

**PENGARUH MEDIA *QUENCING* PADA PROSES
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN
DAN STRUKTUR *MICRO***

SKRIPSI



DISUSUN OLEH :

NAMA : RIZKY AKBAR MAULANA

NIM : 2011093

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2024**

**PENGARUH MEDIA *QUENCING* PADA PROSES
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP
KEKERASAN DAN STRUKTUR *MICRO***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

Jurusan Teknik Mesin

DISUSUN OLEH :

NAMA : RIZKY AKBAR MAULANA

NIM : 2011093

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi

**PENGARUH MEDIA *QUENCING* PADA PROSES
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN
DAN STRUKTUR *MICRO***



DISUSUN OLEH :

NAMA : RIZKY AKBAR MAULANA

NIM : 2011093

**Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing 1**

Gerald Adityo Pohan, ST., M. Eng.
NIP. P. 1031500492

**Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing 2**

Tito Arif Sutrisno, S.Pd., MT.
NIP. P. 1032100598

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1
Fakultas Teknologi Industri**



Dr. Eko Yohanes Setvawan, ST., MT.
NIP. P. 1031400477



PT. SIP (PERSENO) MALANG
JAWA TIMUR MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus 1 J. Bebelangan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Pusat), Fax. (0341) 553915 Malang 60145
Kampus 2 J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

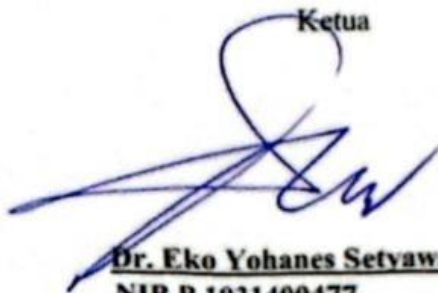
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : RIZKY AKBAR MAULANA
NIM : 2011093
Program Studi : TEKNIK MESIN S-1
Judul Skripsi : **PENGARUH MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP
KEKERASAN DAN STRUKTUR *MICRO***

Dipertahankan dihadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Sarjana Satu (S-1)


Pada Hari : Kamis
Tanggal : 15 Agustus 2024
Dengan Nilai : **B7 (A)**

Ketua



Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP.P.1031400477

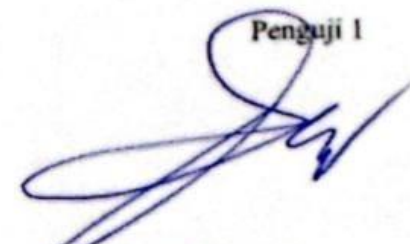
Sekretaris



Tutut Nani Prihatmi, SS., S.Pd., M.Pd.
NIP.P.1031500493

Anggota Penguji

Penguji 1



Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP.P.1031400477

Penguji 2



Rosadila Febritasari, ST., MT.
NIP.P.1032200602

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizky Akbar Maulana

NIM : 2011093

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul :

"PENGARUH MEDIA *QUENCING* PADA PROSES *CARBURIZING* BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR *MICRO*"

adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumber aslinya.

Malang, 22 Juli 2023

Penulis



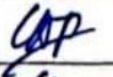
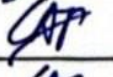
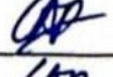
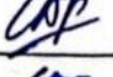
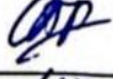










Rizky Akbar Maulana

NIM.20.11.093

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : RIZKY AKBAR MAULANA
NIM : 2011093
Program Studi : TEKNIK MESIN S-1
Judul Skripsi : PENGARUH MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN
DAN STRUKTUR *MICRO*
Dosen Pembimbing : Gerald Adityo Pohan, ST., M. ENG.

No.	Kegiatan Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	Pengajuan Judul Skripsi	13 Maret 2024	
2	Konsultasi latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan penelitian, Batasan masalah dan Manfaat penelitian	14 Maret 2024	
3	Bimbingan kajian pustaka	25 Maret 2024	
4	Bimbingan metodologi penelitian	05 April 2024	
5	Arahan penelitian	24 April 2024	
6	Proses Carburizing	07 Mei 2024	
7	Perbaikan latar belakang, rumusan masalah	20 Mei 2024	
8	Proses pengujian struktur mikro	22 Mei – 03 juni 2024	
9	Proses pengujian kekerasan	30 – 31 Mei 2024	
10	BAB IV data hasil kekerasan	01 Juli 2024	
11	BAB IV data hasil struktur mikro	02 Juli 2024	
12	Perbaikan BAB 4 analisa	16 Juli 2024	

13	Perbaikan BAB V kesimpulan dan saran	22 Juli 2024	
14	Daftar ujian komprehensif	12 Agustus 2024	
15	Ujian komprehensif	15 Agustus 2024	

Malang, 22 Juli 2023
Penulis



Rizky Akbar Maulana

NIM.20.11.093

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Rizky Akbar Mulana
NIM : 2011093
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : **PENGARUH MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP
KEKERASAN DAN STRUKTUR *MICRO***

Dosen Pembimbing : Gerald Adityo Pohan, ST., M. ENG.

Tanggal Pengajuan Skripsi : 7 Maret 2024

Tanggal Penyelesaian Skripsi : 28 Agustus 2024

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 90(A)

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing



Gerald Adityo Pohan, ST., M. ENG.
NIP. P. 1031500492

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabiullah Muhammad SAW.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D., selaku Rektor ITN Malang.
2. Dr. Eng. I Komang Somawirata ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang
4. Bapak Gerald Adityo Pohan, ST., M. ENG. selaku dosen pembimbing skripsi
5. Orang tua serta keluarga, yang telah memberikan do'a, semangat, dukungan, dan motivasi serta telah membiayai selama kuliah demi terselesaikannya skripsi ini
6. Rekan sekelompok dan seperjuangan serta teman – teman semua khususnya teknik mesin S-1 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 22 JULI 2024
Penulis



RIZKY AKBAR MAULANA
NIM. 20.11.093

**PENGARUH MEDIA *QUENCHING* PADAD PROES *CARBURIZING*
TERHADAP BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR
*MICRO***

Rizky Akbar Maulana¹, Gerald Adityo Pohan², Tito Arif Sutrisno³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota
Malang, Indonesia

Email: rizkyakbar04082003@gmail.com

ABSTRAK

Pengerasan baja dapat dilakukan dengan menginfuskan karbon ke dalam strukturnya, proses ini disebut dengan proses *carburizing*. *Carburizing* merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat. Pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur-unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen dan yang lainnya. Salah satu baja paduan sedang adalah baja AISI 1042. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh, dengan adanya sifat yang rapuh maka kita harus mengurangnya dengan melakukan proses lebih lanjut seperti *tempering*. Dalam penelitian ini menggunakan variasi media *quenching* air *coolant*, air es, air garam. Rata – Rata kekerasan yang paling tinggi adalah variasi *quenching* air es sebesar 988.3 HV dan hasil struktur *micro* untuk *quenching* yang paling tinggi untuk seluruh media *quenching* adalah Air Es sebesar 68.402 % perlit dan 31.593 % ferrit.

Kata kunci: *Carburizing*, *vickers*, struktur *micro*, baja AISI 1042, air *coolant*, air garam, air es

**PENGARUH MEDIA *QUENCHING* PADAD PROES *CARBURIZING*
TERHADAP BAJA AISI 1042 TERHADAP *VICKERS* DAN STRUKTUR *MICRO***

Rizky Akbar Maulana¹, Gerald Adityo Pohan², Tito Arif Sutrisno³

Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota
Malang, Indonesia

Email: rizkyakbar04082003@gmail.com

ABSTRACT

teel hardening can be done by infusing carbon into its structure, this process is called the carburizing process. Carburizing is the process of adding the element carbon (C) to the metal, this carbon element is obtained from carbon-containing materials so that the hardness of the metal can increase. Surface hardening of metals can be done by adding certain elements to the base metal such as carbon, calcium carbonate, nitrogen and others. One of the medium alloy steels is AISI 1042 steel. In general, steel that has undergone the quenching process has high hardness and can reach maximum hardness but is rather brittle, with the existence of brittle properties, we must reduce it by carrying out further processes such as tempering. In this study using quenching media variations of coolant water, ice water, salt water. The highest average hardness is the ice water quenching variation of 988.3 HV and the results of the micro structure for the highest quenching for all quenching media is ice water amounting to 68.402% pearlite and 31.593% ferrite.

Keywords: Carburizing, vickers, micro structure, AISI 1042 steel, water coolant, salt water, ice water.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI	iii
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI.....	iv
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Klasifikasi Baja	8
2.2.1 Jenis Jenis Baja.....	8
2.2.2 Pengaruh Unsur Paduan.....	10
2.2.3 Struktur Mikro Baja	11
2.3 Sifat Mekanik Baja	20
2.3.1 Kekerasan.....	20
2.4 Baja AISI 1042	22
2.5 Perlakuan Panas	23
2.6 Klasifikasi Proses <i>Heat Treatment</i>	24
2.7 Thermochemical Treatment	26

2.8	Proses Perlakuan <i>Carburizing</i>	29
2.8.1	Macam-macam Proses Karburisasi	32
2.9	<i>Quenching</i>	32
2.10	Pengujian Yang Digunakan	36
2.10.1	Uji <i>Vickers</i>	36
2.10.2	Struktur <i>Micro</i>	36
BAB III METODE PENELITIAN.....		38
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	38
3.2	Rancangan Eksperimen	39
3.2.1	Studi Literatur	40
3.3	Alat Dan Bahan.....	40
3.4	Penentuan Variabel Penelitian	44
3.5	Proses Pembuatan Sampel.....	44
3.5.1	Pembuatan Sampel Pengujian <i>Vickers</i>	44
3.5.2	Pembuatan Sampel Pengujian Struktur <i>Micro</i>	45
3.6	Pengujian spesimen	47
3.7	Pengolahan Data Dan Pembahasan	48
3.8	Pengolahan Data Dan Pembahasan	48
3.9	Kesimpulan	49
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		50
4.1	Data Hasil Pengujian.....	50
4.2	Data Hasil Pengujian <i>Vickers</i>	50
4.3	Data Hasil Pengujian Struktur <i>Micro</i>	55
4.4	Analisa Dan Pembahasan	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		63
5.1	KESIMPULAN	63
5.2	SARAN	63
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN I		67
LAMPIRAN II		68
LAMPIRAN III.....		69
LAMPIRAN IV		70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram fasa Fe ₃ C	12
Gambar 2. 2	Diagram fasa Fe ₃ C	13
Gambar 2. 3	Photomicrograph Austenite	15
Gambar 2. 4	Batas ferit perbesaran 500x	16
Gambar 2. 5	Sementit perbesaran 1000x.....	17
Gambar 2. 6	Microstrucure of pearlite perbesaran 2500x	18
Gambar 2. 7	Struktur mikro bainit perbesaran perbesaran 500x	19
Gambar 2. 8	Pengujian Rockwell.....	21
Gambar 2. 9	Klasifikasi perlakuan panas.....	24
Gambar 2. 10	Prinsip utama dari perlakuan panas termokimia	26
Gambar 2. 11	Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi.....	30
Gambar 2. 12	Proses Pack Carburizing	31
Gambar 2. 13	Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom	31
Gambar 2. 14	Diagram Continous Cooling Transformation (CCT).....	33
Gambar 2. 15	Laju Pendinginan Media Pendingin.....	34
Gambar 2. 16	Grafik Pendinginan Langsung	34
Gambar 2. 17	Pendinginan Tunggal (Singel Quenching).....	35
Gambar 3. 1	Fluidized Bed Furnace.....	40
Gambar 3. 2	seling	41
Gambar 3. 3	Mesh ukuran 120	41
Gambar 3. 4	Baja AISI 1042	42
Gambar 3. 5	Pasir Alumina	42
Gambar 3. 6	Gas Propana.....	43
Gambar 3. 7	Gas Nitrogen.....	43
Gambar 3. 8	Spesimen vickers sebelum carburizing.....	45
Gambar 3. 9	Spesimen struktur micro sebelum carburizing.....	46
Gambar 3. 10	Carburizing	46
Gambar 3. 11	Alat Uji Vickers.....	47
Gambar 3. 12	Uji Struktur Micro	48
Gambar 4. 1	Grafik Rata – Rata Nilai Kekerasan	54
Gambar 4. 2	Hasil Pengujian <i>Raw Material</i>	55
Gambar 4. 3	Hasil Pengujian Air <i>Coolant</i>	56
Gambar 4. 4	Hasil Pengujian Air Es	57
Gambar 4. 5	Hasil Pengujian Air Garam	59
Gambar 4. 6	Grafik Perlit Dan Ferrit	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hardness Table	21
Tabel 2. 2 Unsur Kimia AISI 1042	22
Tabel 4. 1 Data Hasil Vickers Raw Materi	50
Tabel 4. 2 Data Hasil <i>Vickers</i> Air Coolant.....	51
Tabel 4. 3 Data Hasil Kekerasan Air Es.....	52
Tabel 4. 4 Data Hasil <i>Vickers</i> Air Garam.....	52
Tabel 4. 5 Tabel Nilai Rata-Rata Nilai Kekerasannya	53
Tabel 4. 6 Data Hasil Perlit Dan Ferrit Struktur <i>Micro</i>	60
Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Logam ataupun baja sangat sering digunakan, dikembangkan dan dieksperimen untuk dijadikan bahan untuk digunakan sebagai bahan material yang diinginkan. Inovasi dalam teknologi pengerasan permukaan baja sangat diperlukan untuk menunjang produksi manufaktur yang lebih efisien. Pengerasan baja dapat dilakukan dengan menginfuskan karbon ke dalam strukturnya, proses ini disebut dengan proses *carburizing*.

Carburizing merupakan salah satu dari beberapa proses perlakuan panas yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja dengan cara memanaskan logam tersebut pada temperatur tertentu, biasanya antara 845°C - 950°C, kemudian didinginkan secara cepat pada media pendingin untuk mendapatkan struktur martensit. Pada baja – baja jenis tertentu, terdapat titik – titik laju pendinginan kritis yang dapat menghasilkan kekerasan maksimal dari transformasi struktur austenit pada suhu tinggi menjadi struktur martensit tanpa terjadi pembentukan struktur perlit atau bainit (Zulfiqar dkk, 2017).

Baja merupakan bahan dasar yang sering digunakan untuk rekayasa teknik. baja dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan di bawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan di atas 10%. Salah satu baja paduan sedang adalah baja *AISI 1042*.

Baja karbon *AISI 1042* (*American Iron and Steel Institute*) merupakan baja karbon menengah yang banyak sekali digunakan untuk pengaplikasian antara lain pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, crankshaft, poros propeller, baling-baling kapal dan kontruksi umum karena mempunyai sifat kuat dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik. Menurut *AISI* (*American Iron and Steel Institute*) Kadar karbon dari baja *AISI 1042* antara 0,40% - 0,47%, baja *AISI 1042* termasuk baja karbon menengah (Akram, 2022).

Quenching merupakan proses pengerjaan logam dengan pendinginan secara cepat. Sehingga melalui *quenching* akan mencegah adanya proses yang dapat terjadi pada pendinginan lambat seperti pertumbuhan butir. Secara umum *quenching* akan menyebabkan menurunnya ukuran butir dan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada suatu paduan logam. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian *carburizing* dengan media *quencing* air *coolant*, air es, air garam. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh. Maka dari itu perlu dilakukan Pengujian struktur *micro* dan *vickers* digunakan untuk memberikan informasi tentang bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas dan proses perbedaan komposisi.

