Kekerasan (*Hardness*) Baja AISI 1045”. Penelitian tersebut menggunakan material baja AISI 1045 sebagai bahan uji. Temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 200° C, 300° C, 400° C, 500° C, 550° C. Dari hasil uji kekerasan baja AISI 1045 diketahui bahwa *tempering* pada temperatur 200°C memiliki rata-rata kekerasan yaitu 367,6kg/mm², spesimen yang di *tempering* pada temperatur 300°C memiliki rata-rata kekerasan yaitu 477,7kg/mm², spesimen yang di *tempering* temperatur 400°C memiliki rata-rata kekerasan yaitu 367,6kg/mm², spesimen yang di *tempering* temperatur 500°C memiliki rata-rata kekerasan yaitu 367,6kg/mm², spesimen yang di *tempering* temperatur 550°C memiliki rata-rata kekerasan yaitu 280kg/mm².

Penelitian selanjutnya pernah dilakukan oleh Agung Ramadhan dkk., 2023 tentang “Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045”. Penelitian ini menggunakan variasi media pendingin *quenching* dengan temperatur pemanasan sebesar 850°C. Kekerasan pada spesimen *quenching* media pendingin air kelapa muda, yaitu 751,955 kg/mm², dan 753,573 kg/mm². Kemudian nilai kekerasan sebesar 272,798 kg/mm², dan 270,729 kg/mm² oleh spesimen *quenching* solar. Nilai kekerasan spesimen *quenching* dromus oil yaitu 264,388 kg/mm² dan 265,172 kg/mm².

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

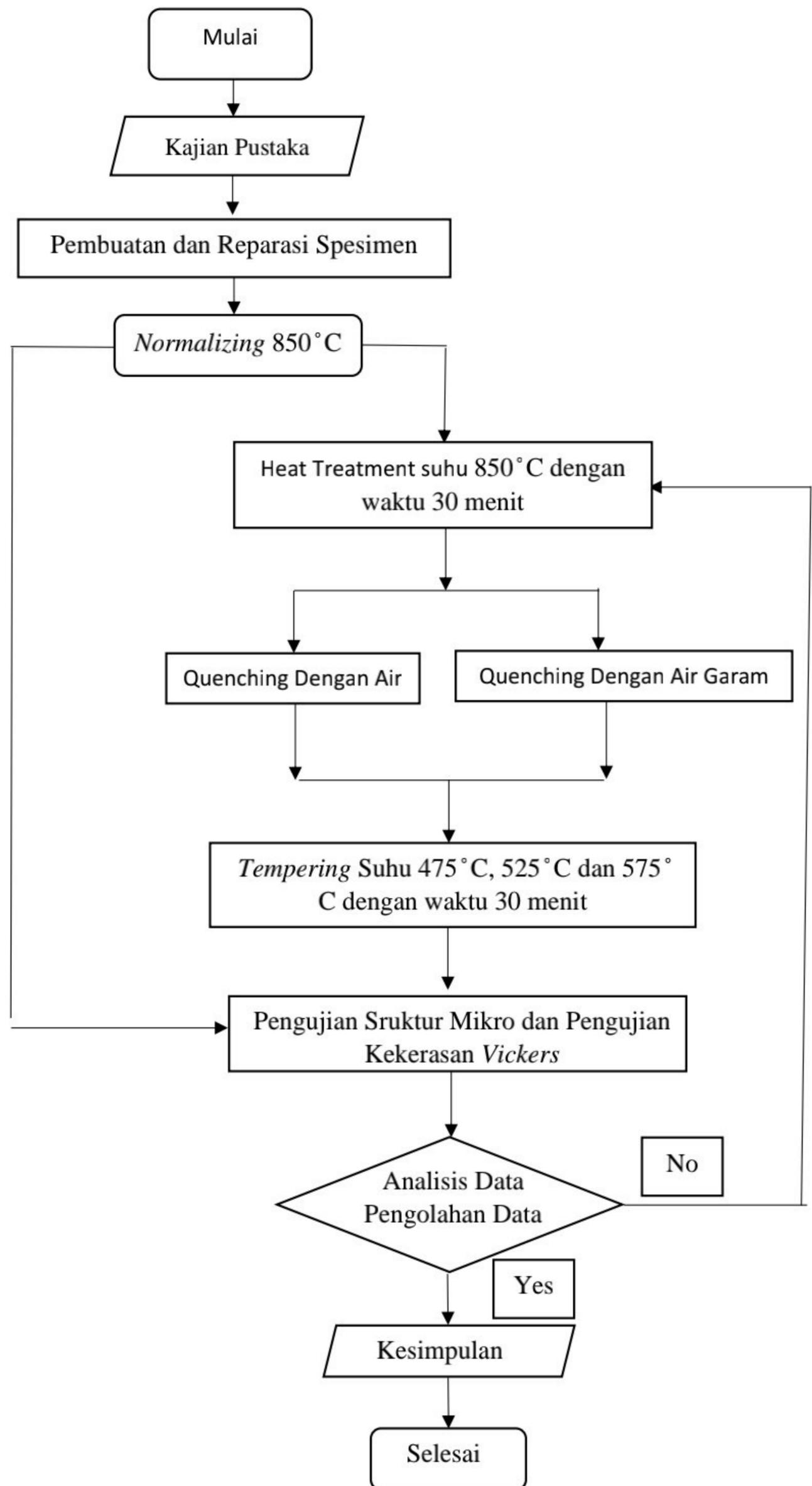
Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental. Proses penelitian yang dilakukan dengan metode saintifik yang menggunakan dua atau lebih variabel perbandingan. Penelitian ini diawali dengan melakukan kajian Pustaka. Lalu melakukan pembuatan spesimen uji. Pembuatan spesimen uji menggunakan ukuran yang cukup untuk dilakukan pengujian struktur mikro dan uji kekerasan. Baja AISI 1045 dengan Panjang 35 cm dan diameter 2 cm, dipotong menjadi tebal 2 cm dan kemudian dibubut hingga ketebalan 1,5 cm. Setelah itu, diberi perlakuan panas hingga suhu 850°C dengan lama waktu penahanan selama 30 menit. Pendinginan cepat (*quenching*) dilakukan dengan mencelupkan spesimen yang sudah diberi perlakuan panas pada media pendingin air dan air garam sebanyak 1 liter. Lalu, dilakukan metode *tempering* dengan variasi suhu yaitu 475°C, 525°C, dan 575°C selama 30 menit. Proses selanjutnya adalah dilakukan pengamatan struktur mikro dan kemudian dilakukan pengujian kekerasan *vickers*. Ada juga spesimen yang hanya diberi perlakuan *normalizing* diuji untuk mengetahui kekerasannya dan struktur mikronya. Setelah semua data diperoleh kemudian dilakukan proses analisis untuk memperoleh kesimpulan.

