

**PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

Nama : ADITYA NAUFAL RAMADHANI

NIM : 2011021

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

2024

**PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

Nama : ADITYA NAUFAL RAMADHANI

NIM : 2011021

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

2024

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI
PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO



Disusun Oleh :

Nama : ADITYA NAUFAL RAMADHANI

NIM : 2011021

Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing 1

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

Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing 2

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



Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.
NIP. 197706152005012002

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

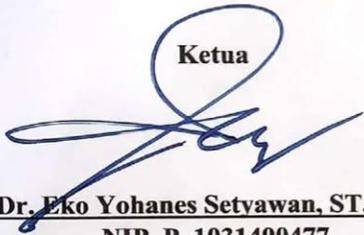
Nama : Aditya Naufal Ramadhani
NIM : 2011021
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Kripsi jenjang Strata Satu (S-1) pada :

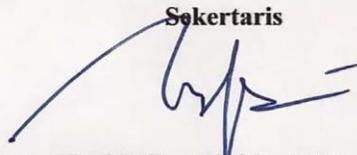
Hari : Jum'at
Tanggal : 16 Agustus 2024
Dengan Nilai : 86,70

Panitian Penguji Skripsi

Ketua

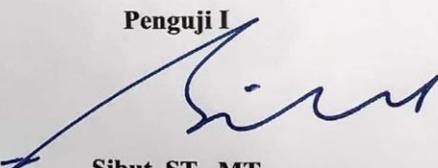

Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. P. 1031400477

Sekertaris

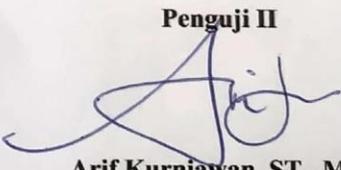

Tutut Nani Prihatmi, SS., S.PD., M.Pd.
NIP. P. 1031500493

Anggota Penguji

Penguji I


Sibut, ST., MT.
NIP. Y. 1030300379

Penguji II


Arif Kurniawan, ST., MT.
NIP. P. 1031500491

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aditya Naufal Ramadhani

NIM : 2011021

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul “ **PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO** “ 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, 16 Agustus 2024



Aditya Naufal Ramadhani

NIM.2011021

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 sekaligus selaku dosen pembimbing 1 skripsi
4. Bapak Tito Arif Sutrisno, S. Pd., MT. selaku dosen pembimbing 2 skripsi
5. Bapak Sibut, ST., MT. selaku dosen penguji 1 skripsi
6. Bapak Arif Kurniawan, S.T., M.T selaku dosen penguji 2 skripsi
7. Orang tua serta keluarga, yang telah memberikan do'a, semangat, dukungan dan motivasi serta telah membiayai selama kuliah demi terselesaikannya skripsi ini
8. 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, 16 Agustus 2024

Penulis

ADITYA NAUFAL RAMADHANI

NIM. 2011021

PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

Aditya Naufal Ramadhani¹, Eko Yohanes Setyawan², Tito Arif Sutrisno³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang,
Indonesia

Email: adityanaufal217@gmail.com

ABSTRAK

Carburizing adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda yang dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja. Penelitian mengenai Proses karburisasi baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dengan variasi suhu terhadap pengujian struktur mikro, kekerasan dan impact tentu sangat menarik. Serbuk Alumina adalah salah satu media karburasi yang dapat digunakan dalam proses *carburizing*. Serbuk alumina adalah bahan keramik tahan aus, dan banyak digunakan dalam industri penyemprotan termal dan dalam memproduksi komponen mesin tekstil yang tahan aus. Pengaruh variasi suhu pada perlakuan *carburizing* pada baja aisi 1042 terhadap pengujian struktur mikro, kekerasan dan impact. Variasi suhu yang digunakan yaitu 700°C, 800°C, dan 900°C. Hasil pengujian struktur mikro dapat dijelaskan Semakin tinggi suhu yang berikan maka semakin tinggi kandungan perlitnya. Nilai kekerasan yang diperoleh pada variasi suhu 900°C mencapai 755,86 HV, yang menunjukkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi awal bahan baku/*raw material*. Begitupun dengan hasil uji impact membuktikan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin rendah harga impact yang di hasilkan.

Kata kunci: *carburizing*, baja AISI 1042, variasi suhu, uji struktur mikro, uji *vickers*, uji impact *charpy*.

**PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN
CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

Aditya Naufal Ramadhani¹, Eko Yohanes Setyawan², Tito Arif Sutrisno³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang,
Indonesia

Email: adityanaufal217@gmail.com

ABSTRACT

Carburizing is the process of adding carbon to the surface of objects carried out by heating the workpiece in an environment that contains a lot of activated carbon, so that carbon diffuses into the steel surface. Research on the carburization process of AISI 1042 steel using alumina powder media with temperature variations on microstructure, hardness and impact testing is certainly very interesting. Alumina powder is one of the carburizing media that can be used in the carburizing process. Alumina powder is a wear-resistant ceramic material, and is widely used in the thermal spraying industry and in producing wear-resistant textile machinery components. The effect of temperature variation on carburizing treatment of aisi 1042 steel on microstructure, hardness and impact testing. The temperature variations used are 700°C, 800°C, and 900°C. The results of microstructure testing can be explained The higher the temperature given, the higher the pearlite content. The hardness value obtained at the 900°C temperature variation reached 755.86 HV, which shows a greater increase compared to the initial condition of the raw material. Likewise, the impact test results prove that the higher the temperature used, the lower the impact price produced.

Keywords: carburizing, AISI 1042 steel, temperature variation, microstructure test, vickers test, charpy impact test.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Klasifikasi Baja	11
2.2.1 Jenis – jenis Baja.....	13
2.2.2 Pengaruh Unsur Paduan.....	14
2.2.3 Pemilihan Baja.....	15
2.3 Struktur Mikro Baja.....	17
2.4 Sifat Mekanis Baja	26
2.4.1 Kekerasan.....	27
2.4.2 Ketangguhan	29
2.4.3 Keuletan	30

2.4.4 Kelelahan (<i>Fatigue</i>).....	31
2.5 Baja AISI 1042.....	32
2.6 Perlakuan Panas.....	33
2.7 Klasifikasi Proses <i>Heat Treatment</i>	34
2.7.1 <i>Thermal Treatment</i>	34
2.7.2 <i>Thermochemical Treatment</i>	36
2.8 Proses Perlakuan <i>Carburizing</i>	39
2.8.1 Macam – Macam Proses Karburisasi.....	42
2.9 <i>Fluidized Bed Furnace</i>	43
2.9.1 Suplai Gas Dalam <i>Fluidized Bed Furnace</i>	44
2.9.2 Media Pemanasan <i>Fluidized Bed Furnace</i>	46
2.9.3 Karakteristik <i>Fluidized Bed Furnace</i>	46
2.9.4 Parameter <i>Fluidized Bed Furnace</i>	47
2.10 Pengujian Yang Digunakan.....	48
2.10.1 Uji Stuktur Mikro.....	48
2.10.2 Uji Kekerasan (<i>Micro Vickers</i>).....	50
2.10.3 Uji Impak.....	51
BAB III METODE PENELITIAN.....	54
3.1 Rancangan Penelitian.....	54
3.2 Diagram Alir.....	55
3.3.1 Penjelasan Diagram Alir.....	56
3.3.2 Studi Literatur.....	56
3.3 Alat Dan Bahan.....	56
3.3.1 Alat.....	56
3.3.2 Bahan.....	59
3.4 Penentuan Variabel Penelitian.....	61
3.5 Proses Pembuatan Sampel.....	62
3.5.1 Pembuatan Sampel Pengujian Struktur Mikro.....	62
3.5.2 Pembuatan Sampel Pengujian Kekerasan (<i>Micro Vickers</i>).....	63
3.5.3 Pembuatan Sampel Pengujian Impak.....	64
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	66

4.1	Data Hasil Pengujian	66
4.1.1	Data Hasil Pengujian Struktur Mikro	66
4.1.2	Data Hasil Pengujian Kekerasan (Vickers)	69
4.1.3	Data Hasil Pengujian Impak	70
4.2	Analisa Data Dan Pembahasan.....	72
4.2.1	Analisa Data Dan Pembahasan Struktur Mikro	72
4.2.2	Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan	78
4.2.3	Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Impak.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN I BIODATA PENULIS		87
I. PENDIDIKAN FORMAL		87
II. PENDIDIKAN INFORMAL.....		87
LAMPIRAN II SURAT DOSEN PEMBIMBING		88
LAMPIRAN III DATA HASIL PENGUJIAN.....		90
LAMPIRAN IV DOKUMENTASI HASIL PENELITIAN		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe ₃ C.....	17
Gambar 2. 2 Diagram Time-Temperature-Transformations	18
Gambar 2. 3 Transformasi fasa <i>austenite</i> menjadi ferrit dan sementit melalui difusi	19
Gambar 2. 4 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i>	20
Gambar 2. 5 <i>Photomicrograph Austenite</i>	21
Gambar 2. 6 Batas ferit perbesaran 500x	22
Gambar 2. 7 Sementit perbesaran 1000x	23
Gambar 2. 8 <i>Microstructure of pearlite</i> perbesaran 2500x.....	24
Gambar 2. 9 Struktur mikro martensit	25
Gambar 2. 10 Struktur mikro bainit perbesaran perbesaran 500x	26
Gambar 2. 11 Pengujian <i>Rockwell</i>	28
Gambar 2. 12 Daerah Ketangguhan.....	30
Gambar 2. 13 Penentuan Tegangan <i>Plastic</i> Setelah Patah.....	31
Gambar 2. 14 Klasifikasi perlakuan panas.....	34
Gambar 2. 15 Prinsip utama dari perlakuan panas termokimia	37
Gambar 2. 16 Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi	40
Gambar 2. 17 Proses <i>Pack Carburizing</i>	41
Gambar 2. 18 Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom	42
Gambar 2. 19 Skema <i>fluidized bed furnace</i>	44
Gambar 2. 20 Ilustrasi <i>Suplay Gas</i> dalam <i>Fluidized Bed Furnace</i>	46
Gambar 2. 21 Diagram CCT Pengelasan Baja Karbon.....	49
Gambar 2. 22 Skema Perhitungan Energi Impak.....	52
Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian	54
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	55
Gambar 3. 3 <i>Fluidized Bed Furnace</i>	57
Gambar 3. 4 Seling.....	57
Gambar 3. 5 Mesh ukuran 120.....	58
Gambar 3. 6 Jangka sorong.....	58
Gambar 3. 7 Baja AISI 1042.....	59
Gambar 3. 8 Pasir Alumina.....	59
Gambar 3. 9 Gas Propana.....	60
Gambar 3. 10 Gas Nitrogen	61
Gambar 3. 11 Spesimen struktur mikro sebelum <i>carburizing</i>	63
Gambar 3. 12 Spesimen <i>vickers</i> sebelum <i>carburizing</i>	64
Gambar 3. 13 Spesimen Impak sebelum <i>carburizing</i>	65
Gambar 4. 1 Hasil Uji Struktur Mikro Raw Material	67
Gambar 4. 2 Hasil Uji Struktur Mikro suhu 700°C.....	67
Gambar 4. 3 Hasil Uji Struktur Mikro Suhu 800°C	68
Gambar 4. 4 Hasil Uji Struktur Mikro Suhu 900°C	68
Gambar 4. 5 Perhitungan persentase fasa sebelum <i>carburizing</i>	73