Berdasarkan rujukan yang telah di uraikan diatas maka penulis tertarik untuk memberikan wawasan yang berharga bagi industri terkait dalam meningkatkan kualitas dan kinerja komponen baja yang dihasilkan. Hal ini mendorong penulis unuk memilih judul skripsi **“PENGARUH MEDIA *QUENCING* PADA PROSES *CARBURIZING* BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR *MICRO*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah penulis uraikan diatas, pokok permasalahan yang harus dihadapi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi *quenching* pada proses *carburizing* terhadap sifat mekanis baja AISI 1042?
2. Bagaimana pengaruh variasi *quenching* terhadap proses *carburizing* baja AISI 1042 pada suhu 950°C dengan menggunakan pasir alumina terhadap kekerasan dan struktur *micro*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bahan spesimen uji yang digunakan adalah baja AISI 1042.
2. Media yang digunakan adalah pasir alumina sebagai sumber karbon.
3. Pengujian yang akan dilakukan adalah *vickers* dan struktur *micro*.
4. Variasi Media *quenching* air *coolant*, air es (5°C), air garam (16°C)
5. Waktu penahan *carburizing* adalah 60 menit
6. *Temperatur furnace* yang digunakan adalah 950°C

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi *quenching* pada proses *carburizing* terhadap sifat mekanis baja AISI 1042.
2. Mengetahui pengaruh variasi *quenching* terhadap proses *carburizing* pada suhu 950°C dengan menggunakan pasir alumina terhadap kekerasan dan struktur *micro* baja AISI 1042.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengaruh *quenching* pada proses *carburizing* terhadap sifat mekanis baja AISI 1042.
2. Hasil penelitian ini dapat Meningkatkan pemahaman terkait metode *carburizing* sebagai alternatif dalam pengembangan teknologi untuk meningkatkan kekerasan *material*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memecahkan masalah dalam penelitian ini, maka disusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Memberikan penjelasan tentang landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang diagram alir penelitian, tempat dan waktu penelitian, peralatan dan bahan uji, variabel penelitian, prosedur pengujian.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang hasil pengujian, pengolahan data, analisa dan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil pembahasan penelitian secara sistematis yang berkaitan dengan upaya menjawab tujuan penelitian. Dan saran disampaikan berkaitan dengan kesimpulan penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

- A. Penelitian Muhammad Syaifullah, 2012 yang berjudul “Pengaruh Air Garam Sebagai Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Pada Proses Pengerasan Baja ST 60” *Quenching* menggunakan media pendingin tertentu dapat mempengaruhi sifat kekerasan dari baja St 60 tersebut. Proses *quenching* dalam penelitian ini menggunakan suhu 850° ditahan selama 35 menit kemudian didinginkan secara cepat kedalam media pendingin. Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan garam dapur (NaCl) 35% dan 40% kemudian larutan garam *Magnesium Chloride* (MgCl₂) 35% dan 40%. Setelah dilakukan proses quenching, baja St 60 dilakukan pengujian kekerasan menggunakan metode *rockwell*. Setelah pengujian, nilai kekerasan di analisis data menggunakan metode *one way* ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan sebelum perlakuan panas yaitu (14.5 HRC) dan nilai kekerasan setelah perlakuan panas dengan empat variasi media pendingin yaitu air garam dapur (NaCl) 35% sebesar (40.5 HRC), air garam dapur (NaCl) 40% sebesar (43.4 HRC), air garam *magnesium chloride* (MgCl₂) 35% sebesar (43.7 HRC) dan air garam *magnesium chloride* (MgCl₂) 40% sebesar (46.2 HRC). Dari keempat media pendingin yang memberikan hasil kekerasan lebih baik pada material baja St 60 yaitu media pendingin air garam *magnesium chloride* (MgCl₂) 40% dengan nilai kekerasan sebesar (46.2 HRC).
- B. Penelitian Junita, 2016 carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat. Pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur-unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dan yang lainnya. Untuk mempercepat proses maka ditambahkan barium karbonat (BaCO₃), kalsium karbonat (CaCO₃) atau natrium karbonat (NaCO₃) sebagai energizer yang bersama-sama *material*. dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas pada

temperatur carburizing (Junita, 2016). Pada pengarbonan padat dipakai arang yang dicampur dengan 10%- 40% NaCO_3 , BaCO_3 , baja dimasukkan ke dalam campuran ini, ditempatkan dalam suatu kotak dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur $850^\circ\text{C} - 950^\circ\text{C}$. Setelah dilakukan *holding time* (waktu penahanan), proses dilanjutkan dengan pengerasan dengan *quenching* untuk mencapai kekerasan yang tinggi dan *tempering* untuk menurunkan kegetasan dan tegangan sisa yang berlebihan.

- C. Penelitian Muslih Nasution, 2020 yang berjudul “Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan *Carburizing* Dengan Arang Batok Kelapa”. Pada baja AISI 1020 dilakukan proses penambahan karbon (*Carburizing*) untuk memperoleh sifat kekerasan yang tinggi dengan proses *Carburizing* pada *variasi quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli. Setiap baja mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Oleh sebab itu perlu suatu penanganan khusus yang diharapkan memiliki umur yang lebih lama dari perencanaannya, maka ketahanan terhadap dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *Carburizing* dengan *variasi quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli yang bertujuan meningkatkan kekerasan. Dari hasil pengujian *vickers* pada baja AISI 1020 (asli) memiliki nilai kekerasan rata-rata 191.3336 VHN sedangkan baja yang mengalami proses *carburizing* pada suhu 900°C selama 7 jam yang didinginkan dengan air, air garam dan oli mendapatkan nilai kekerasan rata-rata 395.3990 VHN, 674.8970 VHN, 621.2040 VHN.
- D. Penelitian somarwadi, 2020 yang berjudul “PENGARUH SERBUK KARBON, ANTRASIT, ARANG KAYU PADA *PROSES HEAT TREATMENT* TERHADAP KEKERASAN BAJA AMUTIT” untuk mengetahui pengaruh proses perlakuan panas menggunakan material Baja amutit dengan kombinasi menggunakan Serbuk karbon, Antrasit dan arang kayu dan proses pendinginan air biasa (air Mineral), Air Garam, Oil dan Air Es. Proses pemanasan yang dilakukan didalam Open dengan suhu 950°C . Dimensi baja amutit dengan diameter 25 mm dan panjang 7 mm. Pengujian yang dilakukan menggunakan alat ukur kekerasan (*Hardness Testing*

Machine Limited type 8150LK). Penelitian ini direncanakan untuk mengeksplorasi kondisi optimum lainnya yang diharapkan dapat menghasilkan kekerasan yang lebih baik.

2.2 Klasifikasi Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 1,7% berat sesuai grade-nya. Dalam proses pembuatan baja terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang tertinggal didalam baja seperti mangan (Mn), Silikon (Si), Kromium (Cr), Vanadium (V) dan unsur lainnya. Aplikasi dari baja adalah sebagai bahan baku untuk alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen- komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga dan lain-lain (Surdia, 1999).

2.2.1 Jenis Jenis Baja

1. Baja Karbon

Baja karbon terdiri dari besi dan karbon. Karbon merupakan unsur pengeras besi yang efektif dan murah. Oleh karena itu, pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan persentase kandungan karbon dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi ke dalam tiga macam yaitu:

A. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3 %. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling murah diproduksi diantara semua karbon, mudah di machining dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya, baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar dan lain-lain.

B. Baja karbon menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3% - 0,6%. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas renggang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik. Baja karbon rendah dapat digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain.

C. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% - 1,7% dan memiliki tahanan panas yang tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik yang paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji dan lain-lain (ASM handbook, 1991).

2. Baja paduan

Baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, mangan, kromium dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya. Paduan dari beberapa unsur yang berbeda memberikan sifat khas dari baja. Misalnya baja yang dipadu dengan Ni dan Cr akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan ulet. Berdasarkan kadar paduannya baja paduan dibagi menjadi tiga macam yaitu:

A. Baja paduan rendah (*low alloy steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya

kurang dari 2,5% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

B. Baja paduan menengah (*medium alloy steel*)

Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5% - 10% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

C. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si (Amanto dan Daryanto, 1999).

2.2.2 Pengaruh Unsur Paduan

A. Karbon (C)

Karbon adalah unsur penting pada baja dikarenakan dengan karbon bisa meningkatkan kekerasan serta kekuatan dari baja, didalam baja kandungan karbon didalamnya sekitar 0,1 - 1,7 %, sedangkan unsur selain baja dibatasi sesuai dengan kegunaanya. Penggunaan karbon dalam baja jika berlebihan bisa mengakibatkan penurunan ketangguhan dari baja tersebut.

B. Mangan (Mn)

Mangan merupakan hal penting dalam proses pembuatan baja, kandungan mangan kurang lebih 0,6% tidak berpengaruh pada sifat baja, atau bisa diartikan mangan dalam jumlah kecil tidak berpengaruh pada baja. Penambahan mangan pada baja bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tarik tanpa mengurangi regangan, sehingga setelah ditambahkan mangan baja mempunyai sifat kuat dan ulet.

C. Nikel (Ni)

Nikel memiliki pengaruh sama seperti mangan yakni memperbaiki kekuatan Tarik serta menaikkan keuletan serta sifat tahan panas. Apabila unsur baja paduan memiliki kandungan nikel sebesar 25% baja paduan tersebut memiliki sifat tahan korosi. Sama seperti unsur Mn, unsur paduan nikel memberikan pengaruh untuk menurunkan temperatur kritis, kecepatan kritis

dan yang paling utama untuk membuat struktur butiran menjadi halus serta menambah keuletan (Wahyono Suprpto, 2015).

D. Kromium (Cr)

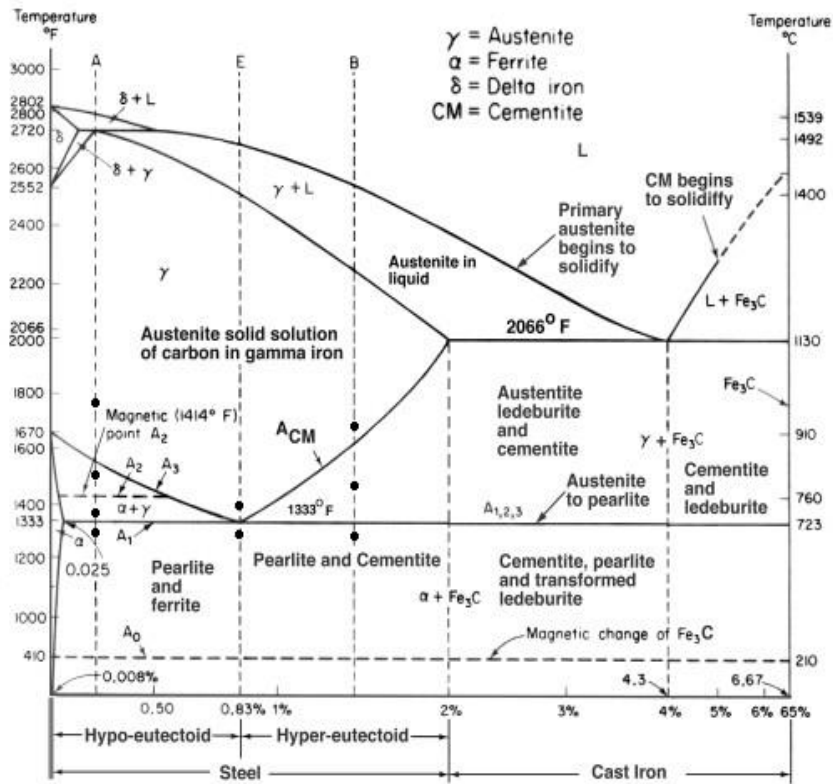
Sifat dari kromium yaitu dapat menurunkan laju pendinginan kritis, kandungan kromium yang mencapai 1.5 % dapat meningkatkan kekerasan dalam minyak. Penambahan kromium pada baja membuat struktur yang lebih halus serta membuat sifat baja mempunyai kekerasan lebih baik, dikarenakan kromium dan karbon dapat menghasilkan karbida. Kromium dapat menambah keplastisan dan kekuatan Tarik serta berguna dalam pembentukan lapisan pasif yang berguna untuk melindungi baja dari korosi serta tahan terhadap suhu yang tinggi.

2.2.3 Struktur Mikro Baja

Struktur mikro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang terdapat dalam baja, fasa ini dapat diamati melalui Teknik Metalografi. Metalografi sendiri merupakan metode yang digunakan untuk menyelidiki struktur logam hingga perbesaran 3000 kali, struktur yang dilihat dinamakan mikro struktur.

A. Diagram Fasa Fasa Fe₃C

Diagram fasa Fe-Fe₃C merupakan gambaran kondisi kesetimbangan antara komposisi besi dengan karbon, diagram ini sangat penting guna memperkirakan fasa yang terjadi sekaligus sifat yang terbentuk oleh baja tersebut. Adapun gambar diagram fasa Fe-Fe₃C adalah sebagai berikut:



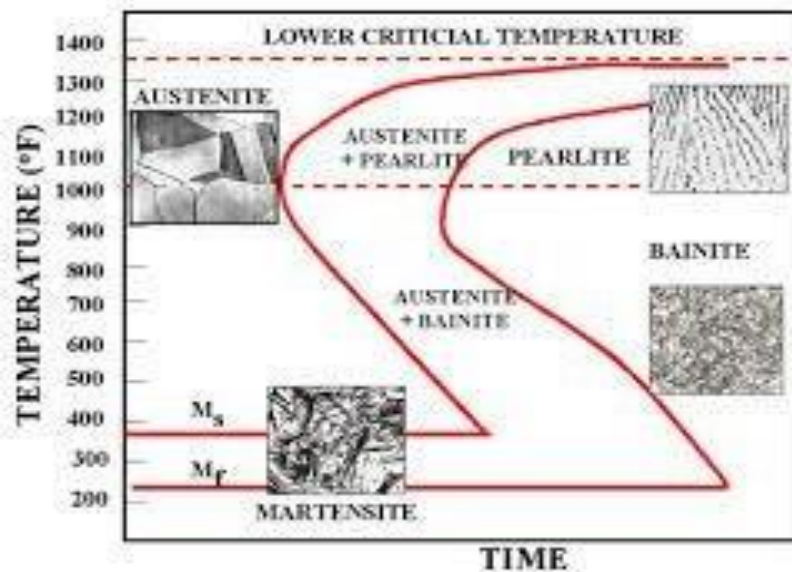
Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe₃C
(Sumber : Callister, 2007)

Gambar di atas hanya menunjukkan kesetimbangan antara Fe dan C saja meskipun dalam baja sebenarnya ada unsur-unsur lain seperti Silikon, Mangan, Posfor. akan tetapi komposisinya sangat kecil dan tidak memberikan pengaruh utama terhadap diagram fasa sehingga unsur-unsur tersebut hanya dianggap sebagai pengotor. Garis A₀ yaitu garis isothermal yang terdapat pada temperature 213°C, garis ini menandakan terjadinya transformasi baja yang bersifat magnetic menjadi *non magnetic* pada proses pemanasan.

B. Diagram TTT (*Time-Temperature-Transformations*)

Pendinginan non-equilibrium dari baja yang telah dipanaskan hingga mencapai siklus austenite dapat digambarkan dalam satu diagram hubungan antara waktu, temperatur dan hasil akhir austenite atau dikenal dengan diagram TTT. Secara umum diagram ini memberikan informasi mengenai permukaan dan akhir dari proses transformasi akibat pendinginan waktu dan kecepatan pendinginan. Diagram TTT juga menunjukkan besar presentase transformasi yang dicapai dari austenite pada temperatur tertentu.

Diagram TTT (*Time-Temperature-Transformations*) mengplot temperatur *versus* logaritma waktu, dengan kurva pembentukan fasa awal (*begin curve*), kurva transformasi sebagian (*50% completion*) dan kurva transformasi 100, diagram TTT hanya dapat digunakan untuk transformasi fasa pada proses perlakuan panas dengan temperatur tetap.



Gambar 2. 2 Diagram fasa Fe₃C
(Sumber: Callister, 2007)

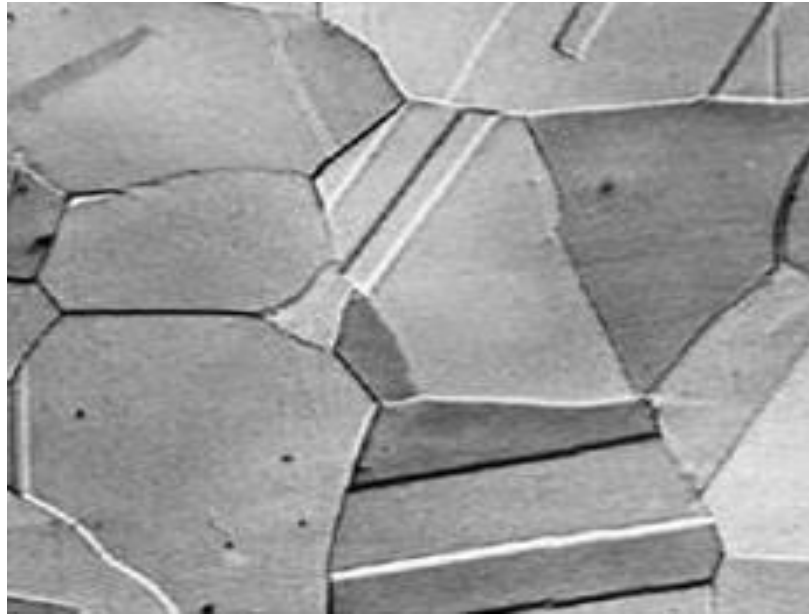
Dari gambar diatas terlihat bahwa disebelah kiri kurva tidak terjadi ideformasi, austenite hanya berubah kestabilan. Selanjutnya austenite yang sudah tidak stabil tersebut mengalami dekomposisi secara isothermal. Padazona A+ F + C dari baru akhirnya berubah struktur campurannya menjadi campuran E + C. pendinginan yang sangat cepat berpotensi terhadap hyper-eutectoid ukuran butiran anti kritis yang berubah disamping meningkatkan austenite yang dapat mendukung terbentuknya fase baru seperti mertensit. Ketika austenit didinginkan secara lambat struktur yang terbentuk adalah pearlite. Akibat dari laju pendinginan yang meningkat, maka temperature transformasi perrit akan lebih rendah. Mikrostruktur material akan berubah secara signifikan akibat peningkatan laju pendinginan melalui sebuah pengujian pemanasan dan pendinginan. Kita dapat mencatat transformasi dari austenite.