Seluruh proses yang telah dilakukan mulai dari pembuatan dan pemotongan spesimen, perlakuan panas *quenching-tempering*, pengamatan struktur mikro dan pengujian kekerasan *vickers* dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Alur dari penelitian dalam pembuatan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Peralatan Pengujian

1. Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran (*furnace*) adalah alat yang biasa digunakan untuk menaikkan temperatur material baja AISI 1045 hingga suhu *austenite* saat melakukan proses *quenching*, tungku pembakaran juga digunakan untuk proses *tempering*. Model tungku jenis ini adalah Ney M525 seri II yang dapat memanaskan hingga temperatur 1200°C. Tungku ini termasuk pada jenis tungku induksi yaitu dengan merubah arus listrik menjadi sumber energi panas. Tungku pembakaran ini memiliki tegangan listrik sebesar 120 volt dan terdapat beberapa bagian seperti tombol putaran power yang berfungsi sebagai pengatur pemanasan tungku dan mengatur kenaikan panas pada tungku, terdapat juga lampu indikator untuk menunjukkan bahwa tungku sedang aktif. Tungku pembakaran yang digunakan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Tungku Pembakaran

2. Mikroskop

Mikroskop yang digunakan termasuk jenis mikroskop cahaya dengan cahaya lampu sebagai pengganti dari cahaya matahari, pada penelitian ini menggunakan mikroskop dengan seri Union Tokyo 2009. Mikroskop ini digunakan untuk mengamati struktur mikro dari baja AISI 1045 yang telah diberi perlakuan panas, dengan beberapa perbesaran agar dapat melihat lebih jelas struktur yang terbentuk. Mikroskop ini memiliki beberapa fitur salah satunya dapat melakukan beberapa perbesaran dengan variasi perbesaran 50 \times , 100 \times , 200 \times , dan 400 \times . Mikroskop yang digunakan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mikroskop

3. Alat Uji Kekerasan

Alat uji kekerasan digunakan untuk memperoleh nilai kekerasan dari baja AISI 1045, alat uji yang digunakan pada pengujian ini menggunakan alat uji keekrasan *Vickers*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kekerasan antar spesimen yang telah diberi perbedaan variabel pada saat pemberian perlakuan panas. Model alat uji *vickers* ini adalah DHV-50D. Alat uji ini menggunakan system digital sehingga nilai kekerasan yang dihasilkan akan muncul dilayar saat indentor sudah menekan permukaan dari spesimen dan sudah menentukan ujung sudut hasil penekanan. Alat uji kekerasan *vickes* yang digunakan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alat Uji Kekerasan *Vickers*

4. Media Pendingin

Media pendingin yang digunakan saat melakukan penelitian yaitu air dan air garam. Penggunaan media digunakan untuk mendinginkan spesimen yang panas setelah diberi perlakuan panas pada temperatur yang sudah ditetapkan. Perbedaan media pendingin juga berpengaruh pada hasil kekerasan karena setiap jenis larutan memiliki viskositas dan massa jenis yang berbeda. Saat pendinginan, temperatur media pendingin dianggap konstan dengan temperatur 25°C.

5. Larutan Etsa

Pada pengujian ini diperlukan larutan etsa yang digunakan untuk memudahkan saat pengamatan pada struktur mikro dari spesimen. Larutan etsa pada penelitian ini menggunakan jenis nital yang memiliki kandungan kimia 98 ml ethanol dan 2 ml HNO₃. Pengetsaan pada penelitian ini dilakukan dengan cara

mencelupkan spesimen pada campuran nital. Pengeksaan dilakukan dengan Langkah-langkah berikut :

- Mencelupkan spesimen AISI 1045 ke cairan campuran nital selama 5 – 15 detik
- Lalu mencelupkan pada larutan alkohol selama 10 detik
- Setelah itu, spesimen di bersihkan dan lalu dikeringkan.

3.3 Prosedur Pengujian Eksperimental

Prosedur pada pengujian eksperimental ini dimulai dengan melakukan pembubutan dan pemotongan spesimen baja AISI 1045. Setelah itu, Melakukan pemanasan pada spesimen hingga temperatur tertentu lalu dilakukan proses *quenching*. Kemudian dilakukan proses *tempering* pada temperatur tertentu. Selanjutnya yaitu melakukan pengamatan struktur mikro dan yang terakhir melakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan *vickers*.

3.3.1 Pembentukan Spesimen

Pembentukan spesimen diawali dengan pengurangan panjang dari bentuk awal spesimen, yang awalnya memiliki panjang 350 mm. Lalu disesuaikan dengan ukuran awal yang sudah ditentukan dan dapat digunakan untuk pengujian kekerasan *vickers* yaitu dengan diameter 20 mm dengan ketebalan 15 mm. Pengurangan panjang spesimen ini menggunakan mesin bubut yang terdapat di laboratorium ilmu logam, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan tujuh buah spesimen dengan enam buah diberi perlakuan panas dan

satu spesimen tanpa perlakuan panas. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Spesimen baja AISI 1045

3.3.2 Normalizing

Normalizing dilakukan pada *temperatur* 850°C dengan waktu penahanan selama 30 menit yang didinginkan pada suhu ruangan. *Normalizing* dilakukan untuk merubah struktur butir pada material dan menciptakan suatu *austenite* yang homogen ketika baja akan diberi perlakuan panas kembali (Zayadi, dkk., 2022). Dengan ini seluruh permukaan baja akan memiliki sifat mekanis yang sama saat diberikan perlakuan panas lainnya untuk mendapatkan sifat mekanis yang akan diinginkan.

Spesimen baja AISI 1045 akan dipanaskan pada tungku pemanasan hingga *temperatur* 850°C, baru saat menyentuh *temperatur* 850°C akan dilakukan penahanan selama waktu yang telah ditentukan yaitu 30 menit. Pada waktu penahanan ini, tungku pembakaran harus di selalu dipantau agar *temperatur* penahanannya tetap stabil diantara *temperatur* 850°C. *Temperatur* yang tidak stabil saat fase waktu penahanan akan mempengaruhi hasil uji pada spesimen baja AISI 1045 yang kan diteliti. Pada proses *Normalizing* dilakukan pada semua spesimen namun, hanya satu spesimen yang tidak diberi perlakuan panas lanjutan.

3.3.3 *Quenching*

Quenching dilakukan untuk mendinginkan spesimen yang telah dipanaskan pada saat proses *Normalizing* dengan mencelupkan spesimen dari tungku secara cepat pada media pendingin air dan air garam. Pendinginan cepat akan membuat spesimen yang mulanya memiliki *temperatur* 850°C akan turun dengan cepat hingga *temperatur* ruangan. rPerlakuan *quenching* dibagi menjadi dua macam sesuai dengan media pendingin yang diberikan. Pembagian media *quenching* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Pembagian spesimen *quenching*

Bahan	Nomor spesimen	Media pendingin
Baja AISI 1045	1-2-3	Air
	4-5-6	Air garam

3.3.4 Tempering

Tempering dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kegetasan dan meningkatkan sifat ketangguhan pada baja, proses *tempering* diawali dengan memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan, spesimen besi dengan fasa besi *martensite* berangsur-angsur berubah menjadi fasa *sementite* yang bulat-bulat dalam matrik *perlite*, besi dengan fasa *perlite* akan memiliki sifat mekanis yang kuat, ulet dan keras (Rifnaldi dan Mulianti, 2019). Pada pengujian ini proses *tempering* dilakukan dengan variasi *temperatur* 475 °C, 525 °C dan 575 °C, dengan lama waktu penahanan selama 30 menit. Perlakuan *tempering* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Pembagian spesimen *tempering*

Bahan	<i>Temperature tempering</i> (°C)	Nomor Spesimen
Baja AISI 1045	475	1 & 4
	525	2 & 5
	575	3 & 6

3.3.5 Pengamatan Struktur Mikro

Spesimen baja AISI 1045 yang telah diberi perlakuan *quenching* dan *tempering* maupun yang hanya diberi perlakuan *normalizing*, akan dilakukan pengamatan struktur mikro untuk melihat perubahan struktur fasa yang terbentuk setelah adanya perlakuan panas. Pengamatan struktur mikro baja AISI 1045 dilakukan menggunakan mikroskop cahaya yang terdapat di Laboratorium Ilmu

Logam, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta. Pengamatan akan dilakukan menggunakan beberapa lensa pembesaran. Lensa dengan perbesaran terkecil yaitu sebesar $50\times$ hingga $200\times$. Langkah awal sebelum melakukan pengamatan struktur mikro, semua spesimen harus melalui tahap penghalusan permukaan uji. Pengamplasan dapat dilakukan menggunakan mesin *polishing* agar proses penghalusan tidak memakan waktu yang lama. Kemudian spesimen yang telah dihaluskan diberi autosol pada permukaan yang akan diuji lalu di gosok pada permukaan kain. Penggosokan spesimen pada kain menggunakan autosol dilakukan agar permukaan uji menjadi lebih bersih dan mengkilap sehingga saat pengujian struktur yang terbentuk menjadi lebih jelas.