Gambar 4. 6 Perhitungan persentase fasa dengan suhu 700°C	74
Gambar 4. 7 Perhitungan persentase fasa dengan suhu 800°C	75
Gambar 4. 8 Perhitungan persentase fasa dengan suhu 900°C	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Hardness Table</i>	29
Tabel 2. 2 Unsur Kimia AISI 1042	32
Tabel 4. 1 Data hasil ferit dan perlit struktur mikro.....	69
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	70
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Impak	71

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Nilai Perlit dan Ferrit Uji Struktur Mikro.....	77
Grafik 4. 2 Hasil Rata – Rata Pengujian Kekerasan	80
Grafik 4. 3 Hasil Uji Impak.....	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia yang begitu dinamis disegala sisi, menjadi tantangan tersendiri bagi bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Penggunaan bahan logam secara terus menerus yang digunakan dalam kehidupan, terutama dalam bidang industri. Logam dimanfaatkan dalam setiap komponen mesin maupun konstruksi bangunan yang memperhatikan bahan, sifat, kekuatan, serta penggunaan. Logam membutuhkan proses pengolahan yang memperhatikan sifat yang dimiliki dengan menggunakan metode pengerjaan untuk memperoleh logam yang sesuai dengan bahan komponen yang diinginkan. Setiap bahan memiliki sifat yang berbeda, sifat bahan yang dimaksud pada logam adalah sifat fisis yang mencakup kondisi fisik, komposisi, dan struktur mikro sedangkan sifat mekanis, yang mencakup kekuatan tarik, modulus elastisitas, kemampuan muai, kekuatan tekan, kekuatan torsi, kekerasan serta kegetasan (Suharno dan Budi, 2015).

Carburizing adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda yang dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja. Pada temperatur *carburizing*, media karbon terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja dan meningkatkan kadar karbon pada permukaan baja. Pada proses perlakuan panas, termasuk *carburizing* selalu mengacu pada diagram fase yang berdasarkan pada karbon dari baja. Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon (Fe-C), besi dan karbon selain dapat membentuk larutan padat juga dapat membentuk senyawa karbid besi (Sementit, Fe₃C) (Wisnujati, 2017).

Baja AISI 1042 adalah jenis baja konstruksi, baja ini mempunyai kandungan karbon (C) 0,40-0,47%, jadi termasuk dalam baja karbon sedang. Metoda penambahan karbon padat merupakan cara yang paling sederhana untuk

meningkatkan kualitas baja AISI 1042, Hal ini karena proses permesinan yang mudah dan mampu dikeraskan dengan perlakuan panas. Ketika baja sudah menjadi komponen permesinan, dia akan dioperasikan secara terus menerus, dalam rentang waktu pengoperasian tersebut, akan menerima berbagai gaya luar, seperti gaya tarik, gaya tekan, dan gaya gesek. Untuk menghindari hal tersebut maka baja harus mempunyai sifat keras dan tetap ulet. Cara untuk mengubah sifat logam adalah *Heat Treatment*, yaitu proses yang bertujuan mengubah struktur bahan baja dengan cara dipanaskan pada temperatur *rekristalisasi*, menahan pada temperatur konstan, selanjutnya didinginkan pada media pendingin. Kekerasan yang mampu dicapai tergantung dari kadar karbon dalam baja sedang kekerasan yang diperoleh tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time* dan laju pendinginan .(Adji, 2022).

Serbuk Alumina atau Aluminium oksida adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3 , merupakan salah satu media karburasi yang dapat digunakan dalam proses *carburizing*. Serbuk alumina adalah bahan keramik tahan aus, dan banyak digunakan dalam industri penyemprotan termal dan dalam memproduksi komponen mesin tekstil yang tahan aus. Selain itu, bubuk alumina dapat dengan mudah dipadukan dengan logam dan bahan keramik lainnya menggunakan teknik *brazing* dan *metalizing* yang memiliki kandungan karbon yang tinggi dan sering digunakan sebagai bahan bakar dalam industri. Serbuk alumina memiliki massa jenis $3,89 \text{ gr/cm}^3$, titik leleh tinggi (2050°C). Penggunaan serbuk alumina dalam proses *carburizing* dapat memberikan hasil yang baik karena kandungan karbon yang tinggi dan sifat-sifat termalnya yang stabil, pada dasarnya media serbuk alumina didapatkan kadar karbon sebesar 18.727%.(Achmady, 2022).

Perubahan suhu akan mempengaruhi proses *heat treatment*, semakin tinggi temperatur pada proses *heat treatment* maka kekerasan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan mengalami perlakuan panas dan nilai tingkat karbon juga mengalami peningkatan tinggi seiring meningkatnya parameter suhu (Satria, D., dkk. 2019). Pengerasan yang dilakukan tidak melulu pada semua bagian baja,

terkadang pengerasan disesuaikan pada kebutuhan, misalnya pengerasan yang dilakukan hanya dipermukaan, dilakukan guna mendapatkan nilai kekerasan baik dipermukaan dan ulet pada inti baja demi mencegah terjadinya keausan pada benda (Negara, 2016). Salah satu cara mendapatkan kekerasan pada permukaan dan ulet pada inti baja yaitu dengan melakukan proses *Carburizing*.

Penelitian mengenai Proses karburisasi baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dengan variasi suhu terhadap pengujian struktur mikro ,kekerasan dan dampak tentu sangat menarik. Pada waktu 60 menit, ini merupakan waktu yang cukup untuk dilakukan proses karburisasi. Variasi suhu yang diterapkan juga penting karena mempengaruhi efektivitas penyerapan karbon pada baja. Dengan menggunakan variasi suhu, mungkin akan terjadi peningkatan dalam penyerapan karbon.

Pengaruh variasi suhu pada perlakuan carburizing pada baja aisi 1042 terhadap pengujian struktur mikro, kekerasan dan dampak menjadi penting untuk memahami pengaruh parameter-proses terhadap kekerasan permukaan dan ketahanan aus baja tersebut. Dengan memahami hubungan antara variabel-variabel tersebut, dapat dikembangkan parameter proses yang optimal untuk mencapai sifat-sifat mekanis yang diinginkan pada komponen-komponen yang dibuat dari baja AISI 1042. Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis menetapkan topik makalah yang berjudul “ **PENGARUH VARIASI SUHU PADA PERLAKUAN CARBURIZING BAJA AISI 1042 TERHADAP PENGUJIAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO** ”. Dengan adanya penelitian ini dapat menghasilkan data yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh proses *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap struktur mikro?

2. Bagaimana pengaruh proses *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap kekerasan permukaan?
3. Bagaimana pengaruh proses *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap impak?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan Rumusan di atas, berikut beberapa tujuan dalam penelitian.

1. Mengetahui pengaruh proses *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap struktur mikro.
2. Mengetahui pengaruh proses *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap kekerasan permukaan.
3. Mengetahui pengaruh proses *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap impak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diharap mampu memberikan manfaat bagi berbagai pihak :

1. Bagi akademis, memberikan pengetahuan mengenai *carburizing* pada Baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina.
2. Bagi masyarakat, dapat berguna sebagai pengetahuan mengenai penggunaan media serbuk alumina dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap kedalaman karburasi yang menggunakan material Baja AISI 1042 terhadap kedalaman karburisasi
3. Penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan membuat bahan *carburizing* pada baja AISI 1042 menggunakan media serbuk alumina

dalam waktu 60 menit dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C terhadap struktur mikro , kekerasan maupun impak.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mengatasi batas dalam pembahasan permasalahan dalam penelitian ini, maka perlu dilakukan batasan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Penggunaan Material dalam penelitian ini adalah material baja AISI 1042
2. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut :
 - a. Pengujian Struktur Mikro dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang
 - b. Pengujian Kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang
 - c. Pengujian Impak dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang
3. Standarisasi spesimen pengujian :
 - a. Spesimen uji Struktur Mikro menggunakan ASTM E407
 - b. Spesimen uji Kekerasan menggunakan standar ASTM E40D
 - c. Spesimen uji Impak menggunakan standar ASTM E23
4. Pembuatan spesimen uji dilakukan di Laboratorium Manufaktur Institut Teknologi Nasional Malang menggunakan mesin gerinda.
5. Proses *carburizing* dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Variabel yang digunakan pada penelitian ini :
 - Variabel Tetap yaitu waktu yang digunakan yaitu 60 Menit.
 - Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan adanya variabel terikat (Sugiyono, 2008). Variabel bebas tersebut menggunakan Suhu yang digunakan yaitu :
 - a. 700°C
 - b. 800°C

c. 900°C

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam menyusun skripsi ini penulis memperoleh data dengan menggunakan metode – metode sebagai berikut :

a. Metode Observasi

Yaitu metode pengumpulan data langsung dengan mendatangi laboratorium metalurgi pengujian di ITN Malang. Dalam metode ini penulis melihat cara perlakuan panas berupa *hardening* dengan metode *carburizing* serta bagaimana cara penggunaan dapur *fluidized bed* dengan baik.

b. Metode Wawancara

Yaitu metode pengumpulan data dengan cara tanya - jawab secara langsung dengan dosen pembimbing dan juga asisten laboratorium mengenai proses *carburizing* yang akan dilakukan pada penelitian ini.

c. Metode Kepustakaan

Yaitu metode pengumpulan data yang diambil dari jurnal, modul dan juga penelitian yang sebelumnya sudah pernah dilakukan. Dengan metode ini dapat menunjang data-data yang didapat agar lebih spesifik.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan ini disusun sebagai berikut :

A. BAB I : PENDAHULUAN

Bab I berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

B. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab II menjelaskan tentang teori – teori yang digunakan dalam pengambilan judul skripsi ini.

C. BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab III menjelaskan tentang rancangan metode penelitian yang akan dilakukan peneliti untuk mendapatkan data yang diinginkan.

D. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV merupakan perolehan data dari hasil pembahasan yang telah dilakukan penelitian.

E. BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V menguraikan kesimpulan dan saran – saran yang diperoleh dari hasil penelitian, agar dapat digunakan sebagai bahan penelitian berikut.

F. DAFTAR PUSTAKA

G. LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian I.W.Sujana I.K.A.Widi 2016 yang berjudul “Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor *Fluidized Bed*” Teknologi *fluidized bed* saat ini telah dimanfaatkan untuk proses perlakuan termokimia gas dalam menghasilkan kekerasan permukaan baja. Serbuk alumina dimanfaatkan sebagai media pada teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan transfer panas dari dinding dapur menuju ke spesimen baja dengan demikian akan menghasilkan peningkatan kualitas kekerasan permukaan. Namun kualitas pengerasan permukaan sangat ditentukan oleh paduan dari baja tersebut. Perbedaan unsur paduan bahan akan menghasilkan lapisan pasif yang berbeda pada permukaan masing-masing bahan tersebut sehingga tentunya akan mempengaruhi perbedaan transfer panas dipermukaan spesimen. Pada penelitian ini akan memanfaatkan berbagai jenis baja dengan paduan berbeda yaitu baja paduan rendah (baja perkakas), baja paduan tinggi (baja tahan karat) dan baja lapis paduan murni (baja hard khrom) yang akan diberi perlakuan didalam dapur *fluidized bed* dengan dan tanpa memanfaatkan serbuk alumina. Karakterisasi spesimen hasil proses ini akan diamati kualitas lapisan kerasnya dengan memanfaatkan pengujian distribusi kekerasan (metode *Vickers*), pengujian distribusi komposisi kimia (metode EDAX) dan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop *electron* dan *scanning electron microscope* (SEM). Hubungan dan peran serbuk alumina dan unsur paduan didalam baja akan memberikan informasi fenomena yang terjadi sehingga didapatkan suatu analisis yang tepat terhadap metode dalam menghasilkan peningkatan kualitas pengerasan permukaan termokimia.