A. Austenit (*Austenite*)

Austenit adalah larutan padat karbon bebas (ferit) dan besi dalam besi gamma. Pada pemanasan baja, setelah suhu kritis atas, pembentukan struktur selesai menjadi austenit yang keras, ulet dan non-magnetik. Ia mampu melarutkan karbon dalam jumlah besar. Hal ini terjadi di antara rentang kritis atau transfer selama pemanasan dan pendinginan baja. Austenit terbentuk ketika baja mengandung karbon hingga 1,8% pada 1130°C. Pada pendinginan di bawah 723°C mulai berubah menjadi perlit dan ferit. Baja Austenitik tidak dapat dikeraskan dengan metode perlakuan panas yang biasa dan non-magnetik (taufiqurrokhman, 2019). Austenit mempunyai struktur sel FCC (*Face Centered Cubic*). Pada FCC semua sumbu memiliki panjang yang sama dengan sudut antara sumbu 90°.

Sel FCC tidak memiliki atom yang terletak pada pusat kubus. Sel satuan ini memiliki atom yang terletak pada pusat bidang/sisi dan atom pada titik sudut kubusnya. Kedelapan atom pada titik sudut menghasilkan satu atom, dan keenam bidang sisi menghasilkan tiga atom per sel satuan.

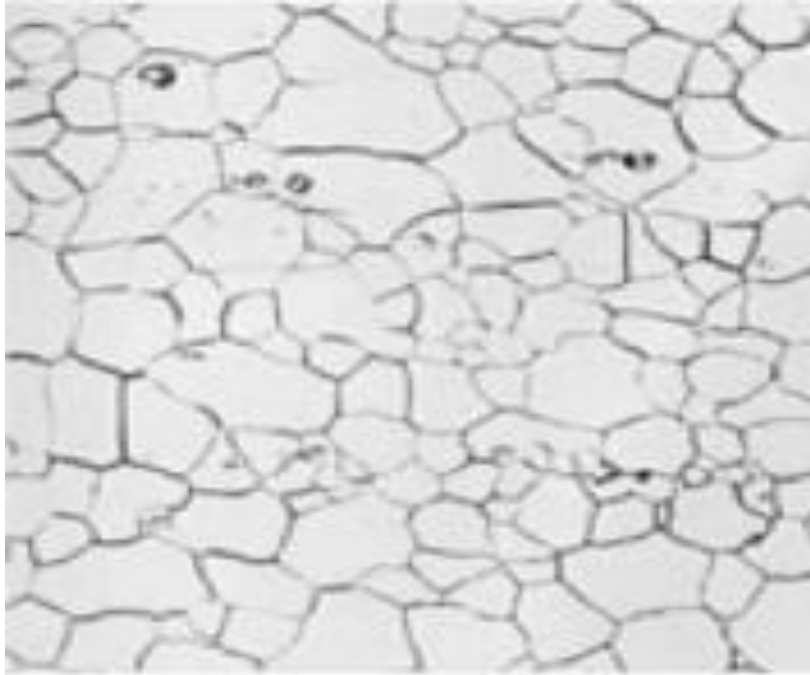
campuran E + C. pendinginan yang sangat cepat berpotensi terhadap hyper- eutectoid ukuran butiran anti kritis yang berubah disamping meningkatkan austenite yang dapat mendukung terbentuknya fase baru seperti mertensit. Ketika austenit didinginkan secara lambat, struktur yang terbentuk adalah pearlite. Akibat dari laju pendinginan yang meningkat, maka temperature transformasi perlit akan lebih rendah. Mikro sturktur *material* akan berubah secara signifikan akibat peningkatan laju pendinginan melalui sebuah pengujian pemanasan dan pendinginan. Kita dapat mencatat transformasi dari *austenite*.



*Gambar 2. 3 Photomicrograph Austenite
(Sumber : Callister, 2007)*

b. Ferit (*Ferrite*)

Baja *ferrite* diperoleh ketika kandungan karbon didalamnya rendah. Gambar mikro struktur yang dapat jelas dilihat yaitu batas butir *ferrite*. Ferit adalah fasa dengan kekuatan rendah, jika ukuran butir ferit baik, keuletan dan kemampuan bentuk yang baik diperoleh, dikarenakan ferit memiliki struktur kristal BCC. Ferit terbentuk akibat proses pendinginan yang lambat dari austenit baja hypotektoid pada saat mencapai titik fasa A3. Baja feritik memperlihatkan transisi dari ulet untuk perilaku rapuh dikarenakan temperature menurun atau saat laju regangan meningkat. Ferit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 70 - 100 BHN serta memiliki konduktivitas yang tinggi.



Gambar 2. 4 Batas ferit perbesaran 500x
(Sumber : ASM Handbook Volume 9)

c. Sementit (*Cementite*)

Besi karbida yang memiliki kandungan 6.67% karbon, cocok dengan rumus dari Fe_3C . dalam baja paduan karbon, ada beberapa paduan yang bertujuan untuk membentuk karbida misal mangan dan *kromium* akan menggantikan baja dalam sementit. Penggantian elemen lain untuk beberapa besi sementit dapat meningkatkan kekerasan, dikarenakan kerapuhan dari sementit ini sehingga jumlahnya sedikit dalam baja.

Cementite atau (besi karbida) adalah senyawa besi dan karbon, lebih tepatnya karbida logam transisi menengah dengan rumus Fe_3C . Secara berat, itu adalah 6,67% karbon dan 93,3% besi. Ia memiliki struktur kristal ortorombik. Ini adalah bahan keras, rapuh, biasanya diklasifikasikan sebagai keramik dalam bentuknya yang murni dan merupakan unsur yang sering ditemukan dan penting dalam metalurgi besi. Sementara sementit hadir di sebagian besar baja dan *cast iron*, itu diproduksi sebagai bahan baku dalam proses karbida besi, yang termasuk keluarga teknologi pembuatan besi alternatif.

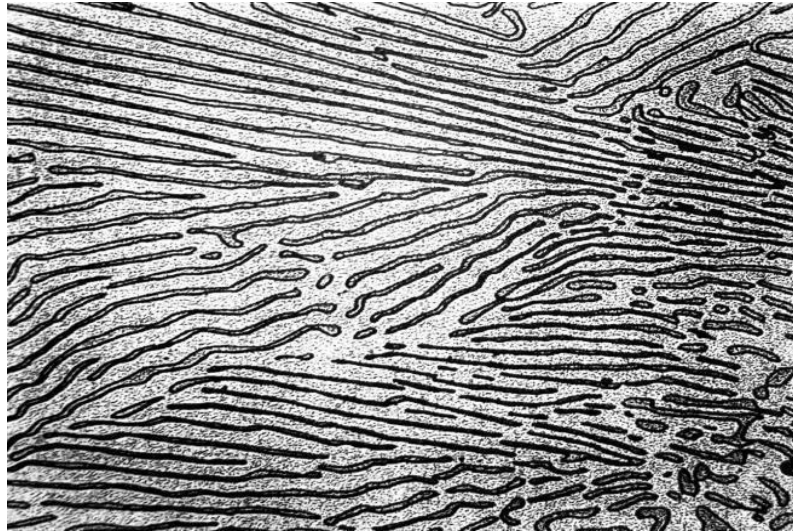


Gambar 2. 5 Sementit perbesaran 1000x
(Sumber : ASM Handbook Volume 9)

d. Perlit (*Pearlit*)

Perlit merupakan campuran dari ferit dan sementit dimana kedua fasa terbentuk dari austenit dengan pola pipih. Untuk pembentukan perlit membutuhkan pendinginan yang lambat dari austenite serta tergantung dari komposisi bajanya. Bentuk perlit yang berasal dari suhu dibawah suhu kritis lebih rendah dibandingkan baja yang diproses serta bisa jadi terbentuk secara *isothermal* atau pendinginan *continue*.

Kekuatan serta kekerasan dari baja ferit perlit meningkat seiring dengan meningkatnya kadar perlit serta semakin meningkat pengurangan jarak lamellar, perlit halus dalam baja karbon *eutectoid* memiliki kekerasan hamper 400 HV.



Gambar 2. 6 Microstructure of pearlite perbesaran 2500x
(Sumber : Courtesy of USX Corporation)

e. Martensit (*Martensite*)

Pembentukan martensit tergantung pada komposisi kimia serta pendinginan tingkat dari wilayah austenit suhu tinggi. Tidak seperti transformasi austenit lainnya, martensit terbentuk setelah spesimen didinginkan di bawah temperatur tertentu. Kekerasan martensit ditentukan oleh kandungan karbon serta dipengaruhi oleh unsur paduan. Kemampuan untuk membentuk martensit dalam baja sebagai fungsi ukuran bagian dan tingkat pendinginan tergantung pada pengerasan baja. *Hardenability* ditingkatkan dengan meningkatkan karbon dan jumlah paduan serta dengan memperbesar ukuran butir austenit. Kandungan karbon sangat mempengaruhi sifat martensit. Pada dasarnya, dua jenis martensit dapat dibentuk dalam baja, yaitu *lath martensite* dan *acicular martensite*.

f. Bainit (*Bainite*)

Transformasi austenit, adalah agregat mirip ferit serta sementit yang terbentuk dalam kondisi menengah bagi yang menghasilkan pembentukan perlit serta martensit. Bainit diklasifikasikan sebagai upper bainit atau lower bainit. *Upper* bainit terbentuk secara isothermal atau selama pendinginan terus-menerus pada temperatur tepat di bawah menghasilkan bainit. Bainit yang lebih rendah terbentuk pada temperatur yang lebih rendah, ke suhu di bawah tertentu. Pembentukan *upper* bainit dimulai dengan pertumbuhan bilah ferit panjang tanpa karbon. Dikarenakan kandungan karbon bilah ferit rendah, austenit pada

batas bilah diperkaya pada karbon. Bentuk sementit terbentuk pada bilah batas bervariasi dengan kandungan carbon. Pada baja karbon rendah, sementit akan mengendap sebagai senar serta partikel terisolasi, tapi jika kandungan karbon lebih tinggi. Jika karbida tidak diendapkan, tetapi dipertahankan sebagai austenit atau berubah menjadi plat martensit.

Lower bainit punya model yang lebih mirip plat dari pada *upper bainit*. Pelatferit lebih luas dari pada yang di atas bainit dan lebih mirip penampilannya dengan pelat martensit. Seperti halnya *upper bainit*, penampilan *lower bainit* bervariasi dengan kandungan karbon. *Lower bainit* ditandai oleh pembentukan sementit seperti batang di dalam pelat ferit. Bainit terbentuk pada suhu antara 220 - 250°C dengan kadar karbon 0.5%.



Gambar 2. 7 Struktur mikro bainit perbesaran perbesaran 500x

(Sumber : *ASM Handbook Volume 9*)

2.3 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik adalah kemampuan suatu bahan untuk menerima beban maupun gaya tanpa menimbulkan kerusakan pada benda tersebut. Beban-beban tersebut umumnya berupa beban puntir, tarik, tekan, bengkok, geser dan beban kombinasi.

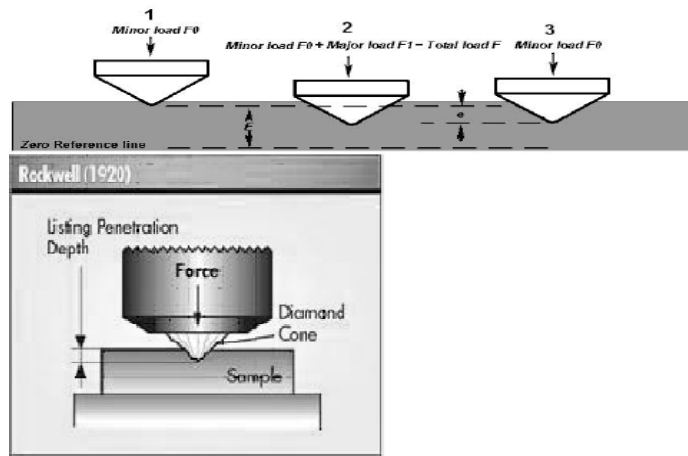
2.3.1 Kekerasan

Kekerasan suatu bahan pada umumnya menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi *plastic* atau deformasi permanen. Untuk orang-orang yang berkecimpung dalam mekanika pengujian bahan banyak yang mengartikan bahwa kekerasan sebagai ukuran ketahanan terhadap lekukan. Untuk para insinyur perancang kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam (Djaprie, S., 1990).

Secara umum terdapat 3 jenis ukuran kekerasan tergantung dari cara pengujian kekerasannya, ketiga jenis tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Kekerasan goresan (*scratch hardness*)
- b. Kekerasan lekukan (*indentation hardness*)
- c. Kekerasan pantulan (*rebound*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*)

Untuk kekerasan logam dalam jenis lekukan yang banyak dibahas insinyur berkaitan dalam bidang rekayasa, para ahli mineral biasanya mengutamakan pembahasan dalam jenis kekerasan goresan karena dengan mengukur kekerasan tersebut dan berbagai mineral bahan bahan lain disusun berdasarkan pada kemampuan goresan yang satu terhadap yang lain. Skala Mohs merupakan ukuran untuk kekerasan goresan.



Gambar 2. 8 Pengujian Rockwell
(Sumber: Hery Widhiatmoko 2014)

Pada Tabel 2.1 dapat dilihat bahwa baja *medium alloy steel* memiliki nilai kekerasan sekitar 16 HRC, sehingga hasil pengujian data kekerasan sebelum perlakuan panas sudah sesuai.

Tabel 2. 1 Hardness Table (Sumber: Neely, J. E. & Bertone, T. J., 2003)

<i>Type of Steel</i>	<i>Rockwell</i>	HRC	<i>Brinell</i>
	B	C	
<i>Low carbon steel</i>	65		100
<i>Medium carbon steel</i>		16	212
<i>High alloy steel</i>		31	294
<i>High carbon steel</i>		42	390
<i>Tool steel</i>		42	390
<i>Hardened tool steel</i>		50	481
<i>Case hardened parts</i>	64		

2.4 Baja AISI 1042

Baja AISI 1042 adalah jenis baja konstruksi baja ini mempunyai kandungan karbon (C) 0,40-0,47% , jadi termasuk dalam baja karbon sedang. Komposisi baja grade 1042 adalah sebagai berikut:

- Karbon: 0,47 - 0,53%
- Mangan: 0,60 - 0,90%
- Fosfor: maks 0,04%.
- Belerang: maks 0,05%.
- Silikon: 0,15 - 0,35%
- Kromium: maks 0,20%.
- Molibdenum: maks 0,10%.
- Besi: 97%.

Kegunaan baja SAE / AISI 1042 yang paling umum adalah untuk bantalan, roda gigi, poros, spindel, serta suku cadang dan komponen mesin lainnya yang memerlukan kemampuan las dan kemampuan mesin yang baik tetapi tidak memerlukan kekuatan atau kekerasan tingkat tinggi.

Tabel 2. 2 Unsur Kimia AISI 1042

C (Karbon)	Si (Silikon)	Mn (Mangan)	Ni (Nikel)	P (Fosfor)	S (Sulfur)	Cu (Tembaga)
0.47%	0.30%	0.80%	0.25%	0.040%	0.035 %	0.25%

Baja AISI 1042 memiliki kegunaan yang luas pada umumnya diaplikasikan pada komponen Otomotif seperti Roda gigi, Shaft, Baut, Mur, Batang torak kendaraan Alat Berat. Baja AISI 1042 juga dapat digunakan pada bidang konstruksi seperti jembatan rangka bangunan dan lain sebagainya oleh karena itu banyak penelitian yang dilakukan terhadap baja AISI 1042 dengan berbagai tujuan agar sifat karakteristiknya dapat lebih dikembangkan lagi dan lebih aplikatif penggunaan

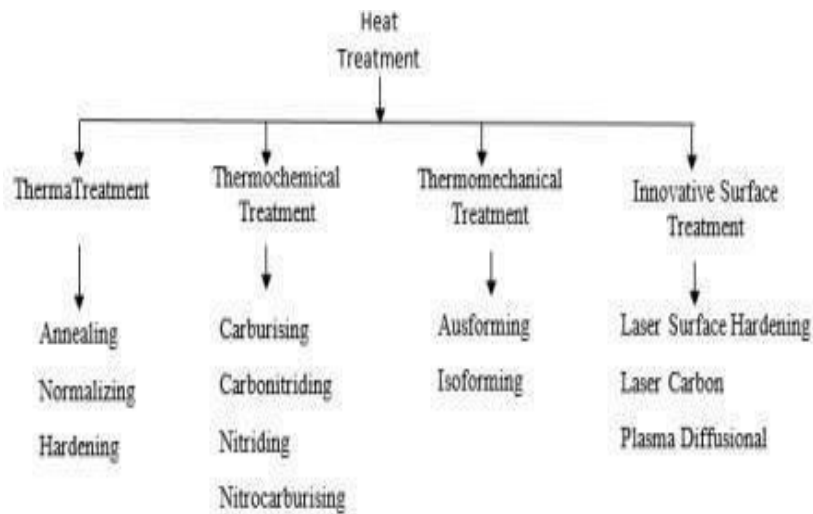
2.5 Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah suatu metode yang dipergunakan untuk merubah sifat- sifat mekanik dari suatu baja seperti kekerasan, keuletan serta kekuatannya. Metode yaitu dengan melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan sehingga dapat merubah komposisi kimianya ataupun yang tidak merubah komposisi kimia dari material tersebut. Perlakuan panas merupakan sebuah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam paduan dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu (Sujana, 1996).