Spesimen yang telah bersih dan mengkilap akan diberi cairan etsa dengan campuran 98 ml ethanol dan 2 ml HNO_3 . Proses pengetsaan dilakukan dengan mencelupkan spesimen dalam waktu tertentu ke dalam campuran larutan etsa yang telah dicampur. Setelah tahap pengetsaan selesai, spesimen dapat langsung dilakukan pengujian struktur mikro dengan mikroskop cahaya.

3.3.6 Pengujian Kekerasan *Vickers*

Proses pengujian kekerasan *vickers* dilakukan menggunakan mesin *vickers* digital. Hasil perhitungan kekerasan dengan alat ini dilakukan secara otomatis dengan menentukan luas dari ujung bekas tekan atau luasan d_1 dan d_2 . Untuk Langkah awal sebelum memulai pengujian, menyiapkan spesimen yang telah diberi perlakuan panas dan yang tidak diberi perlakuan panas.

Spesimen yang telah disiapkan akan menuju tahap pemberian autosol yang kemudian digosokan pada kain hingga spesimen mengkilap. Pemberian autosol pada spesimen bertujuan agar permukaan spesimen lebih bersih dan mempermudah pengamatan pada bekas tekanan indenter pada alat uji *vickers*.

Proses selanjutnya adalah menentukan beban dan juga lama waktu penahanan indenter pada saat pengujian. Beban dan waktu penahanan ditentukan sesuai dengan material yang digunakan pada pengujian *vickers*. Pada baja AISI 1045 beban yang digunakan sebesar 10 kg dengan lama waktu penahanan selama 10 detik. Indenter yang digunakan selama pengujian menggunakan indenter jenis intan dengan sudut kemiringan 136° . Pengujian kemudian dimulai dengan menyetting titik koordinat garis menjadi 0. Kemudian pengujian kekerasan *vickers* ini dilakukan pada 5 titik pada permukaan yang berbeda pada spesimen. Bekas tekan kemudian dilihat melalui mikroskop metalurgi untuk menentukan lua dari d_1 dan d_2 -nya. Untuk pengujian *vickers* pada seluruh spesimen yang diberi perlakuan panas maupun tidak tetap menggunakan metode dan beban yang sama.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Setelah pengujian selesai dilakukan, diperoleh hasil data dari pengamatan struktur mikro dan pengujian kekerasan *vickers* baja AISI 1045. Pengujian diawali dengan memberikan perlakuan panas *normalizing* pada suhu 850°C selama 30 menit yang langsung dilakukan pendinginan cepat (*quenching*) dengan variasi media pendingin air dan air garam. Setelah itu dilanjutkan dengan memberikan perlakuan panas *tempering* dengan tiga variasi temperatur yaitu 475°C, 525°C, 575°C. Kemudian, setelah spesimen telah melewati semua tahap proses perlakuan panas, akan dilanjutkan tahap selanjutnya yaitu pengamatan struktur mikro dan pengujian kekerasan *vickers*.

Pada pengamatan struktur mikro setiap spesimen akan di beri larutan etsa. Pemberian larutan etsa agar memperjelas struktur mikro yang akan dilihat melalui mikroskop. Data gambar yang telah diambil kemudia akan diolah dengan membandingkan struktur dari masing-masing variasi pada media pendingin dan temperatur. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian kekerasan *vickers*. Pada pengujian kekerasan *vickers* beban yang akan digunakan sebesar 10 kg dengan waktu penekanan selama 10 detik. Data pengujian akan diambil pada lima titik indentasi *vickers* untuk setiap spesimen dengan variasi yang berbeda.

4.2 Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Setelah semua spesimen sudah dipoles dan mengkilap, spesimen kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian kekerasan *vickers*. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data hasil kekerasan dari setiap spesimen yang kemudian akan dilakukan perbandingan nilai kekerasan pada setiap spesimen baja AISI 1045 yang memiliki variasi media pendingin dan temperatur. Pengujian ini dilakukan dengan waktu penekanan 10 detik dan beban sebesar 10 kg.

Pengujian pertama yang dilakukan pada spesimen baja AISI 1045 yang hanya diberi perlakuan panas *normalizing*. Data pengujian kekerasan *vickers* diambil melalui lima titik pembebanan yang bervariasi (kanan, kiri, tengah, atas, bawah). Penggunaan data spesimen dengan pengaruh *normalizing* digunakan sebagai pembanding dengan spesimen yang diberi perlakuan panas dengan variasi media pendingin dan temperatur, karena baja AISI 1045 yang hanya diberi perlakuan *normalizing* hanya merubah sifat baja ke awal mula (murni). Hasil uji kekerasan pada spesimen yang diberi perlakuan *normalizing* dapat terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 proses *normalizing*

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045 (<i>Normalizing</i>)	133	140
	142	
	142	
	145	
	140	

Kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian *vickers* pada spesimen yang telah diberikan perlakuan panas *quenching* dengan media pendingin air. Setelah spesimen telah melalui proses *quenching*, spesimen diberi perlakuan panas lanjutan berupa *tempering*. Pada proses *tempering* dilakukan dengan tiga variasi temperatur yaitu 475°C, 525°C, 575°C dengan waktu penahanan 30 menit. Pada tabel 4.2 dibawah ini dilihat hasil data dari pengujian kekerasan *vickers* pada spesimen dengan media pendingin air yang dilakukan pada lima titik pembebanan yang bervariasi (kanan, kiri, tengah, atas, bawah). Pembebanan yang diterapkan pada spesimen baja AISI 1045, dilakukan secara merata di lima titik karena nilai kekerasannya tidak semua bagian pada permukaan spesimen sama, kemudian nilai yang diambil adalah nilai kekerasan rata-rata yang terdapat di seluruh bagian dari spesimen baja AISI 1045. Data hasil pengujian kekerasan *vickers* dengan media air dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur *tempering* 475°C menggunakan media pendingin air

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045 (temperatur <i>tempering</i> 475°C (Air))	226	284
	316	
	287	
	262	
	330	

Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur *tempering* 525°C menggunakan media pendingin air

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045 (Temperatur <i>tempering</i> 525°C (Air))	255	262
	277	
	249	
	256	
	273	

Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur *tempering* 575°C menggunakan media pendingin air

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045	235	
(Temperatur	259	
<i>tempering</i> 575°C	255	250
(Air))	235	
	267	

Data berikutnya adalah dengan melakukan pengujian *vickers* pada spesimen yang telah diberikan perlakuan panas *quenching* dengan media pendingin air garam. Setelah spesimen telah melalui proses *quenching*, spesimen diberi perlakuan panas lanjutan berupa *tempering*. Pada proses *tempering* dilakukan dengan tiga variasi temperatur yaitu 475°C, 525°C, 575°C dengan waktu penahanan 30 menit. Setelah penahanan 30 menit, ketiga spesimen tersebut didinginkan pada tungku hingga mencapai suhu ruangan. Hasil pengujian kekerasan *vickers* dengan media pendingin air garam dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur *tempering* 475°C menggunakan media pendingin air garam

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045 (Temperatur <i>tempering</i> 575°C (Air garam))	284	341
	362	
	259	
	392	
	409	

Tabel 4.6 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur *tempering* 525°C menggunakan media pendingin air garam

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045 (Temperatur <i>tempering</i> 525°C (Air garam))	280	280
	288	
	275	
	280	
	278	