Penelitian S. Wahyudi, 2022 yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Suhu Penahan Dengan Metode *Carburizing* Terhadap Kekerasan, Kedalaman Kekerasan dan Komposisi Baja ASTM A36” Pada penelitian ini spesimen

dilakukan sebuah perlakuan panas dengan metode *carburizing*. Pada proses carburizing menggunakan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C dengan waktu penahan selama 180 menit. Proses *carburizing* yang dimaksud merupakan menambah kadar karbon pada permukaan material baja ASTM A36, apabila kadar karbon pada permukaan bertambah, maka kekerasan permukaannya juga akan meningkat. Penambahan kadar nitrogen berguna untuk meningkatkan ketahanan aus pada baja. Akibat dari metode *carburizing* diharapkan baja memiliki sifat permukaan yang keras dengan inti yang tetap ulet dan memiliki ketahanan aus yang tinggi.

Penelitian M. Ichsan Fahreza, dkk (2017) yang berjudul “ Analisa Pengaruh Waktu Penahanan Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI 1050 Dengan Metode *Pack Carburizing*” dalam penelitian ini dilakukan proses perlakuan panas dengan penambahan unsur *carbon* pada lapisan luar baja untuk meningkatkan nilai kekerasan (Fahreza, Fakhriza, & Hamdani, 2017). Metode variasi yang dilakukan adalah 2 sampel (Sampel A1 dan A2) dimasukan dalam kotak yang sama dan ditimbun dengan arang kemudian dipanaskan pada suhu 820°C ditahan selama 60 menit kemudian sampel A1 *diquenching* menggunakan Oli dan sampel A2 *diquenching* menggunakan Air garam kemudian 2 sampel lagi (B1 dan B2) dimasukan dalam kotak dan ditimbun menggunakan arang dipanaskan dengan suhu yang sama namun di tahan dengan waktu yang berbeda yakni 90 menit kemudian sampel B1 *diquenching* menggunakan Oli dan Sampel B2 *diquenching* menggunakan Air Garam, dalam penelitian ini digunakan pengujian kekerasan *Hardness Rockwell Tesr Scale C* dimana nilai kekerasan paling tinggi sebesar 38.14 HRC ditunjukkan pada spesimen B2 dengan waktu penahanan selama 90 Menit pada suhu 820°C dan *diquenching* menggunakan air garam terdapat fasa pearlite dan martensit sehingga sampel pada B2 adalah sampel yang paling tinggi nilai kekerasannya pada kesimpulanya semakin lama waktu penahanan maka semakin banyak fasa martensit serta semakin naik nilai kekerasannya.

Penelitian Amalia Ulif Lestaringrum, (2022) yang berjudul “Analisa Variasi Temperatur *Carburizing* dan *Nitriding* Terhadap Kedalaman Kekerasan Pada Baja AISI 1050” dalam penelitian ini akan dilakukan proses pengerasan permukaan dengan cara perlakuan panas *carburizing* dan *nitriding*. Teknik pengerasan permukaan merupakan suatu proses untuk meningkatkan sifat kekerasan serta kinerja dari suatu komponen atau material. Kerusakan suatu material biasanya dimulai dari kerusakan pada permukaan material tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kedalaman kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan metode *Mikro Vickers* dan pengujian struktur mikro menggunakan metode SEM-EDS. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pada proses perlakuan panas *carburizing temperature* 700°C dan *nitriding* temperatur 500°C meningkatkan nilai kekerasan spesimen sebesar 320% dari kekerasan semula sebelum proses perlakuan panas. Dan berdasarkan data hasil uji SEM-EDS, hasil penambahan karbon tertinggi pada hasil proses perlakuan panas *carburizing* temperatur 700°C dan *nitriding* temperatur 500°C yakni sebesar 16.53% dari yang semula tanpa perlakuan panas sebesar 9.27%. Kadar karbon mengalami peningkatan sebesar 7.26%. (Ulif, 2022).

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.

Penelitian Rico Arifandi, 2021 yang berjudul “Pengaruh Media Arang Kayu Bakau Mangrove Dan Arang Kayu Asam Pada Proses Perlakuan *Carburizing* Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon St-37” Berdasarkan Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui bagaimana pengaruh media arang kayu mangrove dan arang kayu asam pada proses perlakuan *carburizing* terhadap struktur mikro baja karbon ST-37 dengan variasi waktu penahanan, mengetahui bagaimana pengaruh media arang kayu mangrove dan arang kayu asam pada proses perlakuan *carburizing* terhadap kekerasan baja karbon ST-37 dengan variasi waktu penahanan, mengetahui bagaimana pengaruh media arang kayu mangrove dan arang kayu asam pada proses perlakuan *carburizing* terhadap kekuatan impak baja karbon ST-37 dengan variasi waktu penahanan. Hasil dari uji komposisi kimia baja karbon ST-37 termasuk dalam kategori baja karbon rendah karena memiliki kadar karbon (C) senilai 0,05076% <0,30% (*Low Carbon Steel*) dan (Fe) kadar besi senilai 99,1793%. Kadar karbon memiliki pengaruh yang sangat tinggi terhadap nilai suatu bahan, kadar karbon yang rendah memiliki nilai kekerasan yang rendah dan lunak. Komposisi penyusun lainnya adalah Mangan (Mn) sebesar 0,4758%. Mangan memiliki sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan terhadap tekanan. Komposisi lainnya adalah *Silicon* (Si) sebesar 0.1438% yang akan menambah kekerasan pada baja.

2.2 Klasifikasi Baja

Baja merupakan logam paduan yang berbahan dasar besi serta unsur karbon sebagai paduannya. Kandungan karbon pada baja berkisar antara 0.2 – 2.1% sesuai dengan *grade*. Penambahan karbon yaitu berfungsi sebagai unsur penguat di dalam baja. Terdapat unsur paduan lain yang biasanya ditambahkan kedalam baja selain karbon yakni mangan, krom, vanadium serta nikel. Dengan melakukan variasi kandungan unsur paduan serta karbon di dalam baja bisa membuat berbagai

macam jenis baja dengan kualitas baja yang berbeda-beda pula. Penambahan unsur karbon pada baja mengakibatkan peningkatan kekerasan (*hardness*), kekuatan tarik (*tensile strength*), disisi lain penambahan unsur karbon pada baja juga membuatnya menjadi getas serta menurunkan tingkat keuletannya. Pengaruh utama dari unsur karbon dalam baja yakni pada kekuatan, kekerasan serta sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar mengakibatkan peningkatan kekerasan baja tetapi membuat baja menjadi getas serta sulit untuk dibentuk (Davis, 1982)

AISI 1042 adalah salah satu jenis baja karbon rendah yang didefinisikan oleh *American Iron and Steel Institute* (AISI). Berikut adalah beberapa karakteristik umum dari baja AISI 1042 :

1. **Kandungan Karbon Rendah:** Baja AISI 1042 memiliki kandungan karbon rendah, biasanya sekitar 0,4% hingga 0,5%. Kandungan karbon yang rendah membuatnya lebih mudah diolah dan memiliki kekuatan yang moderat.
2. **Kekuatan Sedang:** Baja AISI 1042 memiliki kekuatan sedang. Ini adalah baja yang biasanya digunakan dalam kondisi ternormalisasi atau diperkuat, dan memiliki kekuatan yang cukup untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam pembuatan komponen mesin dan struktur baja.
3. **Kekerasan dan Ketangguhan:** Baja AISI 1042 dapat dikeraskan dengan perlakuan panas atau pendinginan cepat setelah pemanasan. Ini dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan, tetapi dapat mengurangi ketangguhan. Namun, baja ini masih menawarkan kombinasi yang baik antara kekerasan dan ketangguhan, tergantung pada perlakuan panas yang diberikan.
4. **Kehalusan Butiran:** Kualitas kehalusan butiran pada baja AISI 1042 dapat mempengaruhi sifat mekanisnya. Proses perlakuan panas yang tepat dapat membantu mengoptimalkan struktur butirannya untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan.
5. **Mampu Diolah dengan Mudah:** Baja AISI 1042 memiliki sifat yang memungkinkannya untuk diolah dengan mudah, termasuk proses seperti pemesinan, pengelasan, dan pembentukan.

6. **Ketahanan terhadap Korosi:** Seperti baja karbon rendah pada umumnya, baja AISI 1042 cenderung rentan terhadap korosi. Perlindungan anti-korosi mungkin diperlukan tergantung pada lingkungan aplikasi.

2.2.1 Jenis – jenis Baja

1. Baja Karbon

Baja Karbon Baja karbon disebut juga *plain karbon steel*, mengandung terutama unsur karbon dan sedikit *silicon*, belerang dan pospor. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dibagi menjadi :

- Baja dengan kadar karbon rendah ($< 0,2\% \text{ C}$)

Baja ini dengan komposisi karbon kurang dari 2%. Fasa dan struktur mikronya adalah *ferrit* dan *perlit*. Baja ini tidak bisa dikeraskan dengan cara perlakuan panas (*martensit*) hanya bisa dengan pengerjaan dingin. Sifat mekaniknya lunak, lemah dan memiliki keuletan dan ketangguhan yang baik. Serta mampu mesin (*machinability*) dan mampu las (*weldability*) yang baik cocok untuk bahan bangunan konstruksi gedung, jembatan, rantai, *body* mobil.

- Baja dengan kadar karbon sedang ($0,1\%-0,5\% \text{ C}$)

Baja karbon sedang memiliki komposisi karbon antara 0,2%-0,5% C (berat). Dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dengan cara memanaskan hingga fasa austenit dan setelah ditahan beberapa saat didinginkan dengan cepat ke dalam air atau sering disebut *quenching* untuk memperoleh fasa yang keras yaitu *martensit*. Baja ini terdiri dari baja karbon sedang biasa (*plain*) dan baja mampu keras. Kandungan karbon yang relatif tinggi itu dapat meningkatkan kekerasannya. Namun tidak cocok untuk di las, dengan kata lain mampu las nya rendah. Dengan penambahan unsur lain seperti Cr, Ni, dan Mo lebih meningkatkan mampu kerasnya. Baja ini lebih kuat dari baja karbon rendah dan cocok untuk komponen mesin, roda kereta api, roda gigi (*gear*), poros engkol (*crankshaft*) serta komponen struktur yang memerlukan kekuatan tinggi, ketahanan aus, dan tangguh.