Pada dasarnya proses perlakuan panas meliputi :

- a. **Pemanasan** yaitu memanaskan material menggunakan tungku pemanas hingga mencapai suhu yang telah ditetapkan serta dengan kecepatan tertentu.
- b. **Penahanan** (*holding time*) merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi dari suatu bahan atau material yang dilakukan dengan cara menahan temperatur pemanasannya *temperature austenite* dengan waktu tertentu. Tujuan utama dari proses ini yaitu agar diperoleh pemanasan yang sama atau homogen sehingga bentuk dari fasa austenit yang didapatkan pada bahan mempunyai bentuk yang sama.
- c. **Pendinginan** (*quenching*) merupakan suatu proses pendinginan logam dengan media pendingin seperti air, oli, udara, minyak atau bisa juga dengan media pendingin yang lain. Material yang sudah melalui proses pemanasan dan penahanan dilakukan proses pendinginan untuk pemilihan media pendingin juga harus sesuai agar bisa menghasilkan material seperti yang di inginkan.

2.6 Klasifikasi Proses *Heat Treatment*



Gambar 2. 9 Klasifikasi perlakuan panas
(Sumber : Sujana, 1996)

a. *Annealing*

Merupakan suatu proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang sering dilakukan pada logam dalam pembuatan suatu produk. Pada dasarnya *annealing* dilakukan dengan cara memanaskan logam sampai temperatur tertentu, menahan pada temperatur tadi selama waktu ditentukan agar mencapai perubahan yang diinginkan, kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang cukup lambat (Sujana, 1996).

Annealing dapat dilakukan terhadap *material* dengan kondisi yang berbeda-beda dan dengan tujuan yang berbeda juga. Tujuan dilakukannya proses ini adalah untuk melunakkan material, menghaluskan butir kristal, mengurangi tegangan sisa, dan memperbaiki keuletan dari material. Dalam *annealing* ada beberapa macam proses yaitu *full annealing*, *recrystallisation annealing*, *stress relief annealing* dan *spheroidization*.

b. *Normalizing*

Proses *normalizing* dilakukan dengan cara memanaskan bahan kurang lebih 1700°F (925°C), kemudian didinginkan pada *still* air atau *furnance*. Pada umumnya hasil *normalizing* memiliki struktur mikro lebih halus, sehingga untuk baja dengan komposisi kimia yang sama akan mempunyai *yield strength*, kekerasan serta *impact strength* yang lebih tinggi daripada

yang diperoleh melalui *annealing* dan *machin ability*nya akan lebih baik. Proses *normalizing* biasanya dilakukan pada benda hasil tuangan atau hasil tempa untuk menghilangkan tegangan dalam dan menghaluskan butiran kristalnya sehingga menghasilkan sifat yang lebih baik. Pada proses ini *annealing* lebih baik tidak dilakukan pemanasan hingga temperatur tinggi karena butir kristal *austenite* yang terjadi akan terlalu besar, sehingga pendinginan lambat akan diperoleh butir ferit/perlit yang kasar ini dapat membuat kurangnya keuletan atau ketangguhan material.

c. *Hardening*

Hardening merupakan salah satu proses perlakuan panas dengan kondisi *non-equilibrium*, laju pendinginannya sangat cepat, sehingga struktur mikro yang tercipta adalah struktur mikro tidak *equilibrium*. *Hardening* dilakukan dengan memanaskan baja hingga mencapai temperatur austenit, dipertahankan beberapa saat di temperatur yang terakhir lalu didinginkan dengan cepat sehingga mendapatkan martensit yang keras, kekerasan maksimum yang dicapai juga bergantung pada jumlah karbon yang terdapat didalam material tersebut, semakin tinggi kandungan karbon yang terdapat didalamnya maka akan semakin keras pula hasil dari *hardening* tersebut. Untuk baja dengan kandungan karbon rendah setelah dilakukan proses *hardening* seperti tidak ada kenaikan atau bisa dibilang seperti tidak dilakukan proses apapun. Sehingga untuk proses ini hanya dilakukan pada material yang memiliki kandungan karbon yang memadai yaitu tidak kurang dari 0,30 %.

Agar mendapat struktur martensit yang sepenuhnya maka laju pendinginan harus mencapai laju pendinginan kritis (*critical cooling rate*) atau CCR. Jika laju pendinginan kurang dari CCR akan mengakibatkan sebagian *austenite* yang tidak bertransformasi menjadi martensit, sehingga kekerasan tidak tercapai maksimal. Dalam proses *hardening* laju pendinginan suatu benda kerja juga bergantung pada beberapa faktor yaitu:

- Jenis media pendingin
- Temperatur media pendingin
- Kuatnya sirkulasi pada media pendingin

Untuk media pendingin yang biasanya dipakai pada proses ini yaitu :

- *Braine*
- Air
- *salt bath*
- minyak
- udara.

2.7 Thermochemical Treatment

Pengertian perlakuan panas termokimia ialah mendifusikan elemen kimia pada temperatur yang meningkat agar dapat meningkatkan sifat mekanis permukaan material (*Lawrence and Van Vlack, 1983*). Perlakuan panas termokimia adalah perlakuan panas dimana unsur-unsur kimia terutama karbon dan nitrogen dimasukan kepermukaan pada suhu tinggi dengan menggunakan media transfer padat, cair, gas (*Arthur dkk, 1986*). Proses ini termasuk metode austenit, *carburising* dan *carbonitriding* yang seperti perlakuan *thermal*.

Process	Description	Process	Typical treatment temp, °C	Typical case depth, mm	Typical surface hardness, HV
Carburising	A process in which a steel surface is enriched with carbon, at a temperature above the ferrite/austenite transformation. On subsequent quenching, an essentially martensitic case is formed	Solid, Liquid, Gaseous, Plasma	850-950	0.25-4.0	700-900*
Carbonitriding	Similar to carburising, but involving nitrogen as well as carbon enrichment	Liquid, Gaseous, Plasma	750-900	0.05-0.75	600-850*
Nitrocarburising	A process in which a steel or cast iron surface is enriched with nitrogen, carbon and possibly sulphur at a temperature below the ferrite/austenite transformation	Liquid, Gaseous, Plasma	570	0.02 max [†] 1.0 max [‡]	500-650 [†]
Nitriding	A process in which a steel surface is enriched with nitrogen, at a temperature below the ferrite/austenite transformation	Gaseous, Liquid, Plasma	500-525	0.4-0.6	800-1050

*Depending on tempering treatment (upper figure represents typical as-quenched hardness).

†Thickness and microhardness of compound layer on mild steel. Values are dependent on alloy content of material treated.

‡Total depth of diffusion zone.

Gambar 2. 10 Prinsip utama dari perlakuan panas termokimia
(Sumber : Sujana, 1996)

Keuntungan dari proses pengerasan termokimia yaitu :

- Mudah mengontrol kedalaman pengerasan
- Baik untuk bentuk kompleks
- Biaya rendah terutama untuk produksi massal
- Bahan baku *low carbon steel*, alasannya karena mudah dibentuk dan *dimachining*, bagian tengahnya ulet, kekerasan permukaannya meningkat dan struktur lebih tangguh daripada baja *medium* atau *high carbon steel*.

Klasifikasi perlakuan panas termokimia terbagi menjadi dua, yaitu :

1. *Austenite thermochemical* ialah suatu metode pengerasan permukaan yang dilakukan pada temperatur *austenite*, yang tergolong perlakuan panas *austenite thermochemical* yaitu : *carburizing*, *carbonitriding* dan *boring*.
2. *Ferrite thermochemical* ialah metode pengerasan permukaan yang dilakukan pada daerah temperatur *ferrite*, yang termasuk perlakuan panas *ferrite thermochemical* yaitu : *nitriding* dan *nitrocarburizing*.

Setiap klasifikasi diatas memiliki keuntungan masing- masing untuk *austenite thermochemical treatment* keuntungannya yaitu zona difusi yang terjadi lebih dalam dan ketahanan aus yang lebih baik. Sedangkan untuk *ferrite thermochemical treatment* keuntungannya yaitu resiko retak akibat *residual stress* sedikit dan biaya pengerjaan lebih rendah karena prosesnya dilakukan pada daerah temperatur *ferrite*.

Pengerasan permukaan dengan cara thermochemical terbagi menjadi 4 yaitu :

1. *Carburizing*

Carburizing adalah suatu proses perlakuan panas termokimia dimana suatu permukaan baja diperkaya dengan karbon pada temperatur berkisar antara 850°C - 950°C dengan memakai media transfer padatan cairan gas atau plasma. Ketebalan lapisan yang terbentuk berkisar antara 0.025 – 4.00 mm dengan kekerasan permukaan mencapai 600 – 900 HV. Beberapa sifat penting yang dihasilkan oleh proses karburasi adalah untuk memberikan sifat ketahanan aus yang tinggi terhadap gesekan abrasi, ketahanan leleh dan

juga untuk menerima pembebanan yang bertahap. Karburasi dilakukan pada baja dengan kadar karbon rendah dan baja paduan rendah.

2. *Carbonitriding*

Carbonitriding adalah salah satu modifikasi dari proses karburasi dimana selain karbon juga ditambahkan 0.5% nitrogen, prosesnya berlangsung pada temperatur lebih rendah, dengan larutan karbon dan nitrogen pada kulit maka ini akan mempertinggikan mampu keras baja. Temperatur perlakuan panas yang umumnya dilakukan berkisar antara 750-900°C, kekerasanlapisan mencapai 600 – 850 HV. Karena suhu prosesnya lebih rendah dari karburasi maka kemungkinan terjadinya distorsi atau retak akan lebih rendah begitu juga dengan homogenitas kekerasan sampai dengan kedalaman tertentu lebih baik. Beberapa sifat penting yang dihasilkan oleh proses karbonitridasi adalah aus memberikan 18 ketahanan yang tinggi terhadap *abrasive*, ketahanan aus *abrasive* dan juga ketahanan lelah. Proseskarbonitridasi ini hanya digunakan untuk baja karbon biasa dan baja paduan rendah.

3. *Nitriding*

Nitridasi adalah suatu proses perlakuan panas termokimia dimana nitrogen didifusikan kepermukaan baja pada temperatur berkisar antara 500°C - 600°C sehingga terbentuk pengerasan kulit akibat terbentuknya nitrida paduan pada permukaan. Ketebalan lapisan yang terbentuk berkirsaran 0,40 mm dengan kekerasan mencapai 800 – 1.050 HV. Karena suhu prosesnya sangat rendah, maka kemungkinan terjadinya distorsi geometri atau retak sangat kecil. Beberapa sifat penting yang dihasilkan oleh proses nitridasi adalah ketahanan lelah sangat baik, ketahanan abrasif, ketahanan aus adhesif dan ketahanan korosi juga baik.

4. Nitrocarburizing

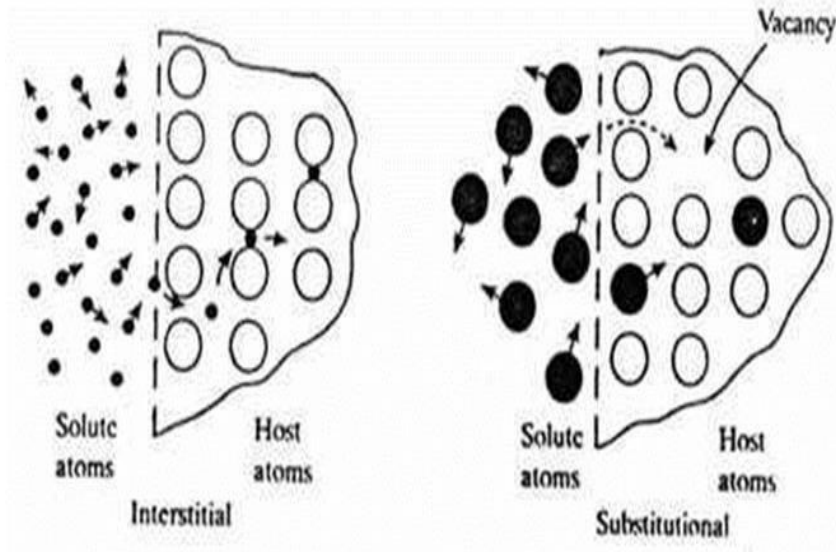
Nitrokarburasi adalah termasuk salah satu proses perlakuan panas termokimia. Proses ini dilakukan pada temperatur 570°C dengan mendifusikan karbon dan nitrogen kedalam permukaan baja, sehingga akan diperoleh lapisan permukaan yang keras, tipis dengan ketebalan 10 – 25 µm. Lapisan tersebut terdiri dari fasa karbonitrida dengan kekerasan permukaan mencapai 500 sampai 700 HV kekerasan ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan ketahanan aus adhesif dari permukaan baja.

2.8 Proses Perlakuan *Carburizing*

Proses perlakuan *carburizing* adalah proses dimana karbon monoksida yang berasal dari senyawa padat terurai pada permukaan logam menjadi karbon baru yang melapisi permukaan logam. Perlakuan panas kimiawi yang merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan perbedaan antara sifat-sifat material dibagian tengah material (Rajan, 1997).

Keadaan material yang dituntut harus lebih keras dibanding permukaan serta memiliki sifat ulet dan tangguh dibagian dalam suatu material serta lebih tahan aus untuk sifat material pada bagian permukaan. Dengan demikian sifat-sifat yang dimiliki suatu material akan sesuai dengan apa yang kita inginkan dan memiliki umur yang lebih panjang.

Metode pertama adalah perlakuan termokimia, karena komposisi kimia permukaan baja diubah dengan difusi karbon dan nitrogen. Metode kedua melibatkan transformasi fasa pemanasan dan pendinginan cepat permukaan luar.

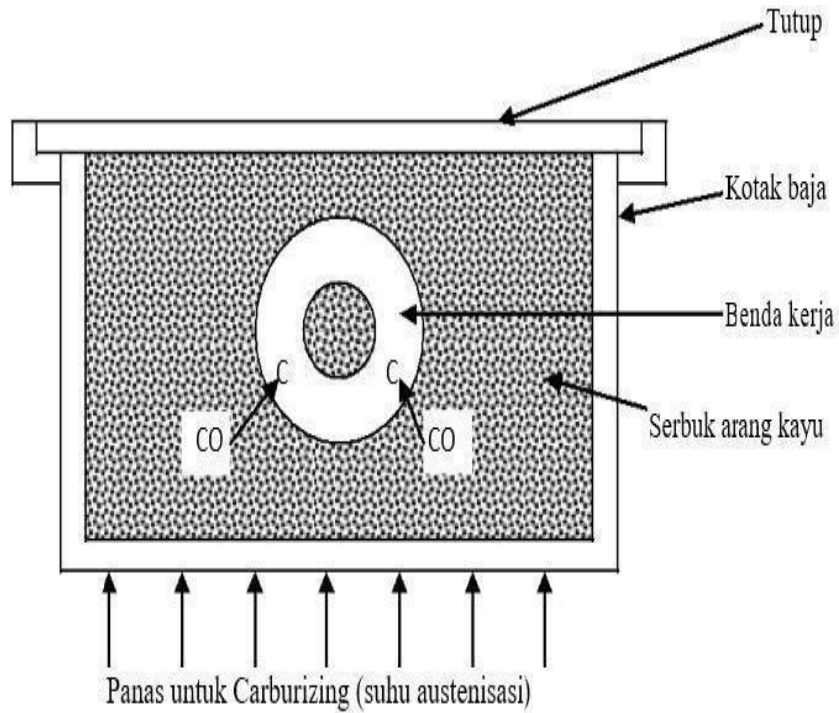


Gambar 2. 11 Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi

(Sumber: Budinski, 1999)

Carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon dengan cara difusi sehingga karbon akan melapisi permukaan baja dan meningkatkan kadar karbon pada permukaan baja. Pada baja dengan kadar karbon tinggi ($> 1\% \text{ C}$), jumlah unsur karbon yang terdapat dalam permukaan biasanya memiliki tingkat yang tinggi sehingga substrat lebih sulit untuk melakukan difusi pada bagian tersebut. Difusi karbon umumnya dilakukan pada suhu $842^{\circ}\text{C} - 953^{\circ}\text{C}$

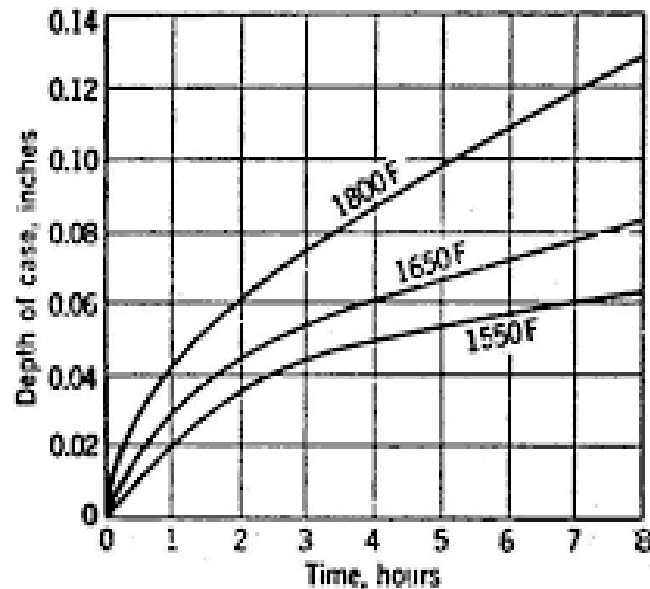
Pada sistem *pack carburizing*, baja (benda kerja) dimasukkan disekitar serbuk pasir alumina yang dimana saat pemanasan mengeluarkan gas CO_2 dan CO . Saat proses berlangsung yang terjadi pada logam baja, gas karbon monoksida akan terdegradasi akan masuk kedalam permukaan logam yang mengakibatkan sifat luar dari logam jauh lebih keras.