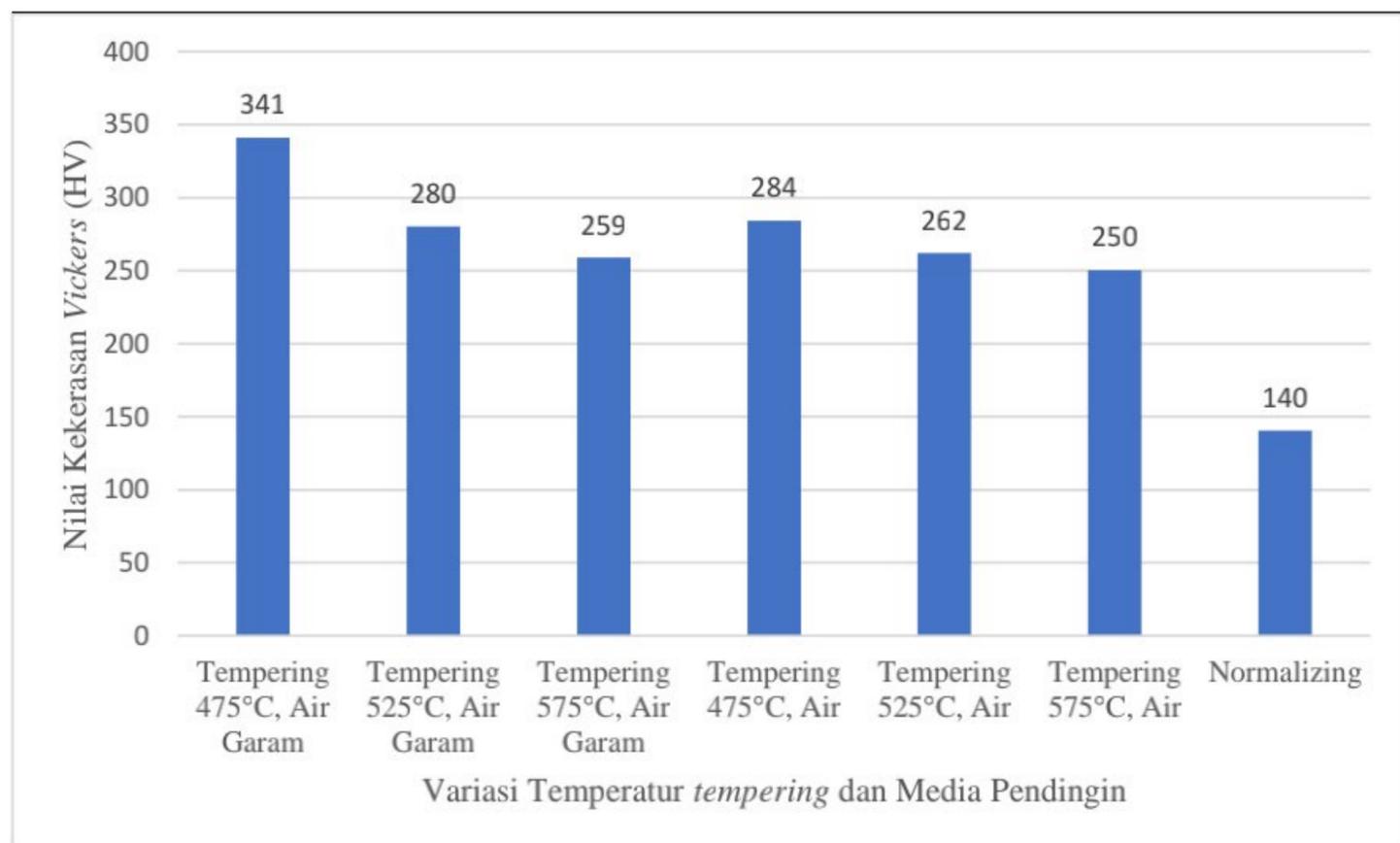
Tabel 4.7 Hasil uji kekerasan baja AISI 1045 pada temperatur *tempering* 575°C menggunakan media pendingin air garam

Jenis	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-rata nilai kekerasan (HVN)
Baja AISI 1045	227	
(Temperatur	272	
<i>tempering</i> 575°C	278	259
(Air garam))	245	
	274	

Berdasarkan pengujian kekerasan yang telah dilakukan, diperoleh nilai kekerasan rata-rata *vickers* yang berbeda-beda yang dipengaruhi variasi-variasi variabel yang diberikan. Nilai-nilai kemudian dibandingkan untuk melihat besar temperatur dan media pendingin *tempering* yang paling optimal dan keras.

Tabel 4.8 Hasil nilai rata-rata kekerasan *vickers* berdasarkan variasi temperatur *tempering* dan media pendingin.

No	Jenis perlakuan Baja AISI 1045	Rata-rata nilai kekerasan (HV10)
1	<i>Tempering</i> air garam pada temperatur 475 °C	341
2	<i>Tempering</i> air garam pada temperatur 525 °C	280
3	<i>Tempering</i> air garam pada temperatur 575 °C	259
4	<i>Tempering</i> air pada temperatur 475 °C	284
5	<i>Tempering</i> air pada temperatur 525 °C	262
6	<i>Tempering</i> air pada temperatur 575 °C	250
7	<i>Normalizing</i> pada temperatur 850 °C	140



Gambar 4.1 Diagram variabel & nilai kekerasan *Vickers*.

4.2.1 Pembahasan Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Untuk melihat pengaruh dari pemberian beberapa variabel terhadap baja AISI 1045 maka dilakukan variasi media pendingin pada *quenching* berupa air dan air garam serta variasi temperatur *tempering* yaitu 475°C, 525°C, dan 575°C dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 30 menit. Dengan mengetahui nilai dari kekerasan dari baja AISI 1045 dapat diketahui bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan sangat bervariasi setelah diberi perlakuan panas (*tempering*) dan pendinginan cepat (*quenching*). Spesimen baja AISI 1045 yang hanya diberi perlakuan *normalizing* dengan temperatur 850°C, nilai kekerasan rata-ratanya sebesar 139,225 HV.

Selanjutnya, spesimen berikutnya diberi perlakuan panas *quenching* memanaskan spesimen hingga mencapai suhu 850°C dan waktu penahanan selama 30 menit dengan media pendingin air garam sebanyak satu liter. Kemudian diberi perlakuan panas *tempering* dengan temperatur 475°C dengan waktu penahanan 30 menit. Proses ini mendapatkan peningkatan nilai kekerasan baja AISI 1045 yang cukup tinggi yaitu sebesar 341 HV. Pada spesimen *tempering* dengan *quenching* dengan media air garam dan variasi suhu pemanasan 525°C selama 30 menit, hasil pengujian kekerasan *vickers* diperoleh nilai rata-rata sebesar 280 HV. Ketika suhu pada saat pemanasan dinaikkan sebesar 575°C dengan media air garam nilai kekerasan rata-rata yang diperoleh dari baja AISI 1045 mencapai titik terendah yaitu sebesar 259 HV. Selanjutnya untuk spesimen *quenching* dengan media pendingin air sebanyak 20 liter pada temperatur 850°C dengan waktu penahanan selama 30 menit yang selanjutnya diberi perlakuan panas *tempering* dengan temperatur 475°C dengan waktu penahanan

30 menit. Proses ini mendapatkan nilai kekerasan sebesar 284 HV. Kemudian saat temperatur *tempering* dinaikan hingga 525°C nilai kekerasannya menurun yakni sebesar 262 HV. Sedangkan untuk variasi suhu terakhir yaitu 575°C, nilai kekerasannya berkurang sebesar 250HV.