- Baja dengan kadar karbon tinggi ($>0,5\% \text{ C}$)

Baja karbon tinggi memiliki komposisi antara 0,6- 1,4% C (berat). Kekerasan dan kekuatannya sangat tinggi, namun keuletannya kurang. baja ini cocok untuk baja perkakas, *dies* (cetakan), pegas, kawat kekuatan tinggi dan alat potong yang dapat dikeraskan dan ditemper dengan baik. Baja ini terdiri dari baja karbon tinggi biasa dan baja perkakas. Khusus untuk baja perkakas biasanya mengandung Cr, V, W, dan Mo. Dalam pemuadannya unsur-unsur tersebut bersenyawa dengan karbon menjadi senyawa yang sangat keras sehingga ketahanan aus sangat baik. Kadar karbon yang terdapat di dalam baja akan mempengaruhi kuat tarik, kekerasan dan keuletan baja. Semakin tinggi kadar karbonnya, maka kuat tarik dan kekerasan baja semakin meningkat tetapi keuletannya cenderung turun.

2.2.2 Pengaruh Unsur Paduan

1. 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 kegunaannya. Penggunaan karbon dalam baja jika berlebihan bisa mengakibatkan penurunan ketangguhan dari baja tersebut.

2. 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.

3. Silikon (Si)

Silikon pada baja biasanya mempunyai presentase lebih dari 0,4%, akibat dari penambahan silikon dapat mempengaruhi kenaikan tegangan Tarik serta

menurunkan laju pendinginan kritis, selain itu pengaruh dari penambahan silikon dalam baja yakni meningkatkan kekerasan, keuletan, ketahanan aus, kekenyalan dan ketahanan pada panas serta karat. Unsur silikon ini mengakibatkan sementit tidak stabil yang menyebabkan sementit memisah dan membentuk grafit. Silikon merupakan pembentuk ferrit tetapi bukan pembentuk dari karbida, silikon cenderung memiliki partikel oksida sehingga membuat orientasi kristal menjadi banyak dan pertumbuhan mengalami pengurangan akibat struktur butir yang semakin halus.

4. 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)

5. 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.

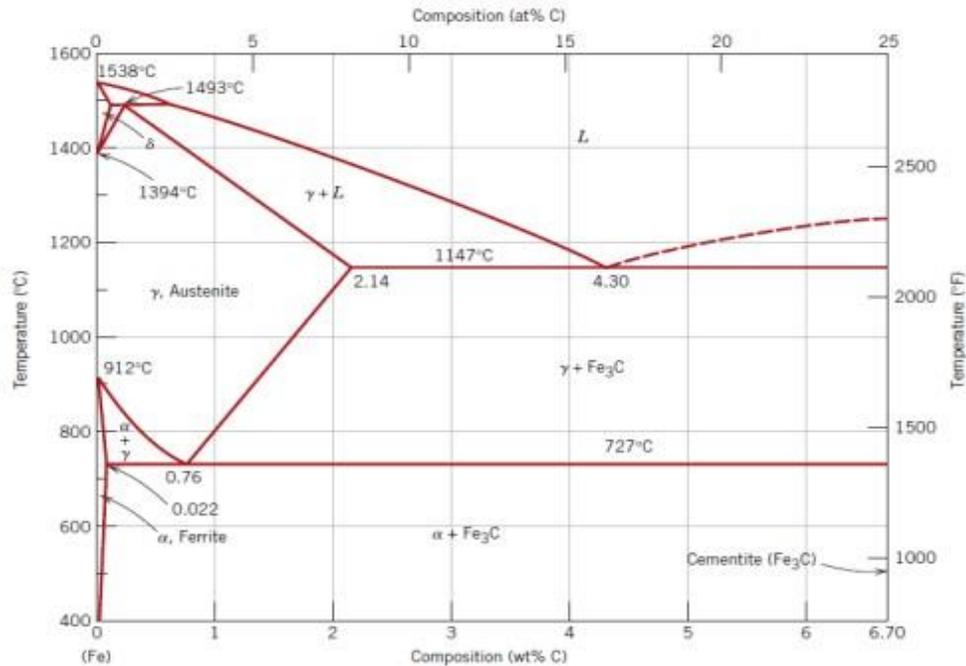
2.2.3 Pemilihan Baja

Baja yang di produksi oleh industri terdiri dari beragam jenis sesuai dengan kebutuhan berdasarkan kandungan karbonnya, baja dikelompokkan menjadi tiga macam, yang pertama baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja

karbon sedang (*medium carbon steel*), dan baja karbon tinggi (*hight carbon steel*). Sedangkan menurut kadar unsur paduan, 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%.

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

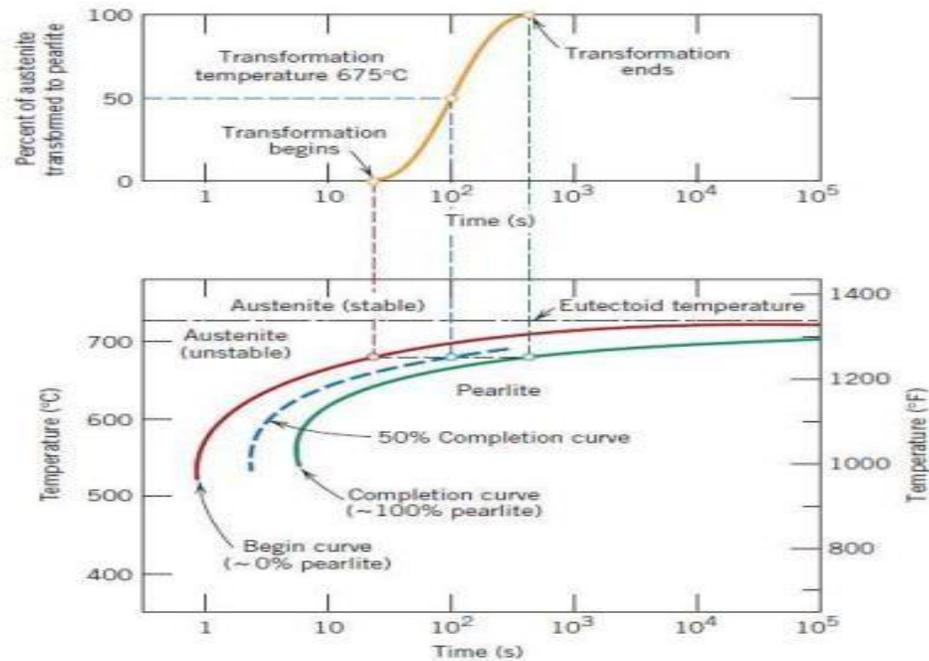
2.3 Struktur Mikro Baja



Gambar 2. 1 Diagram fasa Fe₃C

(Sumber : Callister, 2011)

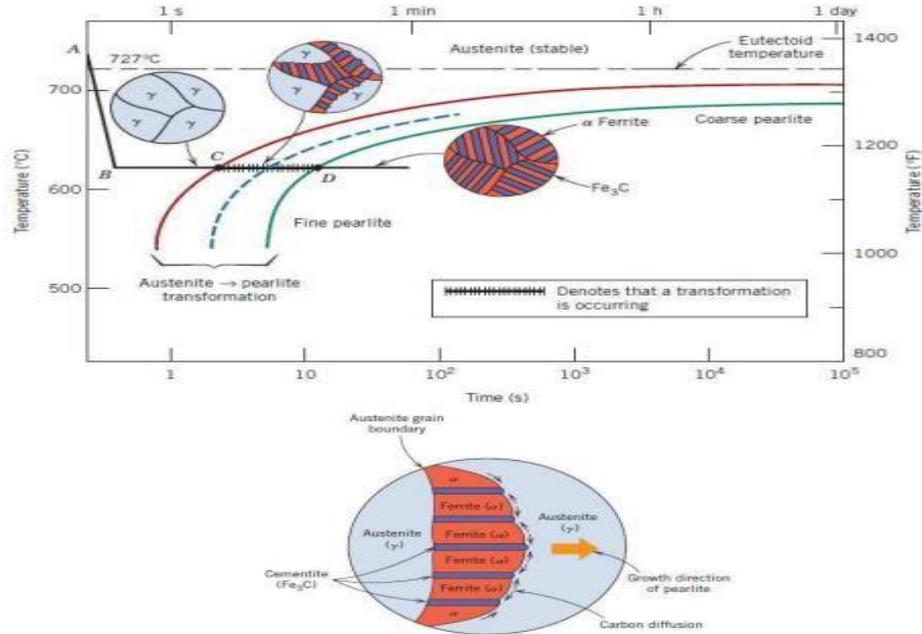
Struktur mikro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang terdapat dalam baja, fasa ini dapat diamati melalui Teknik Metalografi. Metalografi sendiri merupakan metode yang digunakan untuk menyelidiki struktur logam hingga perbesaran 3000 kali, struktur yang dilihat dinamakan mikro struktur. (Callister, 2011)



Gambar 2. 2 Diagram Time-Temperature-Transformations

(Sumber : Callister, 2011)

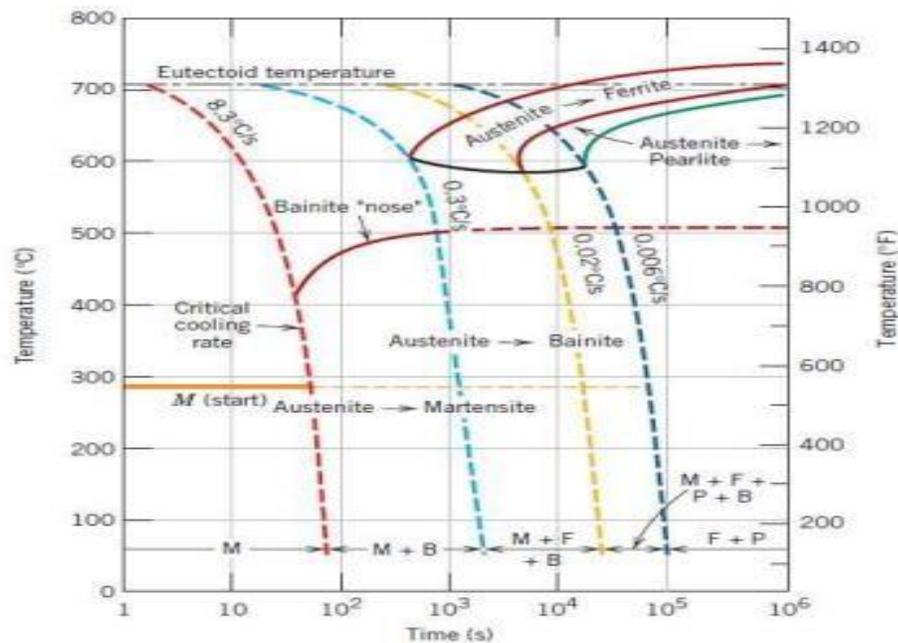
Diagram TTT (Time-Temperature-Transformations) mengplot temperatur versus logaritma waktu, dengan kurva pembentukan fasa awal (begin curve), kurva transformasi sebagian (50% completion) dan kurva transformasi 100%, seperti gambar 2.2. Dari gambar 2.3, diagram TTT hanya dapat digunakan untuk transformasi fasa pada proses perlakuan panas dengan temperatur tetap. (Callister, 2011)



Gambar 2. 3 Transformasi fasa *austenite* menjadi ferrit dan sementit melalui difusi

(Sumber : Callister, 2011)

Pada diagram TTT tersebut, austenit didinginkan cepat melalui garis AB, dan transformasi fasa austenit menjadi perlit ditunjukkan oleh garis BCD pada temperatur tetap. Transformasi austenit menjadi perlit diawali pada perpotongan kurva awal (*begin curve*) di titik C dan berakhir di titik D dalam waktu sekitar 15 detik. Mekanisme transformasi fasa tersebut melibatkan difusi atom-atom karbon sesuai dengan reaksi fasa *eutektik*. Atom-atom karbon larut dengan besi membentuk sementit. Ferrit dan sementit tersusun berlapis dan tumbuh hingga butir austenit berubah menjadi perlit (ferrit dan sementit) seluruhnya.