Gambar 2. 12 Proses Pack Carburizing

(Sumber: Budinski, 1999)

Kedalaman difusi dan kekerasan yang dihasilkan pada proses *carburizing* tidak ada batasan secara teknik, tapi dari pengamatan praktis umumnya kedalam *carburizing* sekitar 0,05 in atau 1,27 mm (Budinski,1999)



Gambar 2. 13 Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom

(Sumber: Budinski, 199)

2.8.1 Macam-macam Proses Karburisasi

1. Karburisasi padat (*Pack Carburizing*)

Karburisasi padat adalah proses penambahan unsur karbon aktif pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari media karburisasi. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, kokas, arang kayu, arang kulit, arang tulang maupun pasir alumina.

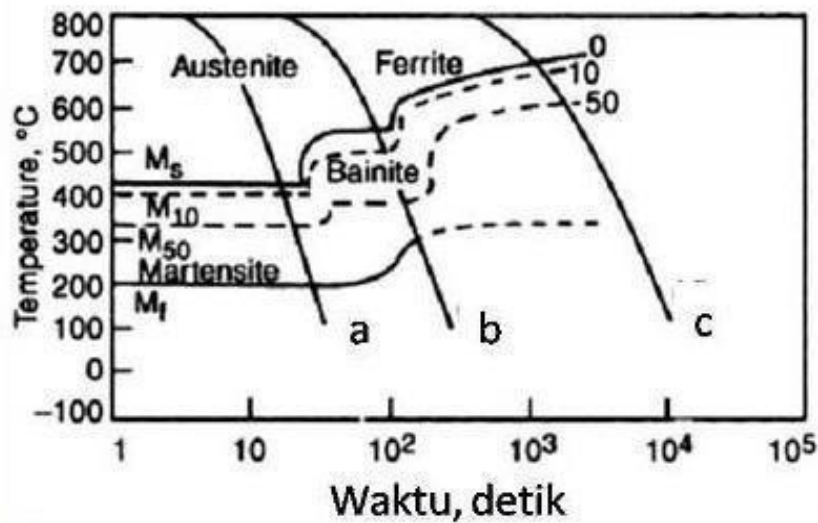
2. Karburisasi cair (*Liquid Carburizing*)

Karburisasi cair adalah proses pengerasan baja dengan cara mencelupkan baja yang telah ditempatkan pada keranjang kawat ke dalam campuran garam cianida, kalsium cianida (KCN) atau natrium cianida (NaCN). Komponen ditahan dalam garam cair yang memasukkan karbon ke dalam logam. Karbon tersebar ke dalam menghasilkan kasing yang mengeras dengan pendinginan cepat. Kasing yang diproduksi oleh difusi karbon mirip dengan yang dihasilkan oleh karburisasi gas. Kasus yang dibentuk oleh karburisasi cair memiliki nitrogen rendah dan kandungan karbon tinggi.

3. Karburisasi gas (*Gas Carburizing*)

Suatu karburisasi dengan menggunakan bahan karbon yang berbentuk gas, proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam dapur dengan atmosfer yang banyak mengandung gas CO dan gas hidro karbon yang mudah berdifusi pada temperature karburisasi 850°C hingga 950°C. Gas - gas tersebut akan bereaksi dan menghasilkan karbon aktif yang nantinya berdifusi pada lapisan permukaan benda kerja. Karburisasi pada media gas lebih menguntungkan dibanding dengan karburisasi dengan jenis lain karena permukaan benda kerja tetap bersih, hasil lebih banyak dan kandungan karbon pada lapisan permukaan dikontrol lebih teliti. Menurut B.H. Amstead (Wardiana, 2020) mengatakan bahwa “proses karburisasi menggunakan media gas digunakan untuk memperoleh lapisan tipis antara 0,025 – 0,75 mm”.

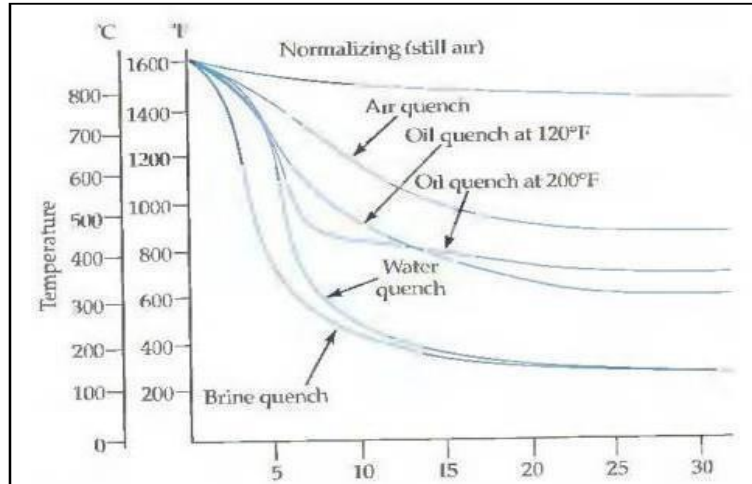
2.9 Quenching



Gambar 2. 14 Diagram Continuous Cooling Transformation (CCT)
(Sumber: Ardra.Biz, 2019)

Quenching adalah proses pemanasan logam sampai suhu austenitisasi, yang kemudian didinginkan secara cepat sehingga akan membentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari pada struktur- struktur ferlit dan ferit. *Quenching* ini bertujuan untuk menambahkan kekerasan baja yang biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan yang lebih baik. Tiap jenis media *quenching* akan memberikan laju pendingin yang berbeda. Kekerasan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh laju pendinginan tersebut. Laju pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat-sifat logam yang keras dan getas, dan untuk laju pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat-sifat yang lunak dan ulet (Arfis A, 2012).

Media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas adalah air. Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H₂O. Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak terasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku 0°C dan titik didih 100°C (Halliday dan Resnick, 1985). Pendinginan dengan air lebih baik dibandingkan dengan oli (minyak) dikarenakan air dapat menyerap panas yang dilewatinya dan akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air sebesar 10 kali dari minyak (Soedjono, 1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak (Gary, 2011).



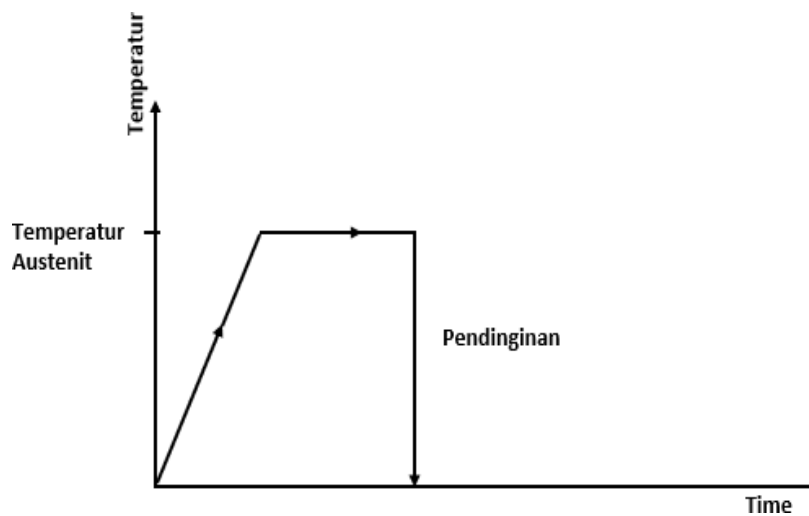
Gambar 2. 15 Laju Pendinginan Media Pendingin

(Sumber: Arfis A, 2012)

Proses pengerasan (*quenching*) dapat dilakukan dengan tiga cara sebagai berikut:

1 Pendinginan Langsung (*Direct Quenching*)

Pendinginan secara langsung dari media carburizing efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja. Pada pendinginan langsung ini diperoleh permukaan benda kerja yang getas.



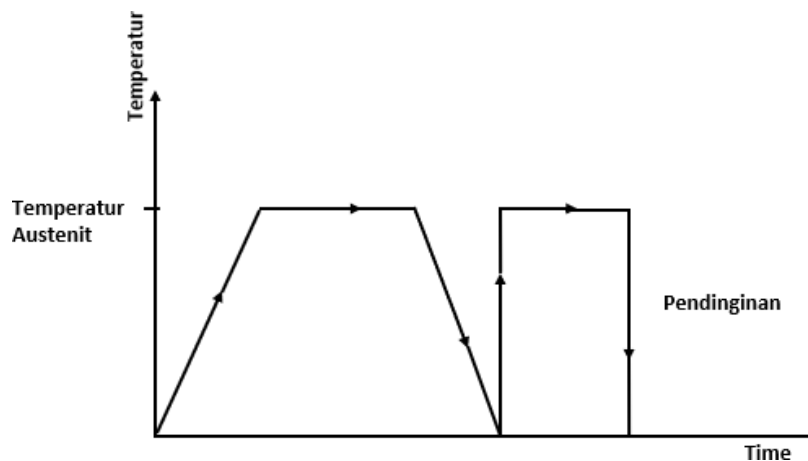
Gambar 2. 16 Grafik Pendinginan Langsung

(Sumber: Pieter, 2014)

Untuk mencapai struktur *material* maka austenit yang terjadi harus dengan didinginkan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan. Untuk ini baja harus didinginkan dengan media pendingin tertentu yang umumnya ditentukan oleh jenis baja/paduannya.

2 Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)

Singel quenching merupakan pendingin dari benda kerja setelah benda kerja tersebut *carburizing* dan telah didinginkan pada suhu kamar.



Gambar 2. 17 Pendinginan Tunggal (*Singel Quenching*)

(Sumber: Budinski, 1999)

3 *Double Quenching*

Double Quenching adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah dikarburasi dan didinginkan pada temperatur kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada temperatur kamar lalu dipanaskan (Budinski, 1999).

2.10 Pengujian Yang Digunakan

2.10.1 Uji *Vickers*

Prinsip dasar pengujian *vickers* sama dengan uji *Brinell*, perbedaannya penggunaan indentor intan yang berbentuk piramid beralas bujur sangkar dan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan 136° . Pengukuran diagonal segi empat lebih akurat dibandingkan pengukuran pada lingkaran. Pengujian ini dapat dilakukan untuk spesimen tipis hingga 0,006 inci.

Nilai yang diperoleh akurat hingga nilai 1300 (setara dengan *Brinell* 850). Indentor relatif tidak menjadi rata seperti pada *Brinell*. Beban yang digunakan pada uji *vickers* antara 1 hingga 120 kgf. Perubahan beban relatif tidak mempengaruhi hasil pengujian, penggunaan beban yang berbeda akan tetap menghasilkan nilai yang sama untuk *material* yang sama. Nilai Hardness Vickers dapat dihitung dengan persamaan :

$$HV = 2P \sin \frac{\alpha/2}{d} A = \frac{1,8544}{d}$$

Dimana :

HV = Hardness Vickers

P = Beban (kgf)

α = sudut 2 sisi yang berhadapan pada

indentor d = diagonal indentasi rata-rata (mm)

2.10.2 Struktur *Micro*

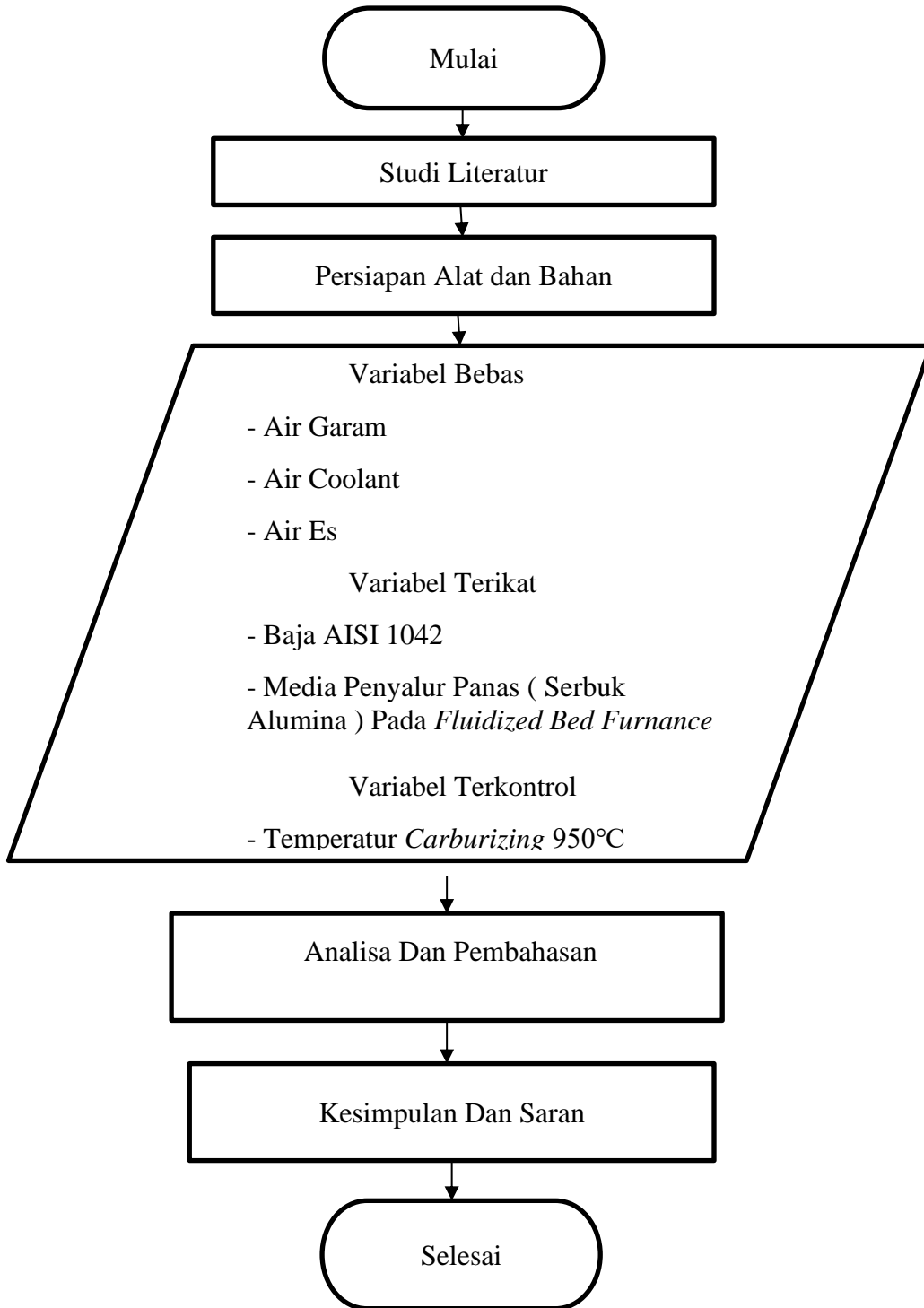
Struktur mikro adalah suatu bentuk susunan struktur yang terbentuk pada *material* logam dan ukurannya sangat kecil dan tidak beraturan, bentuknya berbeda-beda tergantung pada unsur dan proses yang dialami Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui isi unsur kandungan yang terdapat didalam spesimen baja karbon rendah yang akan diuji. Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan agar dapat terlihat kandungan didalam benda uji tersebut.

Berdasarkan dari hasil pengujian struktur mikro pada daerah induk masih dapat dilihat kandungan unsur ferit dan perlit. Dimana unsur feritnya terbentuk karena pada proses pendinginan yang tidak stabil dan lambat jika spesimen terjadi proses pendinginannya tidak stabil maka akan terbentuk unsur ferit sepanjang batas butiran austenit.