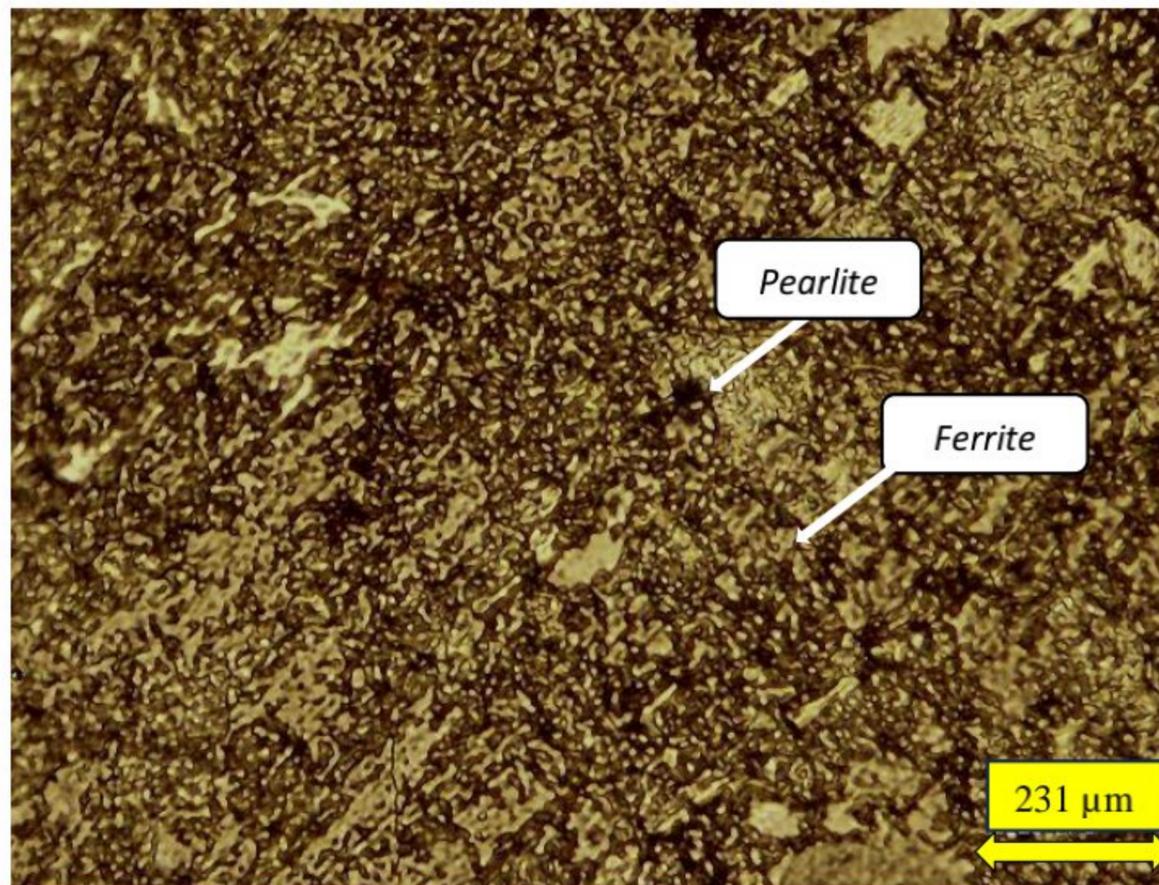
Diamati dari data yang telah dihasilkan dari variasi media pendingin *quenching* air garam dan air, nilai kekerasan yang dihasilkan memiliki cukup perbedaan. Pada penggunaan media pendingin air garam, cenderung memiliki nilai kekerasan rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan media *quenching* dengan air. Hal ini terjadi karena air garam memiliki kekentalan atau *viskositas* lebih rendah, maka dari itu laju pendinginan dan massa jenisnya lebih besar dibandingkan dengan media pendingin air.

Diamati dari pengaruh variasi temperatur *tempering* pada temperatur 475°C, 525°C, 575°C, nilai kekerasan yang dihasilkan memiliki grafik yang terus menurun seiring kenaikan temperatur *tempering* yang diberikan. meningkatnya temperatur dan *holding time tempering* menyebabkan penurunan kekerasan dan kekuatan, namun akan meningkatkan keuletan dan ketangguhan (Xu dkk., 2017). Ketika temperatur *tempering* mengalami kenaikan akan terjadi penurunan kekerasan karena pembentukan karbida epsilon berfungsi untuk menghindari material dari patah getas (Zia-Ebrahimi & Krauss, 1984).

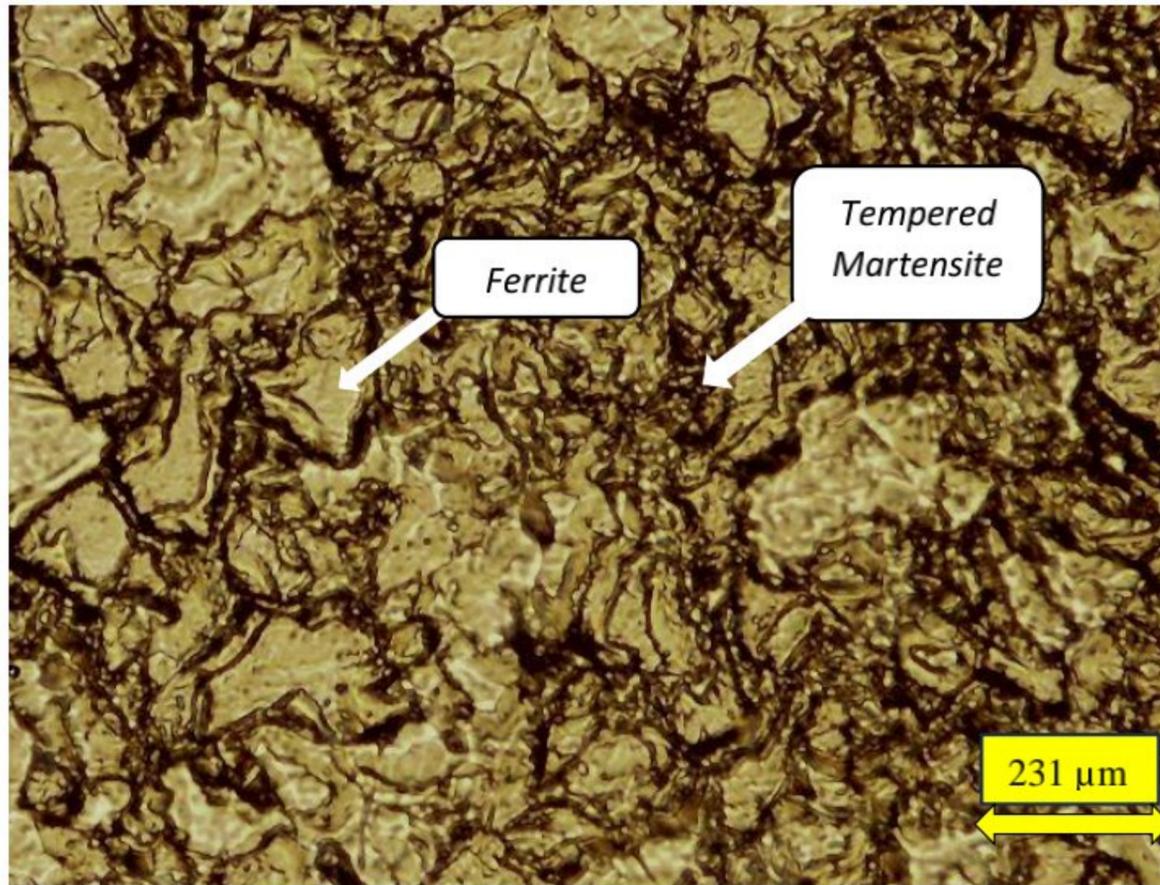
4.3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Spesimen baja AISI 1045 yang telah diberikan perlakuan *quenching* pada temperatur 850°C selama 30 menit dan *tempering* pada temperatur 475°C, 525°C,