Gambar 2. 4 Diagram *Continuous Cooling Transformation*

(Sumber : Callister, 2011)

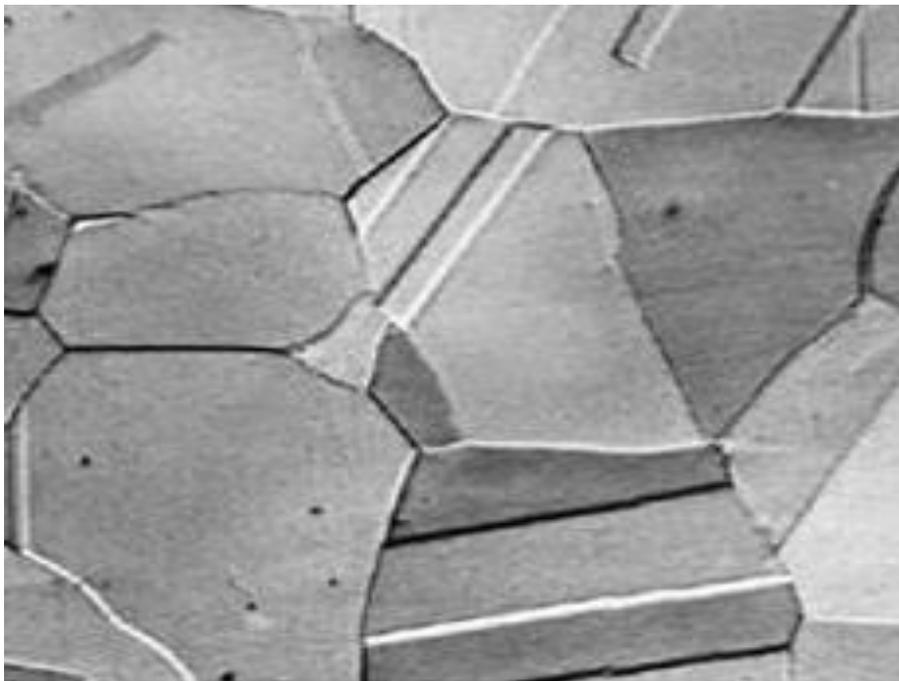
Diagram CCT dapat memprediksi struktur mikro yang terbentuk untuk berbagai laju pendinginan. Contoh diagram CCT ditunjukkan oleh gambar 2.4. Misal *austenit* didinginkan dari temperatur 727°C hingga 60°C. Ketika laju pendinginan sangat cepat (8,3°C/s), akan terbentuk struktur mikro *martensit* saja. Ketika laju pendinginan diperlambat (0,3°C/s), akan terbentuk struktur mikro *martensit* dan *bainit*. Ketika laju pendinginan diperlambat lagi, akan terbentuk *martensit*, *bainit*, dan *ferrit*, dan seterusnya. Sehingga, terdapat *range* struktur mikro yang terbentuk di akhir pendinginan untuk tiap laju pendinginan. Beberapa jenis struktur mikro yang terdapat pada suatu baja :

1. Austenit (*Austenite*)

Austenit adalah larutan padat karbon bebas (*ferrit*) dan besi dalam besi γ . Pada pemanasan baja, setelah suhu kritis atas, pembentukan struktur selesai menjadi *austenit* yang keras, ulet dan *non-magnetic*. 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, ia mulai berubah menjadi perlit dan ferrit. Baja Austenitik tidak dapat dikeraskan dengan metode perlakuan panas yang biasa dan *non-magnetic* (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. Dengan demikian sel satuan FCC memiliki empat atom.

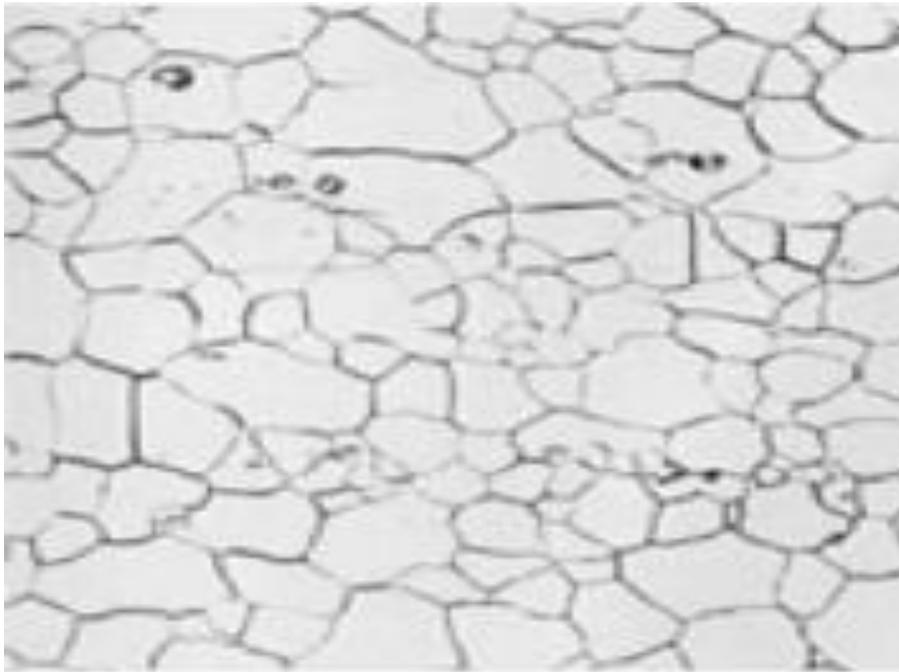


Gambar 2. 5 *Photomicrograph Austenite*

(Sumber : Callister, 2011)

2. Ferit (*Ferrite*)

Baja *ferrite* diperoleh ketika kandungan karbon didalamnya rendah. Gambar mikrostruktur yang dapat jelas dilihat yaitu batas butir *ferrite*. Ferit adalah fasa dengan kekuatan rendah, jika ukuran butir *ferrite* 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. 6 Batas ferit perbesaran 500x

(Sumber : ASM Handbook Volume 9)

3. 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. 7 Sementit perbesaran 1000x

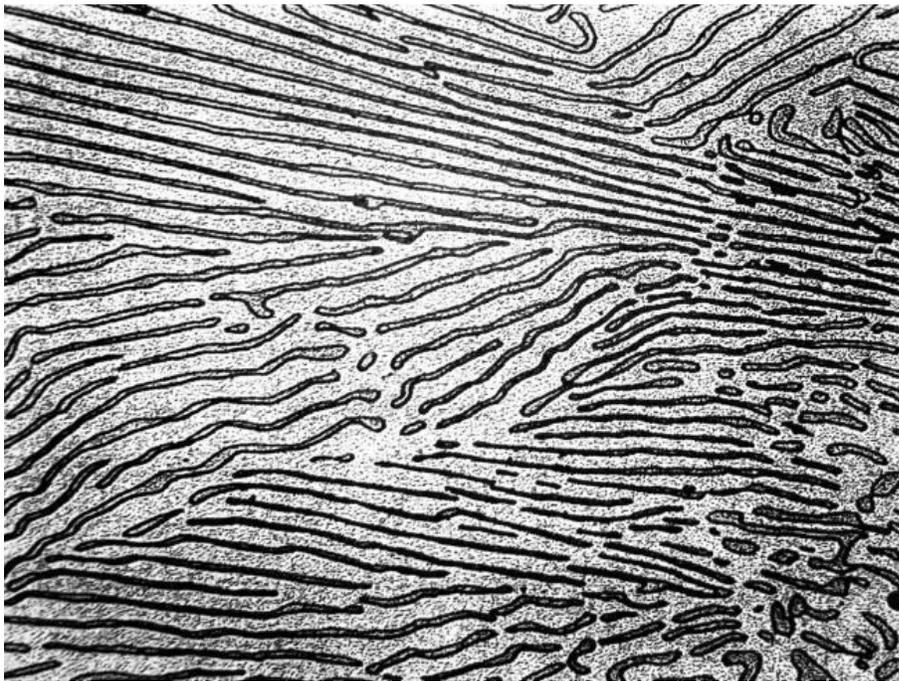
(Sumber : ASM Handbook Volume 9)

4. 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.

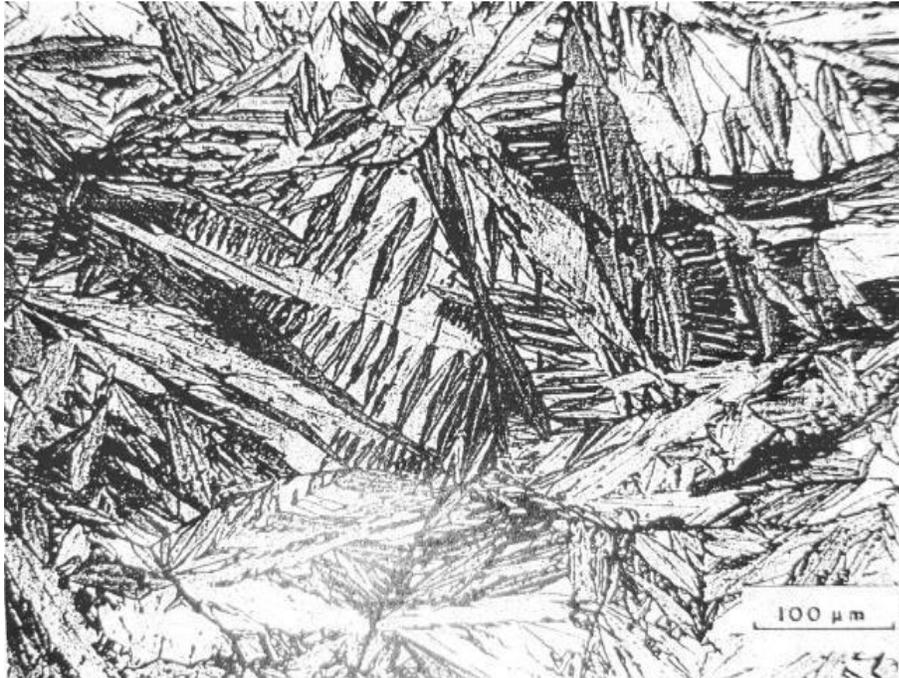


Gambar 2. 8 *Microstructure of pearlite* perbesaran 2500x
(Sumber : Courtesy of USX Corporation)

5. 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*.