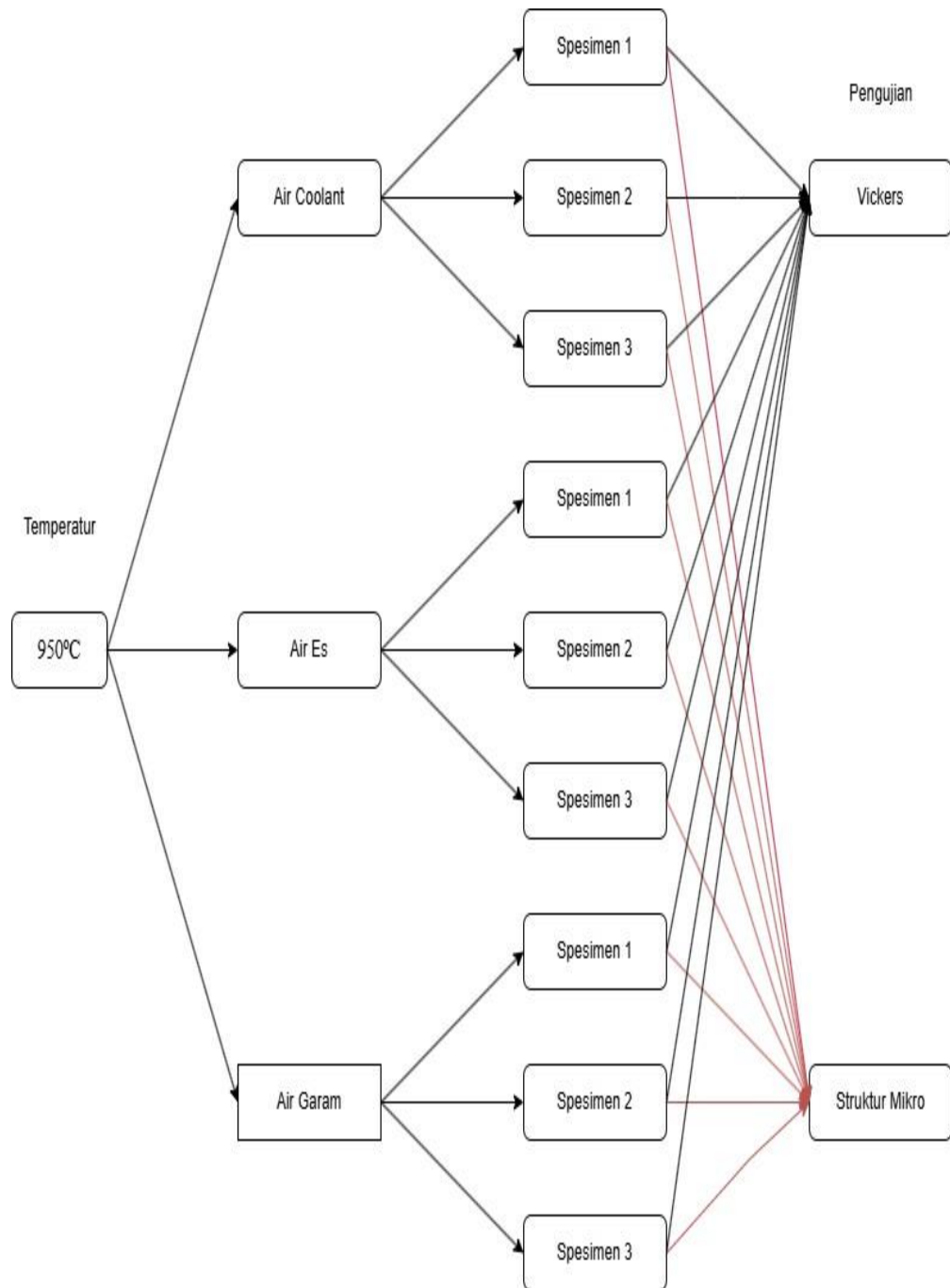
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Rancangan Eksperimen



3.2.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan dari penelitian yang pernah dibuat sebelumnya. Tujuannya untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan penelitian, dimana kegiatan yang dilakukan adalah mencari referensi dari jurnal dan hasil penelitian terdahulu.

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul Skripsi	Metode	Hasil
1	Pasongli, Anjasfian (2023)	Karakterisasi <i>carburizing</i> baja AISI 1020 menggunakan laju alir gas elpiji pada temperatur 700°C terhadap variasi media <i>carburizing</i> .	Carburizing baja AISI 1040, Suhu 850°C, <i>Holding Time</i> 30 menit, Media <i>quenching</i> air garam, air dan oli.	Asli : 250 HV Air : 368.2 HV Garam : 334.7 HV Oli : 273.4 HV
2	Rahmadani, Risky (2020)	Pengaruh perlakuan panas <i>hardening</i> pada temperatur 840°C dengan media pendingin oli SAE 20W – 40W terhadap struktur mikro dan sifat mekanis baja AISI 1045.	Baja AISI 1045, Temperatur 840°C, <i>Holding Time</i> 30 menit, Media <i>quenching</i> oli.	Asli: 15.67 HRC Oli : 22.67 HRC

3.3 Alat Dan Bahan

1. Fluidized Bed Furnace



Gambar 3. 1 Fluidized Bed Furnace

(Sumber : Rizky, 2024)

Alat ini digunakan sebagai tempat proses *surface hardening* berupa *carburizing* pada material baja AISI 1042 yang akan dilakukan penelitian. Proses penelitian dilaksanakan di laboratorium material Teknik Mesin S-1 ITN Malang.

2. Seling



Gambar 3. 2Gambar 3.4 seling

(Sumber : Izza, 2023)

Alat yang digunakan untuk mengangkat spesimen setelah dilakukan proses *carburizing*.

3. Mesh



Gambar 3. 3Gambar 3.5 Mesh ukuran 120

(Sumber : Izza, 2023)

Untuk menyaring pasir alumina agar didapat sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

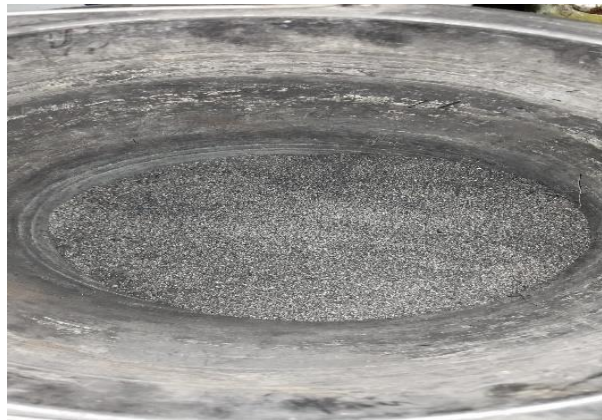
4. Baja AISI 1042



Gambar 3. 4 Baja AISI 1042

(Sumber : Rizky, 2024)

5. Pasir Alumina



Gambar 3. 5 Pasir Alumina

(Sumber : Rizky, 2024)

6. Gas Propana



Gambar 3. 6 Gas Propana

(Sumber : Rizky, 2024)

Gas propana digunakan saat proses *carburizing* di dapur *fluidized bed furnace* dengan kandungan 3,08 % C_3H_8 dan tekanan 1,6 barr atau 0,16 Kpa.

7. Gas Nitrogen



Gambar 3. 7 Gas Nitrogen

(Sumber : Rizky, 2024)

3.4 Penentuan Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variable yang digunakan antara lain :

- Variabel bebas :
 - a. Variasi Air *Coolant*
 - b. Variasi Air Garam
 - c. Variasi Air Es
- Variabel terikat :
 - a. Baja AISI 1042
 - b. Media Penyalur (Pasir Alumina) pada *Fluidized Bed Furnace*
 - c. Media *quenching* air es,air coolant dan air garam
- Variabel Terkontrol :
 - a. Temperatur *Carburizing* 950°C

3.5 Proses Pembuatan Sampel

3.5.1 Pembuatan Sampel Pengujian *Vickers*

1. Pengujian *vickers* serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Malang.
2. Menyiapkan sampel uji *vickers* mengacu ukuran standar ASTM E92, ukuran spesimen mengacu pada Standar ASTM E92 adalah panjang 15 mm, lebar 15 mm dan tebal 5 mm
3. Menempatkan sampel uji pada alat *vickers*
4. Memulai proses pengujian *vickers*
5. Mencatat data hasil pengujian *vickers*
6. Mengulangi dengan langkah-langkah yang sama untuk sampel uji selanjutnya



Gambar 3. 8 Spesimen vickers sebelum carburizing

(Sumber : Rizky, 2024)

Panjang Specimen = 15 mm
Lebar Spesimen = 15 mm
Tebal Spesimen = 5 mm

3.5.2 Pembuatan Sampel Pengujian Struktur *Micro*

- a. Pengujian struktur mikro serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
- b. Menyiapkan sampel uji struktur *micro* mengacu ukuran standar ASTM E407, ukuran spesimen mengacu pada standar ASTM E407 adalah panjang 15 mm, lebar 15 mm dan tebal 5 mm
- c. Menempatkan sampel uji pada alat struktur *micro*
- d. Memulai proses pengujian struktur *micro*
- e. Mencatat data hasil pengujian struktur *micro*
- f. Mengulangi dengan langkah-langkah yang sama untuk sampel uji selanjutnya



Gambar 3. 9 Spesimen struktur micro sebelum carburizing

(Sumber : Rizky, 2024)

Panjang Specimen = 15 mm

Lebar Spesimen = 15 mm

Tebal Spesimen = 5 mm

1. *Carburizing*



Gambar 3. 10 Carburizing

(Sumber : Rizky, 2024)

3.6 Pengujian spesimen

3.6.1 Pengujian *Vickers*

Uji kekerasan untuk menentukan kekerasan suatu *material* dalam bentuk daya tahan *material*.

1. Pengujian kekerasan *vickers* serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material, Institut Teknologi Malang.
2. Menyiapkan sampel uji *vickers*
3. Menempatkan sampel uji pada alat uji *vickers*
4. Memulai proses pengujian kekerasan *vickers*
5. Mencatat data hasil pengujian kekerasan *vickers* Mengulangi dengan langkah-langkah yang sama untuk sampel uji selanjutnya



Gambar 3. 11 Alat Uji Vikers

(Sumber : Rizky, 2024)

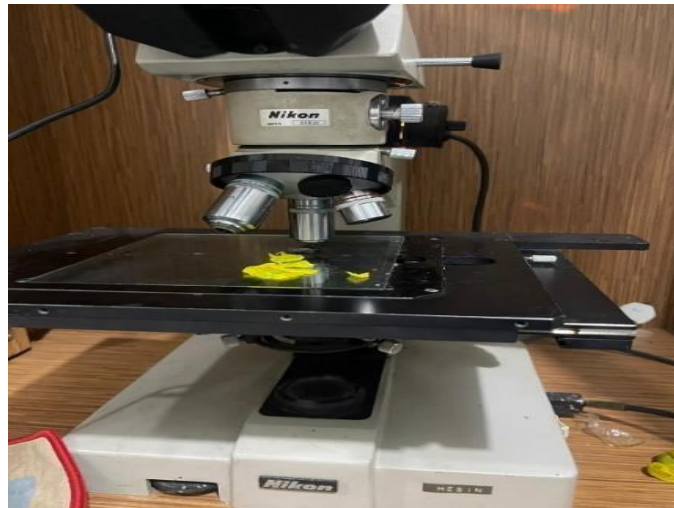
3.6.2 Uji Struktur *Micro*

Uji Struktur *Micro* untuk menentukan perlit dan ferrit suatu *material*.

1. Pengujian Struktur *micro* serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik universitas Merdeka Malang.
2. Menyiapkan sampel uji *micro*

3. Menempatkan sampel uji pada alat uji Struktur *micro*
4. Memulai proses pengujian Struktur *Micro*
5. Mencatat data hasil pengujian Struktur *micro*

Mengulangi dengan langkah-langkah yang sama untuk sampel uji selanjutnya



Gambar 3. 12 Uji Struktur Micro

(Sumber : Rizky, 2024)

3.7 Pengolahan Data Dan Pembahasan

Analisa pengolahan data dan pembahasan dilakukan menggunakan cara menulis hasil yang didapatkan dari eksperimen dimana hasil kuantitatif yang akan diolah dalam bentuk tabel dan grafik. Dan langkah selanjutnya mendeskripsikan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah di pahami dandi presentasikan sehingga pada intinya yaitu sebagai upaya memberi jawaban atau permasalahan yang diteliti dimana teknik pengambilan data berurutan.

3.8 Pengolahan Data Dan Pembahasan

Analisa pengolahan data dan pembahasan dilakukan menggunakan cara menulis hasil yang didapatkan dari eksperimen dimana hasil kuantitatif yang akan diolah dalam bentuk tabel dan grafik. Dan langkah selanjutnya mendeskripsikan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah di pahami dandi presentasikan sehingga pada intinya yaitu sebagai upaya memberi jawaban

atau permasalahan yang diteliti dimana teknik pengambilan data berurutan.

3.9 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan langkah akhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan yang berisi hal-hal penting sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian “ **PENGARUH MEDIA *QUENCING* PADA PROSES *CARBURIZING* BAJA AISI 1042 TERHADAP *VICKERS* DAN STRUKTUR *MICRO* ”.**

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Proses perlakuan panas *carburizing* dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin FTI-ITN Malang dengan material baja AISI 1042. Pengujian *micro vickers* dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin FTI-ITN Malang dan untuk pengujian struktur *micro* dilakukan di Laboratorium Universitas Merdeka Malang, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

4.2 Data Hasil Pengujian *Vickers*

Dari proses perlakuan panas *carburizing* temperatur 950°C *fluidized bed furnace* dengan variasi *quenching*, maka didapatkan data kekerasan yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada spesimen hasil perlakuan panas *carburizing*. Pada pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji *micro vickers* dengan beban 1 kgf dan waktu penekanan selama 10 detik. Data diambil sebanyak 3 titik dengan jarak 50 µm pertitik untuk mengetahui sejauh mana difusi *carbon* pada permukaan baja AISI 1042.

A. Data Pengujian Kekerasan *Raw Material*

Tabel 4. 1 Data Hasil *Vickers Raw Material*

Variasi	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai rata – rata kekerasan
<i>Raw Material</i>	193.8	193	199.4	195.4

Dari hasil uji kekerasan pada material tanpa perlakuan/*raw material* didapatkan pada titik 1 sebesar 193.8 HV, pada titik ke 2 sebesar 193 HV, dan pada titik ke 3 sebesar 199.4 HV dengan setiap titik memiliki jarak 50µm. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada titik ke 3 yaitu sebesar

199.4 HV. Oleh karena itu, hal ini sejalan dengan teori (Ismi Choerotin, 2023) yang menyatakan bahwa nilai kekerasan baja *AISI* 1042 dalam kondisi normalisasi berkisar antara 180-200 HV atau 10- 13 HRc. Terjadinya peningkatan atau penurunan nilai kekerasan yang ditemukan pada setiap titik pengujian baja *AISI* 1042 tanpa perlakuan memiliki nilai kekerasan yang berada dalam rentang 180-200 HV atau 10-13 HRc.

B. Data pengujian Kekerasan Air *Coolant*

Tabel 4. 2 Data Hasil *Vickers* Air *Coolant*

Variasi	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai rata – rata kekerasan
Air <i>Coolant</i>	929.2	948.5	966.0	947.9

Dari hasil pengujian kekerasan *micro vickers* didapatkan kekerasan pada *material* yang telah melalui proses *carburizing* pada 950°C dengan variasi *quenching* air *coolant* memiliki kekerasan sebesar 929.9 HV pada pada titik 1;948.5 HV pada titik 2 dan 966.0 HV pada titik 3. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu 966.0 HV berada pada titik 3. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan pada spesimen setelah proses *carburizing*.

komposisi kimia dalam material dapat menyebabkan perbedaan kekerasan. Contohnya adanya inklusi, segregasi unsur atau ketidak seragaman distribusi fasa dapat mempengaruhi sifat mekanik. Struktur mikro yang berbeda-beda, seperti ukuran butir, bentuk butir dan distribusi dislokasi, juga dapat menyebabkan perbedaan kekerasan. Butir yang lebih halus umumnya memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan butir yang lebih kasar.

C. Data pengujian Kekerasan Air Es

Tabel 4. 3 Data Hasil Kekerasan Air Es

Variasi	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai rata – rata kekerasan
Air Es	965.0	988.0	1013.5	988.3

Dari hasil pengujian kekerasan *micro vickers* didapatkan kekerasan pada *material* yang telah melalui proses *carburizing* pada 950°C dengan variasi *quenching* air es memiliki nilai kekerasan sebesar 965.0 HV pada titik 1; 988.0 HV pada titik 2 dan 1031.0 HV pada titik 3. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu 1031.0 HV berada titik 3. Hal ini menunjukkan adanya lapisan pada spesimen setelah proses *carburizing*.

komposisi kimia dalam material dapat menyebabkan perbedaan kekerasan. Contohnya adanya inklusi, segregasi unsur atau ketidak seragaman distribusi fasa dapat mempengaruhi sifat mekanik. Struktur mikro yang berbeda-beda, seperti ukuran butir, bentuk butir dan distribusi dislokasi, juga dapat menyebabkan perbedaan kekerasan. Butir yang lebih halus umumnya memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan butir yang lebih kasar.

D. Data pengujian Kekerasan Air Garam

Tabel 4. 4 Data Hasil *Vickers* Air Garam

Variasi	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai rata – rata kekerasan
Air Garam	856.7	875.1	876.5	869.4

Dari hasil pengujian kekerasan *micro vickers* didapatkan kekerasan pada *material* yang telah melalui proses *carburizing* pada 950°C dengan variasi *quenching* air garam memiliki nilai kekerasan sebesar 856.7 HV pada pada titik 1; 875.1 HV pada titik 2 dan 876.5 HV pada titik 3. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu 876.5 HV, berada pada titik 3. Hal ini menunjukkan adanya lapisan pada spesimen setelah proses *carburizing*.

komposisi kimia dalam material dapat menyebabkan perbedaan kekerasan. Contohnya adanya inklusi, segregasi unsur atau ketidak seragaman distribusi fasa dapat mempengaruhi sifat mekanik. Struktur mikro yang berbeda-beda, seperti ukuran butir, bentuk butir dan distribusi dislokasi, juga dapat menyebabkan perbedaan kekerasan. Butir yang lebih halus umumnya memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan butir yang lebih kasar.