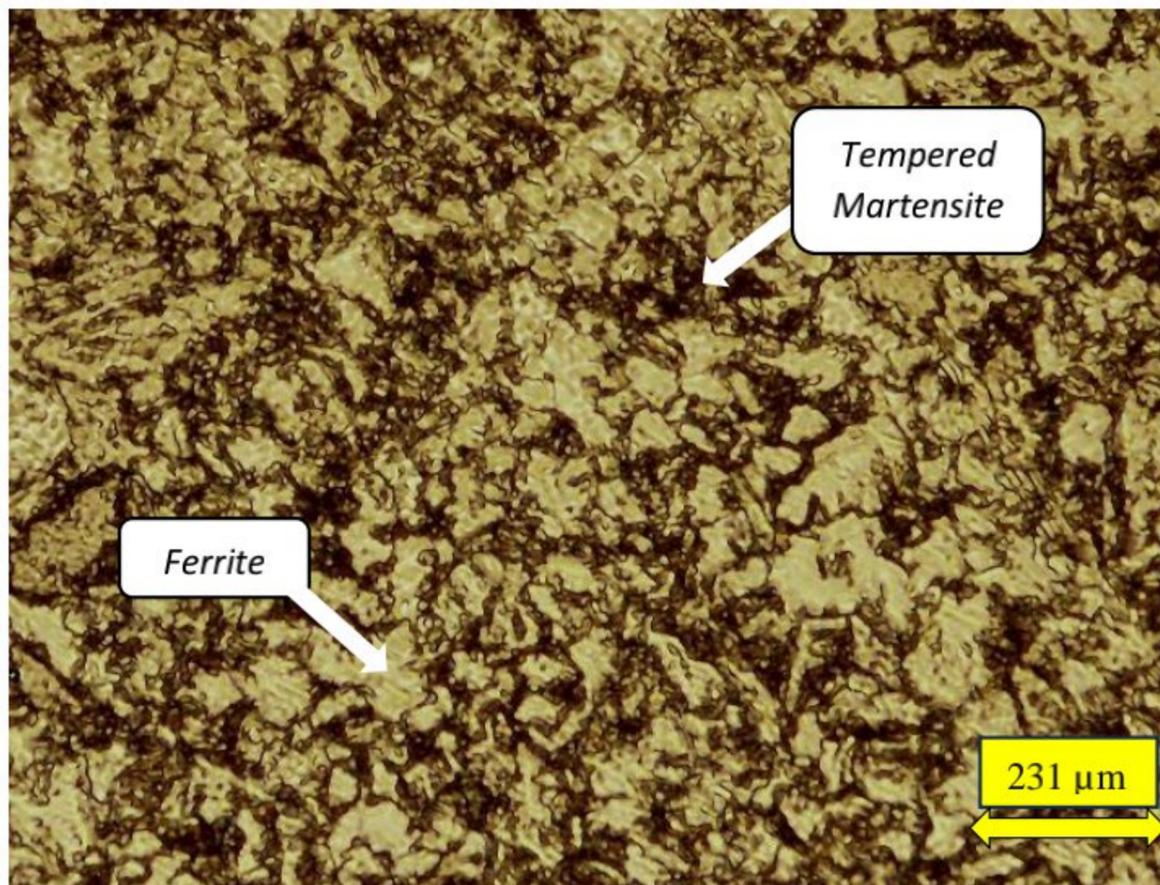
575°C selama 30 menit akan dilakukan pengamatan dan perbandingan terhadap struktur mikro sesuai dengan kelompok yang dibagi dua sesuai media pendingin saat proses pendinginan cepat. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 400 kali. Seluruh proses yang telah dilakukan menghasilkan perbandingan dan perbedaan struktur mikro yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini,



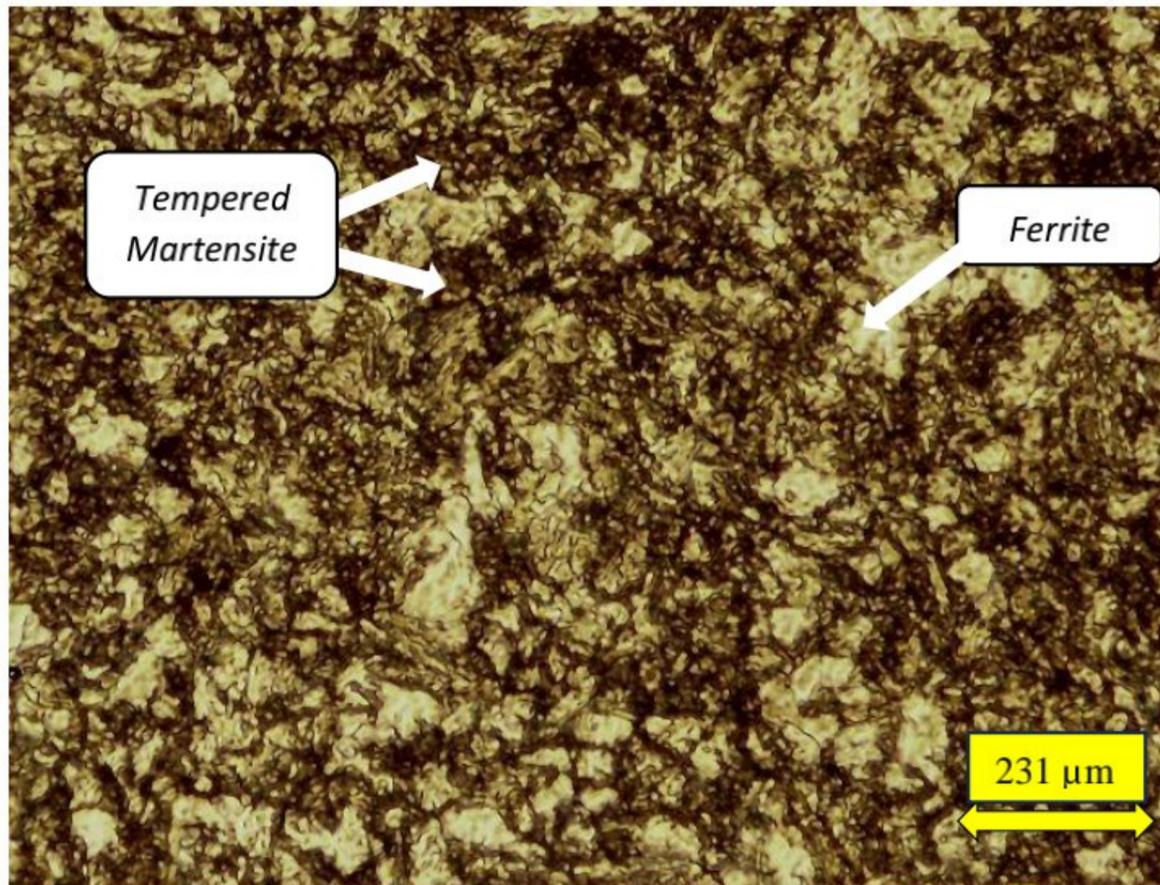
Gambar 4.2 Struktur mikro spesimen *normalizing* pada temperatur 850⁰C