Gambar 2. 9 Struktur mikro martensit

Sumber : (ASM Handbook Volume 9)

6. 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 kasus. 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 senar lebih kontinyu. 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*. Pelat ferit 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. 10 Struktur mikro bainit perbesaran perbesaran 500x
(Sumber : ASM Handbook Volume 9)

2.4 Sifat Mekanis 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. Beberapa sifat mekanik antara lain sebagai berikut :

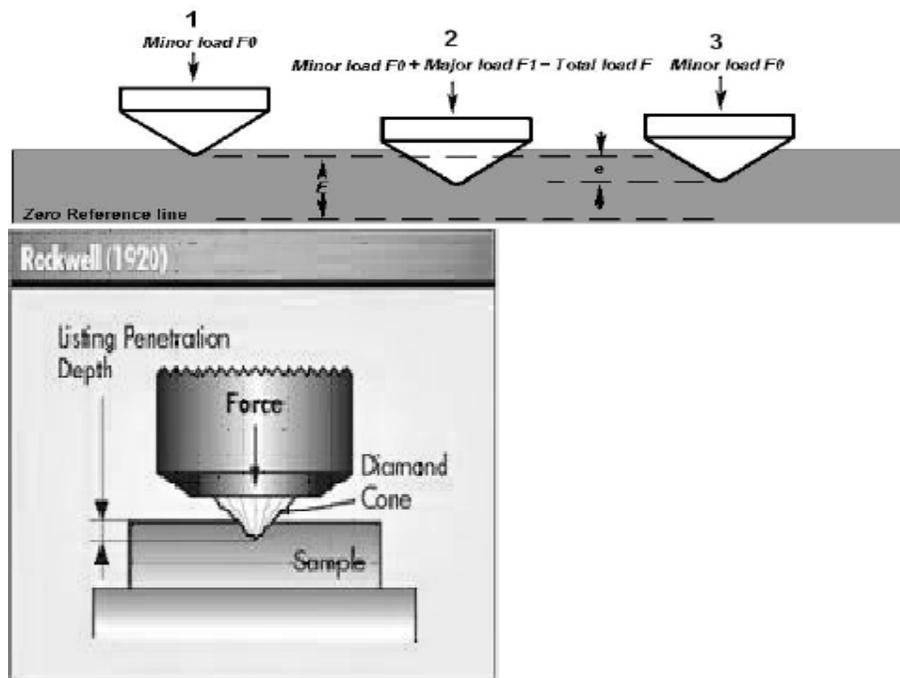
2.4.1 Kekerasan

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 lain disusun berdasarkan pada kemampuan goresan yang satu terhadap yang lain. Skala Mohs merupakan ukuran untuk kekerasan goresan.



Gambar 2. 11 Pengujian *Rockwell*

(Sumber: Hery Widhiatmoko 2014)

Pada Gambar 2.11 dapat dilihat bahwa baja *medium alloy steel* memiliki nilai kekerasan sekitar 16 HRC, sehingga hasil pengujian data kekerasan sebelum perlakuan panas sudah sesuai.

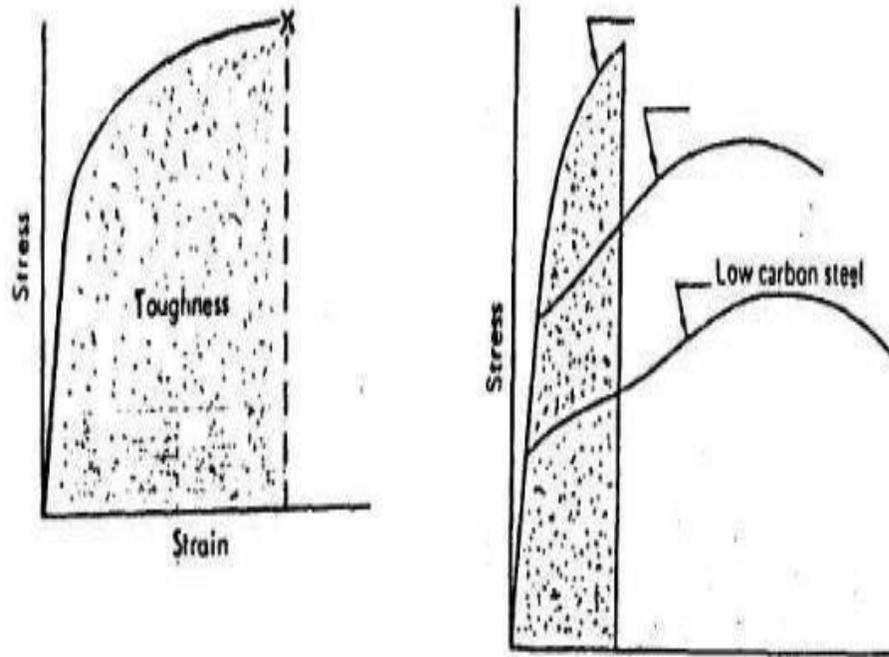
Tabel 2. 1 *Hardness Table*

(Sumber: Neely, J. E. & Bertone, T. J., 2003)

<i>Type of Steel</i>	<i>Rockwell</i>	<i>Vickers</i>	<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		

2.4.2 Ketangguhan

Ketangguhan pada suatu material adalah menyerap energi pada daerah plastik. Kemampuan untuk menahan beban terkadang di atas luluh tanpa terjadi patah, khususnya diperlukan pada bagian bagian misalnya roda gigi, kopling mobil barang dan cangkuk kran. Umumnya ketangguhan menggunakan konsep yang sukar dibuktikan maupun didefinisikan. Salah satu cara menyatakan ketangguhan adalah meninjau luas keseluruhan daerah dibawah kurva tegangan – regangan, luas ini memperlihatkan jumlah energi setiap satuan volume yang dapat dibebankan kepada material tanpa menyebabkan pecah (Djaprie, 1990).



Gambar 2. 12 Daerah Ketangguhan

(Sumber: Suarsana 2017)

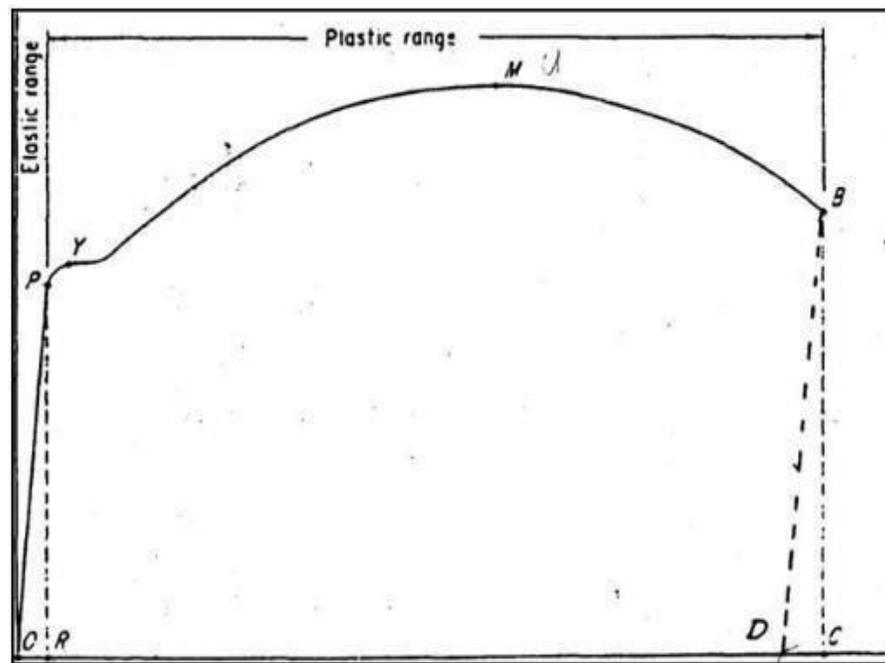
2.4.3 Keuletan

Keuletan pada suatu bahan merupakan hal yang diinginkan, karena makin besar berarti lebih aman dari kemungkinan terjadinya patah, dan lebih mudah untuk diolah melalui metode pengerolan, penarikan dan seterusnya (Surdia, 2005). Keuletan banyak ditentukan oleh struktur mikro, ditentukan oleh komposisi kimia dan paduan, laku panas dan tingkat deformasi dingin yang dialami. Pada baja, kenaikan kadar karbon akan menaikkan kekuatan dan kekerasan tetapi akan menurunkan keuletan. Demikian pula dengan tingkat deformasi dingin, makin tinggi tingkat deformasi dingin yang dialami makin tinggi kekuatan dan kekerasan tetapi keuletan akan makin rendah. Keuletan merupakan salah satu sifat mekanik yang amat penting karena:

- Keuletan menunjukkan seberapa banyak suatu logam dapat di deformasi tanpa menjadi patah/retak, hal ini penting dalam menentukan besarnya deformasi yang akan di lakukan pada proses *rolling*, *extruding*, *forging*, *drawing* dan

lain- lain. Kerusakan pada bahan yang memiliki keuletan cukup tinggi biasanya di dahului oleh adanya deformasi, sehingga bila dijumpai adanya deformasi maka akan dapat diambil tindakan untuk mencegah terjadinya kerusakan lebih lanjut.

- Dapat digunakan sebagai indikator dari perubahan komposisi kimia dan kondisi proses pengerjaan.



Gambar 2. 13 Penentuan Tegangan *Plastic* Setelah Patah

(Sumber: Suarsana 2017)

2.4.4 Kelelahan (*Fatigue*)

Kelelahan merupakan kecenderungan dari logam untuk patah jika menerima tegangan yang berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Pada umumnya sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini sulit diukur karena memiliki banyak faktor lainnya.

2.5 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

(Sumber : <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6584>)

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 penggunaannya.

2.6 Perlakuan Panas

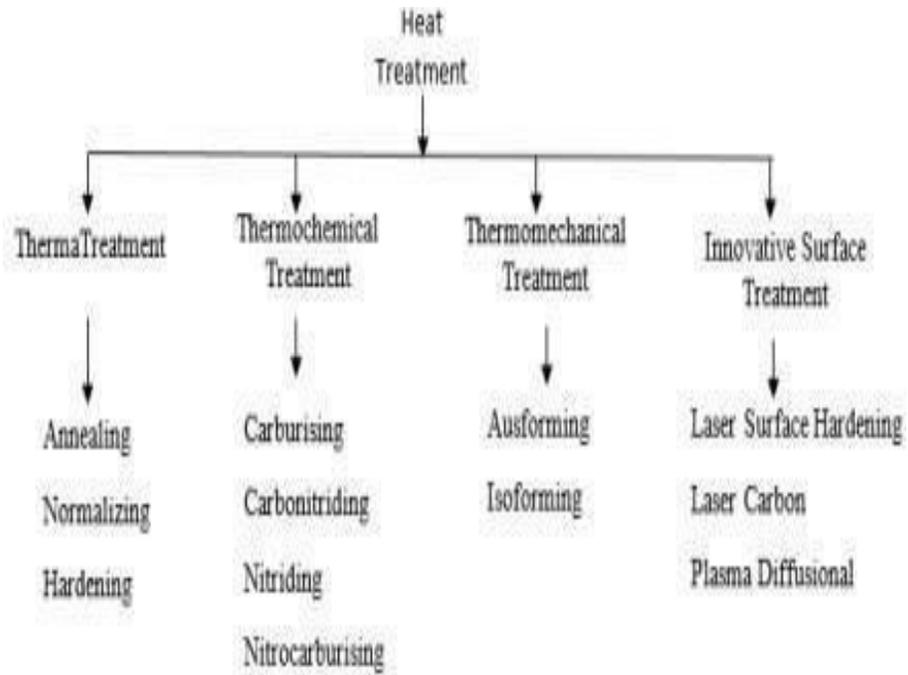
Perlakuan panas adalah suatu metode yang dipergunakan untuk merubah sifat - sifat mekanik dari suatu baja seperti kekerasan, keuletan serta kekuatannya. Metode yaitu dengan melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan sehingga dapat merubah komposisi kimianya ataupun yang tidak merubah 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 atau *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 atau *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 diinginkan.