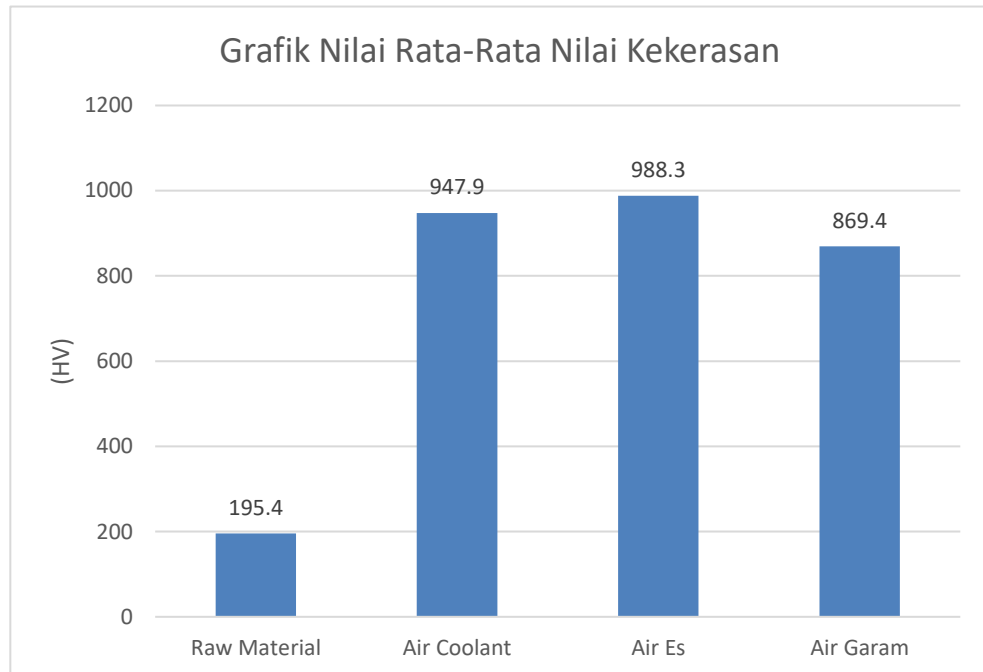
E. Data Nilai Rata - Rata Nilai Kekerasan

Tabel 4. 5 Tabel Nilai Rata-Rata Nilai Kekerasannya

Variasi <i>Quenching</i>	Nilai Rata-Rata Kekerasan Spesimen
<i>Raw Material</i>	195.4
<i>Air Coolant</i>	947.9
Air Es	988.3
Air Garam	869.4

Berdasarkan data nilai rata-rata pada di tabel 4.5 bahwa perlakuan *carburizing* yang dilakukan dengan penambahan media karbon aktif pasir alumina meningkat di bandingkan dengan tanpa perlakuan atau *raw material*. Rata-rata kekerasan untuk penambahan media karbon aktif pasir alumina adalah 947.9 HV pada variasi *quenching* air coolant, sedangkan untuk media *quenching* air es sebesar 988.3 HV dan variasi *quenching* air garam sebesar 869.4 HV. Berdasarkan pendinginan cepat yang dilakukan dari ketiga media tersebut menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. Untuk Pendingin yang paling baik untuk seluruh media *quenching* adalah Air Es.

F. Grafik Nilai Rata – Rata Nilai Kekerasan



Gambar 4. 1 Grafik Rata – Rata Nilai Kekerasan

(Sumber : Rizky, 2024)

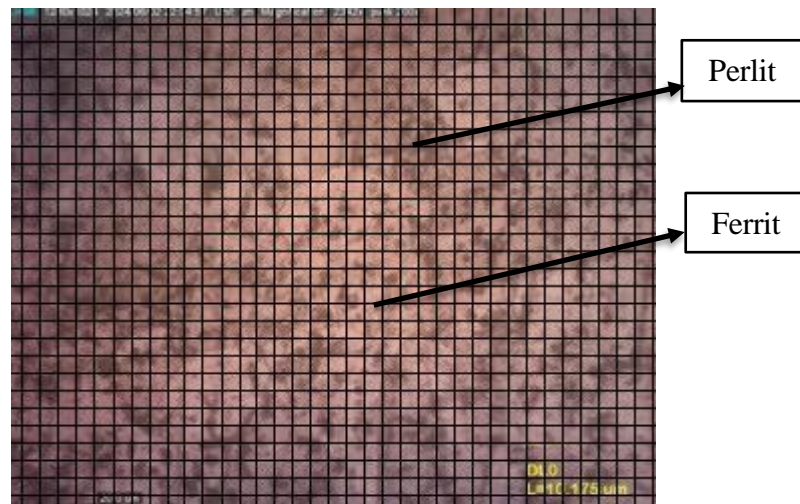
Pada grafik 4.1 menunjukkan proses *quenching* air *coolant*, air es dan air garam. Didapatkan nilai kekerasan tertinggi diperoleh proses *quenching* air es, diikuti oleh nilai kekerasan pada proses *quenching* air *coolant* dan nilai kekerasan terkecil didapatkan pada proses *quenching* di air garam. Proses *quenching* mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kekerasan spesimen, hal ini dikarenakan laju *quenching* akan mempengaruhi struktur *micro* yang terbentuk pada spesimen uji. Laju *quenching* pada proses *quenching* air sangatlah cepat sehingga terbentuk fasa perlit, ferrit dan martensit yang mempunyai kekerasan sangat tinggi. Pada sisi lain, proses *quenching* oli mengakibatkan terbentuknya fasa pearlit dan ferit yang lebih lunak dibandingkan *quenching* air. Maka dari itu nilai kekerasan paling rendah dimiliki oleh proses *quenching* oli. Jika meninjau hasil pengamatan struktur *micro*, proses *quenching* air es mempunyai struktur *micro* yang sama dengan proses *quenching* air *coolant*. Selain proses *quenching*, temperatur suhu juga mempengaruhi kekerasan pada spesimen uji.

4.3 Data Hasil Pengujian Struktur *Micro*

Dari proses perlakuan panas *carburizing* temperatur 950°C dalam *Fluidized Bed Furnace* dengan variasi *quenching* air *coolant*, air es dan air garam. Diperoleh data hasil pengujian struktur mikro yang dilaksanakan di Universitas Merdeka Malang.

A. *Raw Material*

Hasil pengujian struktur *micro* tanpa perlakuan panas atau *raw material* baja AISI 1042 menunjukkan struktur mikro awal yang mungkin terdiri dari campuran fase perlit dan ferrit. Perlit, yang merupakan campuran ferit dan sementit, biasanya cukup keras, sementara ferrit adalah fase yang relatif lunak. Kombinasi kedua fase ini menghasilkan sifat mekanis yang seimbang antara kekuatan dan kekerasan, membuat baja ini cocok untuk berbagai aplikasi teknik. Pengamatan lebih lanjut dengan penerapan perlakuan panas dapat memodifikasi struktur mikro dan sifat mekanisnya.



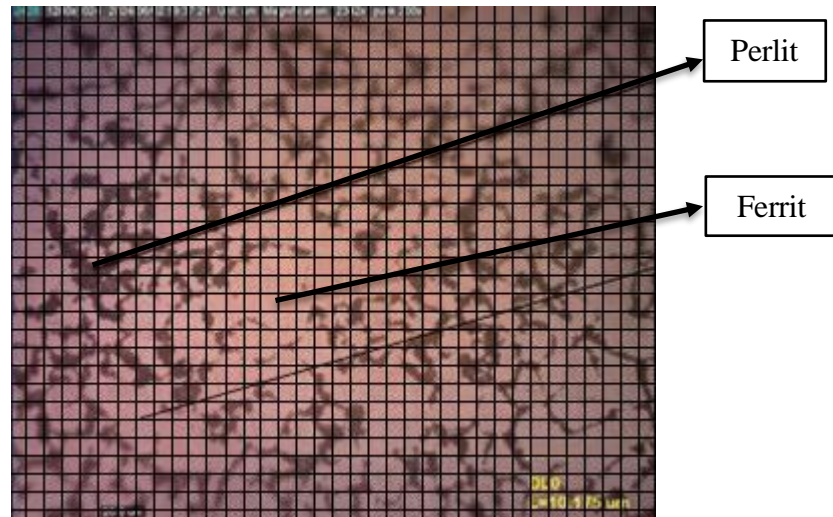
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian *Raw Material*
(Sumber: Rizky, 2024)

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro yang telah dilakukan perhitungan pada spesimen *raw material*, terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

- a. PERLIT : 34.397%
- b. FERRIT : 65.603%

Pada spesimen tanpa perlakuan, fasa yang dominan adalah ferit dibandingkan dengan perlit. Perlu dicatat bahwa hasil pengujian struktur *micro* pada baja AISI 1042 tanpa perlakuan akan memberikan gambaran mengenai kondisi awal baja.

B. *Quenching* Air Coolant



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Air Coolant
(Sumber: Rizky, 2024)

Berdasarkan hasil pengujian struktur *micro* yang telah dilakukan perhitungan pada spesimen variasi *quenching* air coolant, terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

- a. Perlit : 67,902%
- b. Ferrit : 32,096%

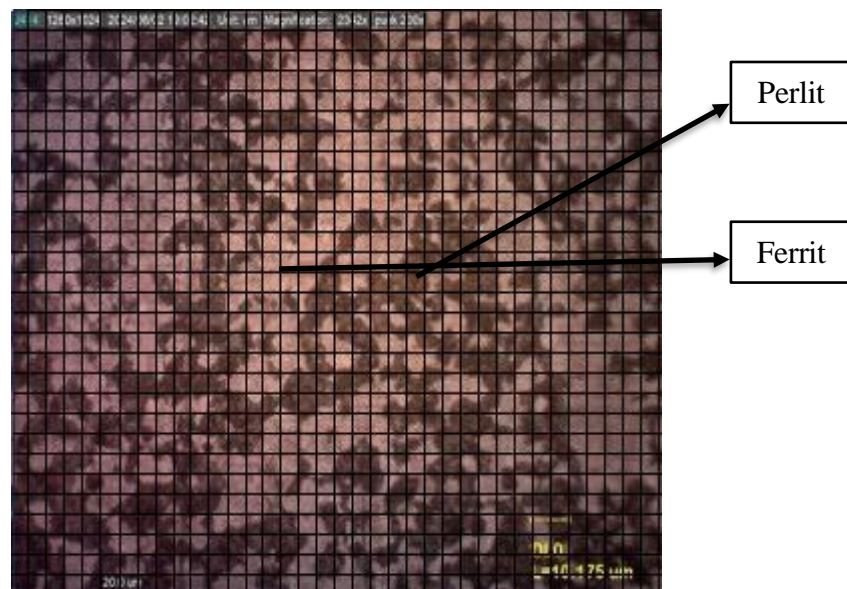
Pada spesimen dengan variasi *quenching* air coolant, fasa yang terbentuk adalah perlit dan ferrit. Pada spesimen ini, perlit lebih dominan dibandingkan ferrit, sehingga material ini memiliki sifat yang tangguh dan ulet.

Penggunaan variasi *quenching* air coolant pada temperatur 950°C merupakan laju pendinginan yang cukup tinggi, sehingga memungkinkan proses carburizing untuk menyediakan cukup karbon berdifusi dan pembentukan struktur *micro* yang lebih kompleks. Setelah proses perlakuan panas dan pendinginan yang cepat, struktur yang terbentuk adalah ferit, perlit, austenit, martensit dan bainit.

Pendinginan yang tinggi memungkinkan baja untuk melewati rentang suhu dengan perubahan fase yang cepat dan terkontrol, sehingga atom karbon dapat menyebar dan membentuk perlit, yang merupakan campuran dari ferit (fase besi α) dan sementit (Fe_3C). Dominasi perlit dalam spesimen ini mengindikasikan bahwa variasi *quenching* selama proses *carburizing* mendukung pembentukan struktur perlit yang lebih kuat. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan waktu *quenching* yang tepat dan kontrol suhu yang akurat sangat penting dalam proses *carburizing* untuk mencapai sifat material yang diinginkan, khususnya dalam hal peningkatan kekerasan dan ketahanan aus.

Struktur mikro dan kekerasan memiliki keterkaitan erat, di mana perlakuan panas yang dilakukan di atas suhu kristalisasi dapat mengubah struktur mikro atau membentuk struktur baru. Perubahan struktur mikro dan kandungannya akan mempengaruhi sifat mekanik semakin tinggi pada material. Pengujian kekerasan adalah salah satu metode pengujian mekanik yang dapat dilakukan. Penulis telah melakukan pengujian terhadap baja AISI 1042 dengan menggunakan perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasannya.

C. *Quenching* Air Es



Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Air Es
(Sumber: Rizky, 2024)

Berdasarkan hasil pengujian struktur *micro* yang telah dilakukan perhitungan pada spesimen *variasi quenching* air es, terdapat total jumlah fase sebagai berikut :

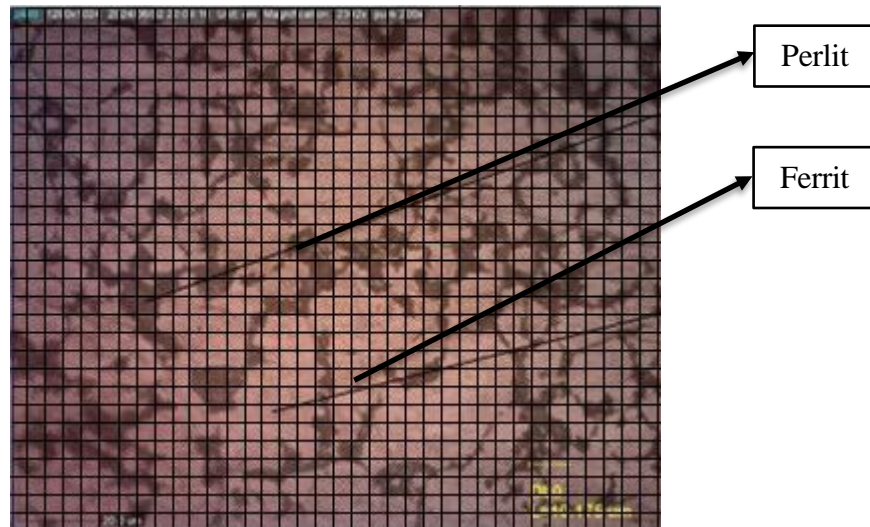
- a. PERLIT : 68,407%
- b. FERRIT : 31,593%

Pada spesimen dengan variasi *quenching* air es, fasa yang terbentuk adalah perlit dan ferrit. Pada spesimen ini, perlit lebih dominan dibandingkan ferrit, sehingga material ini memiliki sifat yang tangguh dan ulet.

Penggunaan variasi *quenching* air es pada temperatur 950°C merupakan laju pendinginan yang sangat tinggi, sehingga memungkinkan proses carburizing untuk menyediakan cukup karbon berdifusi dan pembentukan struktur *micro* yang lebih kompleks. Setelah proses perlakuan panas dan pendinginan yang sangat cepat, struktur yang terbentuk adalah ferit, perlit, austenit, martensit dan bainit. Pendinginan yang tinggi memungkinkan baja untuk melewati rentang suhu dengan perubahan fase yang cepat dan terkontrol, sehingga atom karbon dapat menyebar dan membentuk perlit, yang merupakan campuran dari ferit (fase besi α) dan sementit (Fe_3C). Dominasi perlit dalam spesimen ini mengindikasikan bahwa variasi *quenching* selama proses *carburizing* mendukung pembentukan struktur perlit yang lebih kuat. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan waktu *quenching* yang tepat dan kontrol suhu yang akurat sangat penting dalam proses *carburizing* untuk mencapai sifat material yang diinginkan, khususnya dalam hal peningkatan kekerasan dan ketahanan aus.

Struktur mikro dan kekerasan memiliki keterkaitan erat, di mana perlakuan panas yang dilakukan di atas suhu kristalisasi dapat mengubah struktur mikro atau membentuk struktur baru. Perubahan struktur mikro dan kandungannya akan mempengaruhi sifat mekanik semakin tinggi pada material. Pengujian kekerasan adalah salah satu metode pengujian mekanik yang dapat dilakukan. Penulis telah melakukan pengujian terhadap baja AISI 1042 dengan menggunakan perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasannya.

D. *Quenching* Air Garam



Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Air Garam
(Sumber: Rizky, 2024)

Berdasarkan hasil pengujian struktur *micro* yang telah dilakukan perhitungan pada spesimen variasi *quenching* air garam, terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

- a. PERLIT : 60,957%
- b. FERRIT : 39,043%

Penggunaan variasi *quenching* air garam pada temperatur 950°C merupakan laju pendinginan yang cukup tinggi, sehingga memungkinkan proses carburizing untuk menyediakan cukup karbon berdifusi dan pembentukan struktur *micro* yang lebih kompleks. Setelah proses perlakuan panas dan pendinginan yang cepat, struktur yang terbentuk adalah ferit, perlit, austenit, martensit dan bainit. Pendinginan yang tinggi memungkinkan baja untuk melewati rentang suhu dengan perubahan fase yang cepat dan terkontrol, sehingga atom karbon dapat menyebar dan membentuk perlit, yang merupakan campuran dari ferit (fase besi α) dan sementit (Fe_3C). Dominasi perlit dalam spesimen ini mengindikasikan bahwa variasi *quenching* selama proses *carburizing* mendukung pembentukan struktur perlit yang lebih kuat. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan waktu *quenching* yang tepat dan kontrol suhu yang akurat sangat penting dalam proses *carburizing* untuk mencapai sifat material yang diinginkan, khususnya dalam hal peningkatan kekerasan dan ketahanan aus.