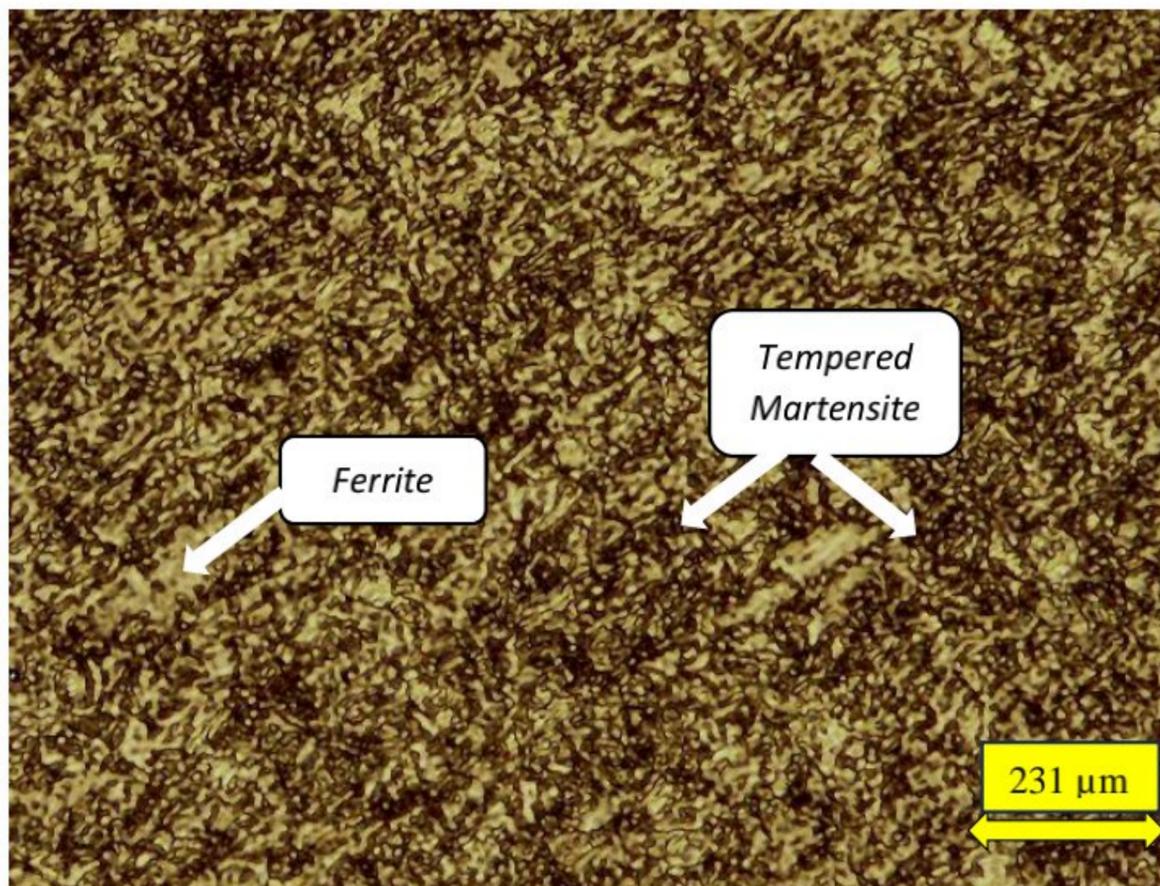
Gambar 4.3 Struktur mikro spesimen *tempering* pada temperatur 475⁰C (air)



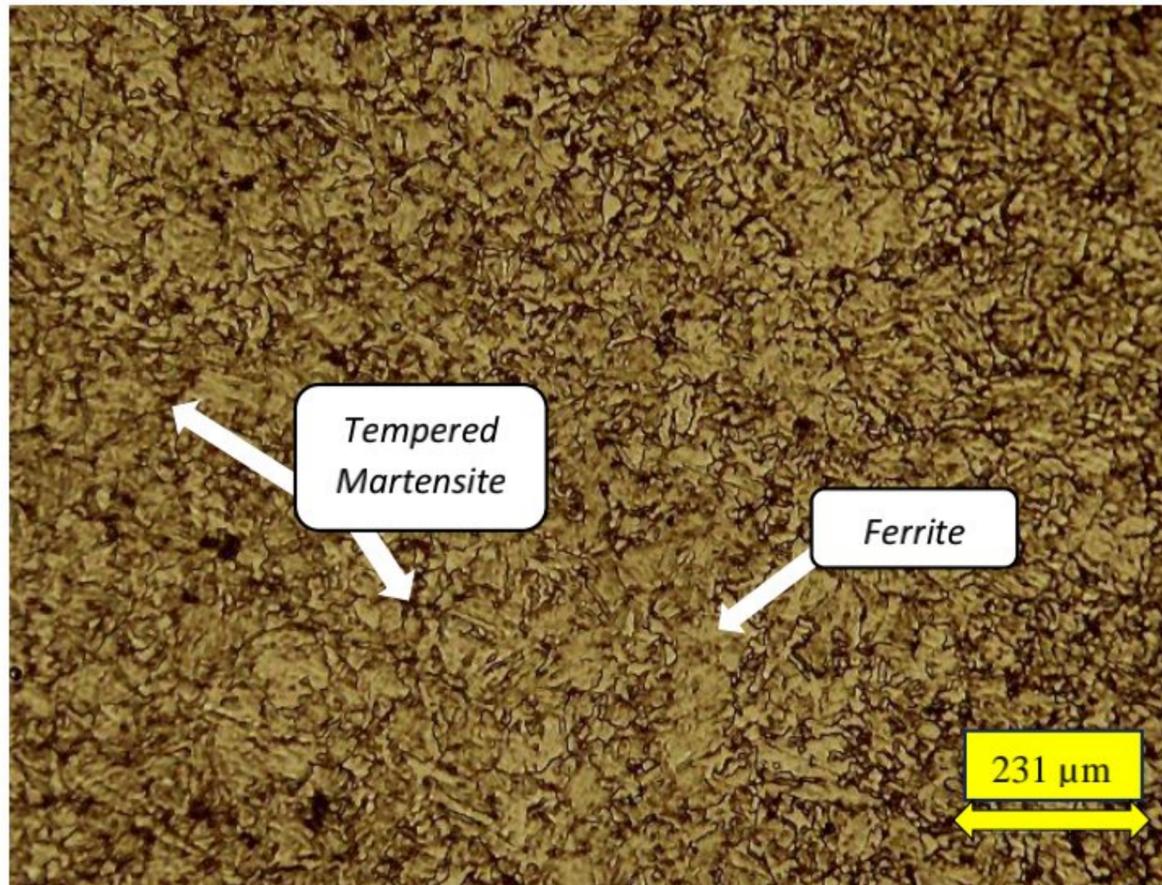
Gambar 4.4 Struktur mikro spesimen *tempering* pada temperatur 525⁰C (air)