2.7 Klasifikasi Proses *Heat Treatment*



Gambar 2. 14 Klasifikasi perlakuan panas

(Sumber : Sujana, 1996)

2.7.1 *Thermal Treatment*

- *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*, *spheroidization*, dan lain - lain.

- *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 *machinabilitynya* 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.

- *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:

- a. Jenis media pendingin
- b. Temperatur media pendingin
- c. Kuatnya sirkulasi pada media pendingin

Untuk media pendingin yang biasanya dipakai pada proses ini yaitu : *braine*, air, salt bath, minyak serta udara.

2.7.2 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 atau plasma (Arthur dkk, 1986). Proses ini termasuk metode austenit, *carburizing*, 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. 15 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. *Austenitik thermochemical*, ialah suatu metode pengerasan permukaan yang dilakukan pada temperatur *austenite*, yang tergolong perlakuan panas austenitik *thermochemical* yaitu : *carburizing*, *carbonitriding* dan *boring*.

2. *Ferritik thermochemical* ialah metode pengerasan permukaan yang dilakukan pada daerah temperatur *ferritic*, yang termasuk perlakuan panas *ferritik thermochemical* yaitu : *nitriding* dan *nitrocarburizing*.

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

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 - 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 lelah 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, kekerasan lapisan 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 ketahanan yang tinggi terhadap abrasi, ketahanan aus *abrasive* dan juga ketahanan leleh. Proses karbonitridasi ini hanya digunakan untuk baja karbon biasa dan baja paduan rendah.

3. *Nitriding*

Nitridasi adalah suatu proses perlakuan panas termokimia dimana nitrogen didifusikan ke permukaan baja pada temperatur berkisar antara 500 - 600°C sehingga terbentuk pengerasan kulit akibat terbentuknya nitrida paduan pada permukaan. Ketebalan lapisan yang terbentuk berkisar antara 0,40 mm dengan kekerasan mencapai 800-1050 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 leleh sangat baik, ketahanan abrasi, ketahanan aus adhesif, ketahanan korosi juga baik.

4. *Nitrocarburizing*

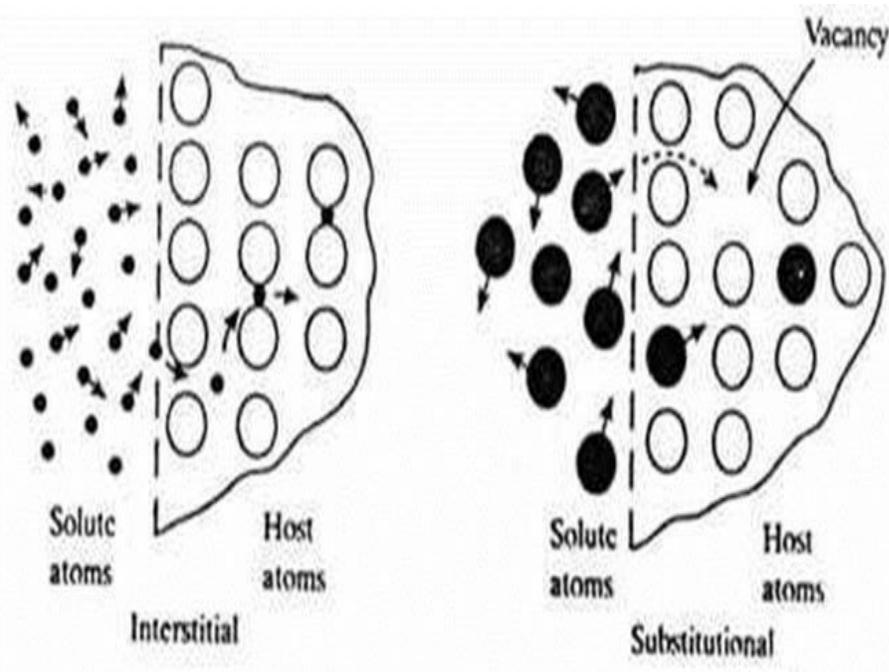
Nitrokarburisasi adalah termasuk salah satu proses perlakuan panas termokimia. Proses ini dilakukan pada temperatur 570°C dengan mendifusikan karbon dan nitrogen ke dalam permukaan baja, sehingga akan diperoleh lapisan permukaan yang keras, tipis dengan ketebalan 10 - 25µm. Lapisan tersebut terdiri dari 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 tahanaus 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.

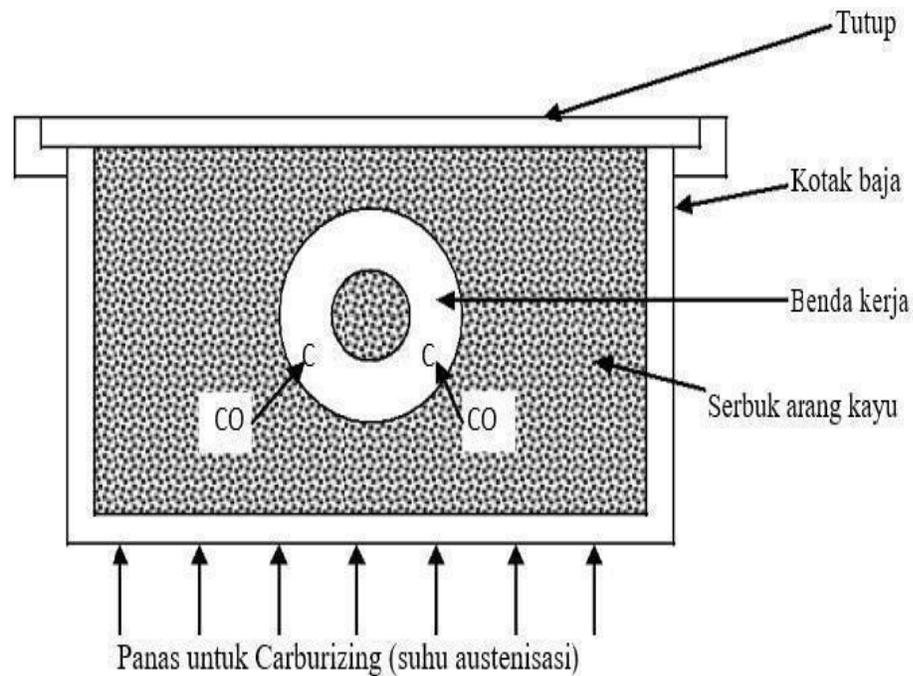


Gambar 2. 16 Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi

(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 842-9530C.

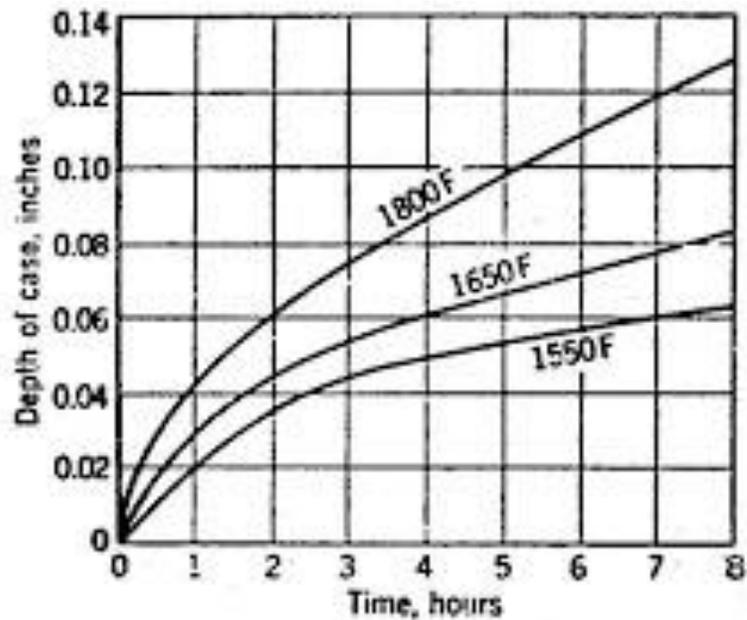
Pada sistem pack *carburizing*, baja (benda kerja) dimasukkan disekitar serbuk arang kayu yang dimana saat pemanasan mengeluarkan gas CO₂ dan CO. Saat proses berlangsung yang terjadi pada logam baja, gas karbon monoksida akan terdegradasi akan masuk kedalam permukaan logam yang mengakibatkan sifat luar dari logam jauh lebih keras.



Gambar 2. 17 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. 18 Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom
(Sumber: Budinski, 1999)

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 maupun arang tulang.

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 karburasi gas. Kasus yang dibentuk oleh karburisasi cair memiliki nitrogen rendah dan kandungan karbon tinggi.

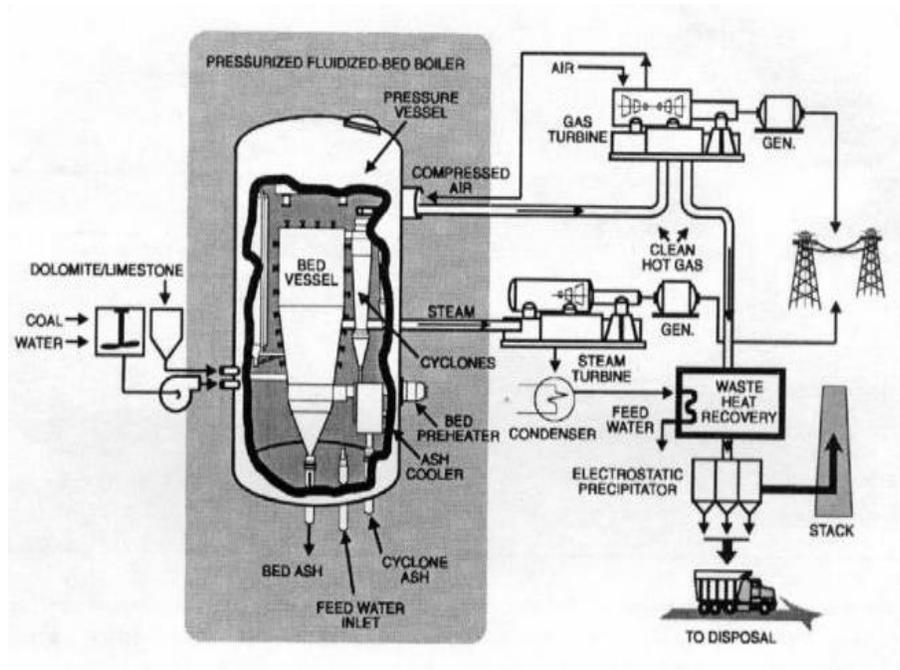
3. Karburisasi gas (*Gas Carburizing*)

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 dalam Wardiana, 2020) mengatakan bahwa “proses karburisasi menggunakan media gas digunakan untuk memperoleh lapisan tipis antara 0,025 – 0,75 mm”.