Struktur mikro dan kekerasan memiliki keterkaitan erat, di mana perlakuan panas yang dilakukan di atas suhu kristalisasi dapat mengubah struktur mikro atau membentuk struktur baru. Perubahan struktur mikro dan kandungannya akan mempengaruhi sifat mekanik semakin tinggi pada material. Pengujian kekerasan adalah salah satu metode pengujian mekanik yang dapat dilakukan. Penulis telah melakukan pengujian terhadap baja AISI 1042 dengan menggunakan perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasannya.

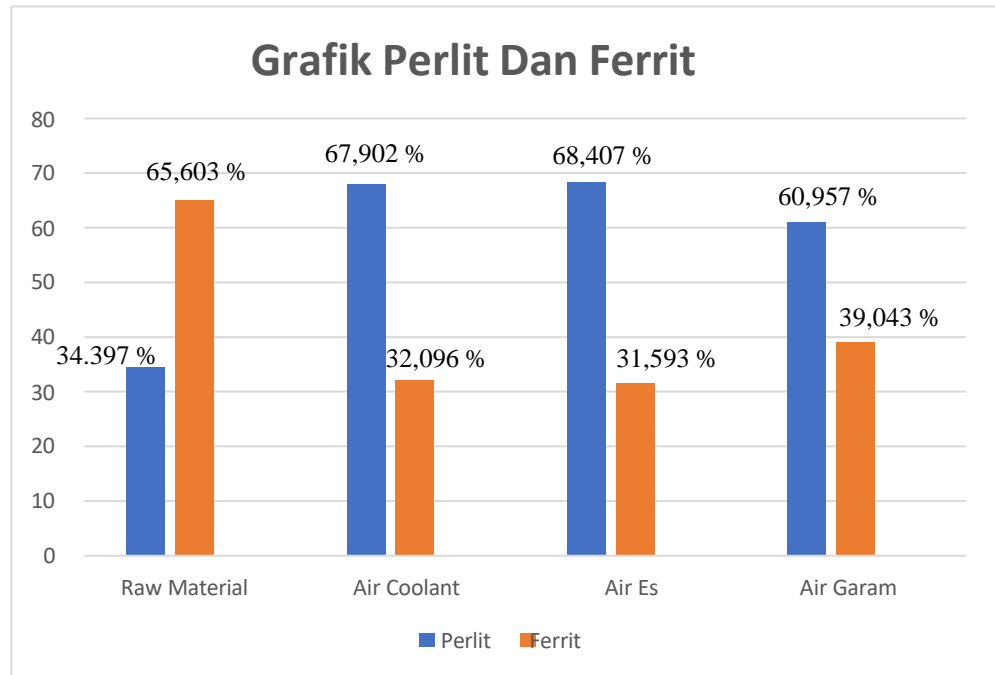
E. Data Hasil Perlit Dan Ferrit Struktur *Micro*

Tabel 4. 6 Data Hasil Perlit Dan Ferrit Struktur *Micro*

Variasi <i>Quenching</i>	Perlit	Ferrit
<i>Raw Material</i>	34.397 %	65.603 %
Air Coolant	67,902 %	32,096 %
Air Es	68,407 %	31,593 %
Air Garam	60,957 %	39,043 %

Berdasarkan data nilai pada di tabel 4.6 bahwa perlakuan *carburizing* yang dilakukan dengan penambahan media karbon aktif pasir alumina meningkat di bandingkan dengan tanpa perlakuan. Nilai perlit dan ferrit untuk penambahan media karbon aktif pasir alumina adalah 67.902 % ferrit;32.096 % perlit pada variasi quenching air coolant, sedangkan untuk media *quenching* air es sebesar 68.402 % perlit; 31.593 % ferrit dan variasi *quenching* air garam sebesar 60.957 % perlit;39.043 ferrit. Berdasarkan pendinginan cepat yang dilakukan dari ketiga media tersebut menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. Untuk *quenching* yang paling baik untuk seluruh media *quenching* adalah Air Es.

F. Grafik Perlit Dan Ferrit



Gambar 4. 6 Grafik Perlit Dan Ferrit

(Sumber : Rizky, 2024)

Presentase perlit dan ferrit dari grafik 4.2 dapat dicari dengan cara mengolah gambar struktur *micro* menggunakan *image processing software Image-J* yang ditunjukkan oleh gambar 4. 1- 4. 4. Dari gambar struktur *micro* spesimen dengan proses *quenching* air *coolant*, air es dan air garam, ferrit ditunjukkan dengan daerah yang berwarna putih. Luasan daerah perlit dan ferrit kemudian dihitung oleh program dan didapatkan hasil yang disajikan pada tabel 4. 6. Dari tabel 4. 6 dapat disimpulkan bahwa bertambahnya percepatan *quenching* akan menyebabkan berkurangnya ferrit yang ada pada spesimen. Hal ini dikarenakan bahwa pada temperatur 800°C ferrit memiliki cacat yang disebabkan oleh proses forging. Cacat ini mengakibatkan resistansi pembentukan perlit oleh ferrit pada saat proses *quenching* (Kharisma Yuko Rasyidy dan Suwarno, 2017).

4.4 Analisa Dan Pembahasan

Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian

Variasi <i>Quenching</i>	Kekerasan (HV)	Perlit	Ferrit
<i>Raw Material</i>	195.4	34.397 %	65.603 %
Air Coolant	947.9	67,902 %	32,096 %
Air Es	988.3	68,407 %	31,593 %
Air Garam	869.4	60,957 %	39,043 %

Dari data pengujian kekerasan di atas menunjukkan bahwa yang memiliki nilai tertinggi pada media *quenching* air es yaitu memiliki rata-rata 988.3 HV dan nilai terendah pada media *quenching* air garam yaitu 869.4 HV karena penyebaran karbon terjadi terlalu cepat pada spesimen tersebut.

Perlakuan panas, struktur mikro dan kekerasan memiliki keterkaitan erat, di mana perlakuan panas yang dilakukan di atas suhu kristalisasi dapat mengubah struktur mikro atau membentuk struktur baru. Perubahan struktur mikro dan kandungannya akan mempengaruhi sifat mekanik material. Pengujian kekerasan adalah salah satu metode pengujian mekanik yang dapat dilakukan. Penulis telah melakukan pengujian terhadap baja AISI 1042 dengan menggunakan perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasannya. Pendapat ini didasarkan pada referensi dari (Nanulalita, 2012) yang menyatakan bahwa metode perlakuan panas dapat digunakan untuk meningkatkan keuletan dan kekerasan baja.

Hubungan antara struktur mikro dengan kekerasan menunjukkan bahwa struktur mikro suatu bahan mempengaruhi kekerasan bahan tersebut. Struktur yang lebih padat dan teratur cenderung lebih keras dibandingkan dengan struktur yang kurang teratur. Uji kekerasan digunakan untuk mengukur ketahanan baja terhadap goresan (Ayu Laksmi, 2024).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Dari data yang didapat setelah pengujian vickers bahwa variasi media *quenching* air *coolant*, air es dan air garam berpengaruh terhadap hasil kekerasan yang didapat, maka semakin cepat laju *quenching* yang diberikan semakin meningkat pula nilai kekerasannya. Dapat disimpulkan nilai kekerasan tertinggi diperoleh proses *quenching* air es, diikuti oleh nilai kekerasan pada proses *quenching* air *coolant* dan nilai kekerasan terkecil didapatkan pada proses *quenching* di air garam.
2. Setelah dilakukan proses *carburizing* dan *quenching* air *coolant*, air es dan air garam tampak adanya perubahan jumlah perlit dan ferit setelah dilakukan pengamatan struktur *micro*. Dijelaskan hasil struktur perlit (%) yang tertinggi ialah Semakin cepat laju pendinginan yang dilakukan, sehingga menghasilkan presentase perlit yang semakin meningkat dan struktur ferrit yang semakin menurun. Dimana struktur perlit yang semakin meningkat menyebabkan sifat material yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jika variasi *quenching* yang semakin sedikit/singkat maka struktur ferrit lebih banyak dibandingkan struktur *micro* perlit. itu di sebabkan juga pengaruh variasi media pendinginan dimana didapatkan struktur mikro lebih kecil *quenching* air garam.

5.2 SARAN

1. Pada penelitian yang akan datang, disarankan agar penggunaan *fluidized bed furnace* dilakukan dengan kalibrasi ulang. Hal ini penting untuk memastikan bahwa hasil dari penelitian perlakuan panas dapat mencapai tingkat optimal yang diharapkan.
2. *Fluidized bed furnace* sebaiknya diletakkan di tempat terbuka atau di luar ruangan untuk menghindari resiko paparan gas beracun serta kemungkinan terjadinya kebakaran.

3. Agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal pada penelitian berikutnya, maka disarankan perlu mengatur laju alir dan waktu penahan *Quenching*, karena waktu penahan *Quenching* sangat berpengaruh pada hasil perlit dan ferrit

DAFTAR PUSTAKA

- Rimpung, I. Ketut. "Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja (St. 42) Dengan Perlakuan Panas 800° C Menggunakan Metode Vickers Di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali." Vol.17, no.1
- Syaifullah, M., Subhan, M., & Juanda, J. (2021). Pengaruh Air Garam Sebagai Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Pada Proses Pengerasan Baja ST 60. *Jurnal Syntax Admiration*, vol.2, no.8
- Subhan, M. (2020, November). PENGARUH SERBUK KARBON, ANTRASIT, ARANG KAYU PADA PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP KEKERASAN BAJA AMUTIT. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, Vol.6, No.1
- Utama, A. R. S., Wahab, A., & Robbi, N. (2017). Pengaruh temperatur dan holding time dengan pendingin yamacoolant terhadap baja ASSAB 760. *Jurnal Teknik Mesin*, vol.6 no.1
- Sopiyan, S., Basori, B., & Susetyo, F. B. (2020). The Effect Of Water Temperature As Quenching Media On The Characteristics Of HV 350 Weld Deposits. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol.14 no.2
- Haryadi, G. D., Utomo, A. F., & Ekaputra, I. M. W. (2021). Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Dan Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI 1045. *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.16, no.2
- Laksmi, N. K. W. A., Widi, I. K. A., & Sutrisno, T. A. (2024). Pengaruh Media Pendingin Pada Kekerasan Dan Struktur Mikro Hardening Baja ST 42. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, vol.4 no.1
- Luisetiawan, A. D., Hartono, P., & Choitotin, I. (2023). ANALISIS VARIASI HOLDING TIME DAN MEDIA PENDINGIN PROSES HARDENING DAN TEMPERING PADA BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO. *Jurnal Teknik Mesin*, vol.18 no.5
- Rasyidy, K. Y. Pengaruh Temperatur Austenisasi Dan Proses Pendinginan Terhadap Struktur mikro Dan Sifat Mekanik Baja Paduan 05ccrmnsi.
- Sujita, S. (2016). Proses pack carburizing dengan media carburizer alternatif serbuk arang tongkol jagung dan serbuk cangkang kerang mutiara. *Mechanical*, vol.7 no.2

- Rosalia, O. (2016). *Pengaruh Variasi Waktu Tahan Solution Treatment Dan Aging Terhadap Perubahan Mikro Struktur Serta Kekerasan Copperized-AISI 1006* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- IMANI, R. (2023). *STUDI SIFAT MEKANIS PENGARUH MEDIA PENDINGIN DENGAN METODE PACK CARBURIZING BAJA ST 41 UNTUK PEMBUATAN MATA PISAU PENEKUK PLAT* (Doctoral dissertation, Universitas Pancasakti Tegal).
- Majanasastra, R. B. S. (2013). Analisis Simulasi Uji Impak Baja Karbon Sedang (AISI 1045) dan Baja Karbon Tinggi (AISI D2) Hasil Perlakuan Panas. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol.1, no.2
- Apriatun, A., Taufikurahman, T., & Sundari, E. (2021). Analisa pengaruh waktu penahanan pada proses pack carburizing terhadap kekerasan baja karbon rendah ST 37. *MACHINERY: Jurnal Teknologi Terapan*, vol.2, no.1
- Luisetiawan, A. D., Hartono, P., & Choirotin, I. (2023). ANALISIS VARIASI HOLDING TIME DAN MEDIA PENDINGIN PROSES HARDENING DAN TEMPERING PADA BAJA AISI 1042 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO. *Jurnal Teknik Mesin*, vol.18, no.5

LAMPIRAN I
BIODATA PENULIS

Nama : RIZKY AKBAR MAULANA

Tempat, Tanggal Lahir : 2011093

Jenis Kelamin : LAKI - LAKI

Agama : ISLAM

Status : MAHASISWA

Alamat : JLN LUMBU TIMUR 1 NO 184, KELURAHAN
BOJONG RAWALUMBU, KECAMATAN
RAWALUMBU, KOTA BEKASI, JAWA BARAT



No. HP : 0821250273650

Email : rizkyakbar04082003@gmail.com

I. PENDIDIKAN FORMAL

Periode (Tahun)			Sekolah / Institusi	Jurusan / Kejuruan
2009	-	2015	SDN SEPANJANG JAYA 6 KOTA BEKASI	UMUM
2015	-	2018	SMPN 2 KOTA BEKASI	UMUM
2018	-	2020	SMAI PB SOEDIRMAN 1 KOTA BEKASI	AKSELERASI MIPA

II. PENDIDIKAN INFORMAL

NO	NAMA KURSUS/PELATIHAN	PERIODE	TEMPAT
1	Praktek Kerja Nyata (PKN)	24 Juli – 1 September 2024	PT WIJAYA KARYA INDUSTRI & KONSTRUKSI
2			

LAMPIRAN II
SURAT DOSEN PEMBIMBING



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 07 Maret 2024

Nomor : ITN-83/I.TA/2024
Lampiran :
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. **Gerald Adityo Pohan, ST., M. Eng**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di Malang

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara Mahasiswa :

Nama : **RIZKY AKBAR MAULANA**

Nim : **2011093**


Jurusan : Teknik Mesin

Program studi : Teknik Mesin (S1)

Maka dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal/bulan :

07 Maret s/d 07 Agustus 2024

Adapun tugas tersebut untuk menempuh Ujian Akhir Program Sarjana S1.
Demikian atas perhatian serta kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Mesin SI

Dr. **Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.**
NIP. P 1031400477

Tembusan Kepada Yth:
1. Bapak/Ibu Dosen FTI ITN Malang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

LAMPIRAN III

SERTIFIKAT BAJA AISI 1042



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONGBUK, KOREA(573-711)

Date : 2017-04-20
Cert. No. : 201704-207465
Customer :
Heat No. : 269824

MILL CERTIFICATE

Steel Grade : AISI 1042/ST42
Shape of Product : PLATE SHEET
Delivery Condition : FOUR SQUARE PLATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(0A)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)
Size (mm) : 1 - 100
Length (mm) : 2,400
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1

Inspection Items		Chemical Composition (wt. %)				
		C	SI	MN	P	S
		x 100	x 100	x 100	x 100	x 1000
Spec.	Min.	15	15	3		
	Max.	35	25	6	3	35
	Result	30	25	4	MAX	MAX
Inspection Items		Product Hardness (HB)				
		SURFACE 160 HB				

Mechanical Properties AISI 1042/ST42

Mechanical Properties	Symbol	Steel
Young's modulus (GPa)	<i>E</i>	190 - 210
Poisson's ratio	<i>v</i>	0,26
Density (Kg/m ³)	<i>P</i>	7.860
Yield strength (MPa)	<i>S_y</i>	205 - 245
Tensile strength (MPa)	<i>S_t</i>	400 - 510
Elongation (%)		27 - 30
Hardness (Hb)	<i>H_b</i>	160

<<Remarks>>

B/DS : 4

----- End of report -----

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.	Certified by Manager of Quality Assurance Dept
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

LAMPIRAN IV

DATA HASIL PENELITIAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya Karanglo Km.2 Telp.(0341) 417636 Ext. 511 Malang

HASIL UJI KEKERASAN VIKERS

Nomor : ITN-008/Lab PM/VII/2024
Nama : RIZKY AKBAR MAULANA
Tanggal Pengujian : 17 Juli 2024
Pekerjaan : Skripsi
Spesimen : AISI 1042

Variasi	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai Rata – Rata kekerasan
Raw Material	193.8	193	199.4	195.4
<i>Air Coolant</i>	929.2	948.5	966.0	947.9
Air Es	965.0	988.0	1013.5	988.3
Air Garam	856.7	875.1	876.5	869.4


Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
NIP.P 103 21 00598

LAMPIRAN VI DOKUMENTASI PENELITIAN