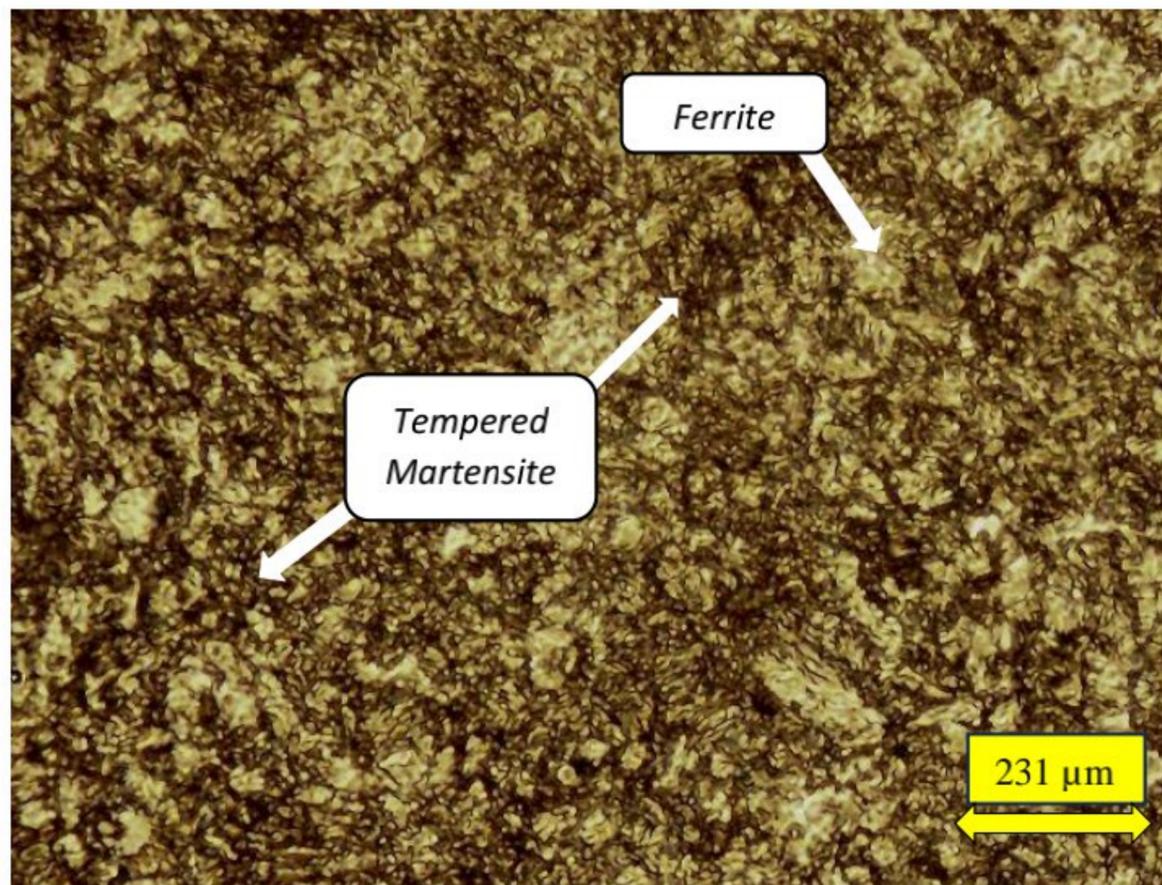
Gambar 4.5 Struktur mikro spesimen tempering pada temperatur 575°C (air)



Gambar 4.6 Struktur mikro spesimen *tempering* pada temperatur 475°C (air garam)



Gambar 4.7 Struktur mikro spesimen tempering pada temperatur 525°C (air garam)



Gambar 4.8 Struktur mikro spesimen *tempering* pada temperatur 575°C (air garam)

4.3.1 Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro

Dari hasil pengamatan struktur mikro yang dilakukan, peningkatan temperatur pemanasan pada saat proses *tempering* dapat berpengaruh terhadap ukuran dan persebaran dari *tempered martensite* pada baja AISI 1045. Terjadinya perbedaan ukuran dan kerapatan struktur ini dipengaruhi oleh perlakuan panas pada baja AISI 1045. Perbedaan ini juga di pengaruhi pada media pendingin saat perlakuan panas *quenching*. Saat peningkatan temperatur pemanasan pada *tempering*, ukuran butirnya akan semakin besar dan kasar. Perubahan pada butir yang terjadi berpengaruh pada sifat mekanis yang dihasilkan setelah pemberian perlakuan panas pada baja AISI 1045. Dari ukuran butir yang dihasilkan struktur mikro yang memiliki ukuran struktur *tempered martensite* yang lebih kecil memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari pada yang memiliki ukuran yang lebih besar, hal ini dikarenakan pada perlakuan *tempering* yang bertujuan meningkatkan keuletan dan ketangguhan dengan menurunkan kekerasan pada baja AISI 1045.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dari uji kekerasan *vickers* dan pengamatan struktur mikro yang telah dianalisis dan dilakukan pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil uji kekerasan yang telah dilakukan terhadap masing-masing spesimen menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan pada proses *quenching-tempering* berpengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1045. Nilai kekerasan yang tertinggi terdapat pada spesimen *quenching-tempering* dengan media pendingin air garam pada temperatur pemanasan 475°C dengan nilai kekerasan rata-rata dengan nilai sebesar 341 HV. Sedangkan spesimen yang memiliki nilai kekerasan terendah terdapat pada spesimen *quenching-tempering* dengan media pendingin air pada temperatur pemanasan 575°C dengan nilai kekerasan rata-rata dengan nilai sebesar 250 HV.
2. Hasil pengecekan struktur mikro ditemukan struktur kristal *tempered martensite* pada setiap spesimen yang diberikan perlakuan *quenching-tempering*, namun terdapat perbedaan ukuran yang cukup signifikan pada struktur *tempered martensite*, ukuran butir akan semakin membesar saat ada penambahan temperatur pada proses *tempering* .

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan variasi pemanasan dibawah temperatur 400 °C pada proses perlakuan panas *tempering*.
2. Pengamatan struktur mikro selanjutnya dapat menggunakan alat pengamatan SEM (scanning electron microscope) agar struktur yang tampak terlihat lebih jelas dan mudah untuk diidentifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Ramadhan, A., Dwi Kurniawan, E., & Hermawan, R. (2023). Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045 Effect of Variation of Quenching Cooling Media on the Hardness of Aisi 1045 Steel. *Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11, 124–130. <https://doi.org/10.23887/jptm.v11i1.58757>
- ASTM SAE AISI 1045 Carbon Steel Heat Treatment, Chemical Composition, Properties.* (t.t.). World Material.
- Callister, W. D. J., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering* (10 ed.).
- Mustofa, H., Supriadi, H., Teknik Mesin, J., Teknik Universitas Lampung Jln ProfSumantri Brojonegoro No, F., FT Lt, G. H., & Lampung, B. (2020). Pengaruh Temperatur Tempering Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045 Yang Diquenching Dalam Media Pendingin Tersirkulasi. Dalam *Jurnal FEMA* (Vol. 8, Nomor 2).
- Nugroho, E. N., Handono, S. D., Asroni, A., & Wahidin, W. W. (2019). Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199199807>
- Periyanto. (2016). *Analisa Pengaruh Media Perlakuan Panas Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang*.

- Pramono, A. (2011). Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai. Dalam *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 5, Nomor 1). www.uddeholm.com,
- Pratowo, B., & Fernando, A. (2018). *Analisa Kekerasan Baja Karbon AISI 1045 Setelah Mengalami Perlakuan Quenching*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199687422>
- Rauf, F. A., Sappu, F. P., Arwanto, M., & Lakat, A. (2018). Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material Teknik. *Jurnal Tekno Mesin*, 5.
- Rifai, D., Abdalla, A. N., Khamsah, N., Aizat, M., & Fadzli, M. (2016). Subsurface defects evaluation using eddy current testing. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(9). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i9/88724>
- Rifnaldi, R., & Mulianti. (2019). Pengaruh Perlakuan Panas Hardening Dan Tempering Terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045. *RANAH RESEARCH*, 1(4), 950–959.
- Sumpena, & Wardoyo. (2018). Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Dan Tempering Paduan AlMgSi-Fe12% Hasil Pengecoran Terhadap Kekerasan. *Jurnal ENGINE*, 2(1), 26–32.
- Syarifuddin, M., Cebro, I. S., & Sariyusda. (2020). Pengaruh Variasi Kedalaman Potong Pada Proses Bubut Dan Perlakuan Panas Normalizing Terhadap Uji

Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045. *JURNAL MESIN SAINS TERAPAN*, 4, 113–118.

Xu, Z., Hui, W., Wang, Z., Zhang, Y., Zhao, X., & Zhao, X. (2017). Mechanical Properties of a Microalloyed Bainitic Steel After hot Forging and Tempering. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 24, 1085–1094. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(17\)30158-9](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(17)30158-9)

Zia-Ebrahimi, F., & Krauss, G. (1984). Mechanisms of Tempered Martensite Embrittlement in Medium-Carbon Steels. *Acta Metallurgica*, 32(10), 1767–1778. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0001-6160\(84\)90233-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0001-6160(84)90233-5)