2.9 *Fluidized Bed Furnace*

Teknologi *Fluidized Bed* saat ini telah dimanfaatkan untuk proses perlakuan termokimia gas dalam menghasilkan kekerasan permukaan baja dan besi cor. Serbuk alumina dimanfaatkan sebagai media pada teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan transfer panas dari dinding dapur menuju ke spesimen dengan demikian akan menghasilkan peningkatan kualitas pengeras permukaan. Namun kualitas pengeras permukaan sangat ditentukan oleh paduan besi cor tersebut. Perbedaan unsur paduan bahan akan menghasilkan lapisan pasif yang berbeda pada permukaan masing-masing bahan tersebut sehingga akan mempengaruhi transfer panas dipermukaan spesimen. *Fluidized bed furnace* memberikan keuntungan karena permukaan material dipanaskan lebih cepat, menghasilkan pengaruh daerah panas yang kecil, kecermatan pada pengontrolan saat perlakuan permukaan dan pada saat proses perlakuan tidak berkontaminasi

dengan udara luar. Ini dapat terjadi akibat peran serbuk alumina dalam teknologi reaktor *fluidized bed*.



Gambar 2. 19 Skema *fluidized bed furnace*

(Sumber : Howard, 1983)

2.9.1 Suplai Gas Dalam *Fluidized Bed Furnace*

Penelitian Rahardjo (2008) dijelaskan bahwa, pada saat melakukan perlakuan panas di *Fluidized Bed Furnace* memakai beberapa jenis gas sesuai dengan proses yang dilakukan, untuk jenis gas yang dipakai dalam *Fluidized Bed Furnace* yaitu :

1. Oksigen (O₂)

Gas oksigen berfungsi sebagai *fluidising* pada waktu *heating* sampai temperatur 5000°C dan cooling dari temperatur 5000°C sampai temperatur kamar.

2. Nitrogen (N₂)

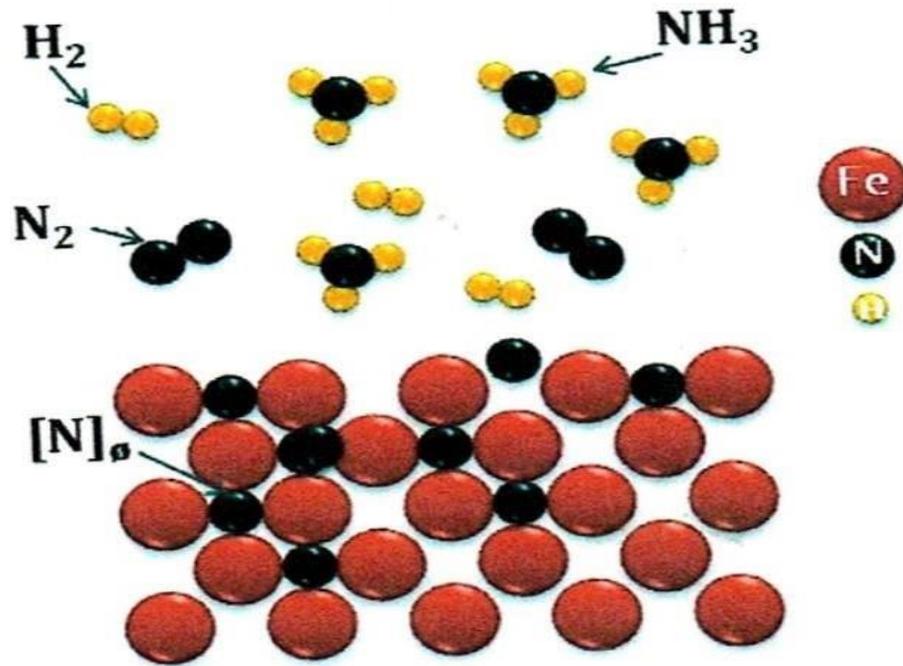
Nitrogen berfungsi sebagai *fluidising* untuk *heating* dari temperatur 5000°C sampai temperatur proses perlakuan untuk mencegah terjadinya oksidasi terhadap material atau logam yang dipanaskan karena pada temperatur tersebut getaran atom sangat tinggi sehingga udara luar masuk kedalam sistem untuk membantu proses reaksi kimia pada gas proses.

3. Natural Gas (LPG dan Metana)

Berfungsi sebagai gas pembentuk karbon akibat reaksi kimia dengan Fe dan nitrogen untuk membentuk karbida dalam karbon rendah. Gas ini digunakan dalam proses *carburizing*, *carbunitriding* dan *nitrokarburising*.

4. Ammonia (NH₃)

Ammonia digunakan pada proses *nitriding*, *carbonitriding* dan *nitrocarburising* dimana unsur N dari ammonia (NH₃) membentuk reaksi kimia dengan Fe, Al, Cr, Mo, V untuk membentuk lapisan nitrida pada permukaan logam.



Gambar 2. 20 Ilustrasi *Suplay Gas* dalam *Fluidized Bed Furnace*

Sumber : (Zamzami, 2017)

2.9.2 Media Pemanasan *Fluidized Bed Furnace*

Pada *fluidized bed furnace* yang digunakan penelitian ini menggunakan media pemanasan berupa serbuk aluminium oxide (Al_2O_3) berfungsi sebagai partikel pengantar panas ke permukaan logam yang diproses. (Rahardjo, 2016). Serbuk *aluminium oxide* terdiri dari :

- *Coarse grit* (berwarna hitam kasar), berfungsi sebagai partikel dasar atau partikel sebelum *fine grit* dengan ukuran 64 mm dari dasar tungku.
- *Fine grit* (berwarna putih halus), berfungsi sebagai partikel pengantar

2.9.3 Karakteristik *Fluidized Bed Furnace*

Karakteristik yang penting dalam *Fluidized Bed* adalah perpindahan panas yang menghasilkan efisiensi yang tinggi. Gejala fluidisasi disebabkan oleh partikel oksida inert halus, kering dan bertingkah laku seperti zat cair, bila

partikel satu dengan yang lainnya terpisah oleh gas yang bergerak melewati *bed*. Suatu *fluidized bed* gas dapat ditinjau sebagai fasa padatan selama menunjukkan batas atas yang teridentifikasi secara jelas. Pada kecepatan aliran gas terlalu tinggi, kecepatan akhir padatan terlewati, batas atas *bed* menghilang dan dalam kondisi demikian padatan terlempar dari dapur oleh aliran gas.

Meskipun sifat padatan dan cairan itu sendiri menentukan mutu dari fluidasi, banyak faktor yang mempengaruhi jumlah dari campuran padatan yang mempunyai sifat tidak sejenis didalam *bed*. Faktor-faktor ini termasuk ukuran dari *bed*, jumlah aliran gas dan jenis dari gas yang digunakan. Didalam menentukan mutu fluidasi, suatu diagram penurunan tekanan (Δp) terhadap (μ_0) bermanfaat sebagai gambaran, jika pengamatan visual tidak memungkinkan (Smallman and Bishop, 1995).

2.9.4 Parameter *Fluidized Bed Furnance*

Adanya ailiran turbulen dan pergerakan cepat dari fluida (alumunium dan silika), menyebabkan peningkatan koefisien perpindahan panas. Koefisien perpindahan panas pada *fluidized bed* biasanya atau umumnya antara 120 – 1200 W/m² C.

Ada beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien perpindahan panas yaitu :

- **Diameter partikel**

Memberikan pengaruh terhadap perpindahan panas. Pada umumnya diupayakan ukuran partikel sekecil mungkin, namun dibawah ukuran yang ditetapkan akan menyulitkan proses, ukuran optimal partikel yaitu 100 μm

- ***Material bed***

Yang menentukan sifat fisik dari berbagai *material bed* adalah kerapatan. Kerapatan yang optimal untuk *bed* berkisaran antara 1280 – 1600 kg/m³. Material yang lebih rapat menghasilkan koefisien perpindahan panas rendah

dan dibutuhkan tenaga lebih besar untuk fluidisasi. Umumnya material bed yang digunakan adalah alumina pada kondisi operasi diatas temperatur 1050, maka *material bed* yang digunakan adalah *pitch coke* yang sama seperti alumina tidak memeberikan pengaruh bahaya pada kesehatan dan lingkungan.

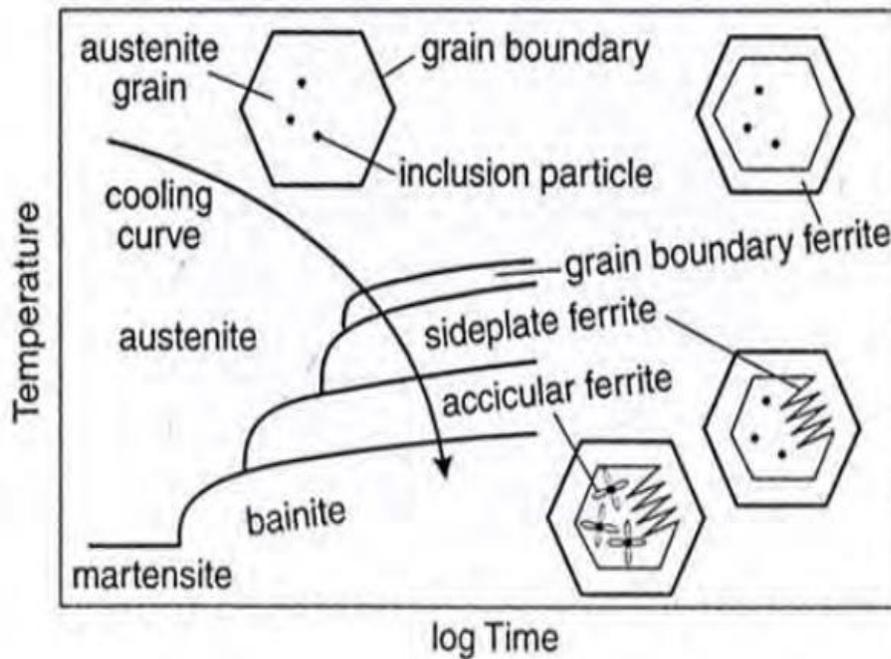
- Kecepatan fluidisasi gas

Kecepatan fluidisasi optimal akan menghasilkan kecepatan perpindahan panas maksimal. Biasanya berkisar antara 2-3 kali kecepatan fluidisasi minimum. Kecepatan fluidisasi yang terlalu tinggi menyebabkan komsumsi dari gas fluida juga tinggi dan perpindahan panas rendah. Sedangkan kecepatan fluidisasi terlalu rendah akan menyebabkan perpindahan panas berkurang.

2.10 Pengujian Yang Digunakan

2.10.1 Uji Stuktur Mikro

Struktur Mikro Mikrostruktur atau struktur mikro merupakan fasa-fasa yang terdistribusi pada logam yang dapat diamati melalui mikro test atau metalografi. Dari struktur mikro, dapat juga dilihat bentuk dan ukuran butir pada baja. Struktur mikro ini meliputi fasa yang setimbang dan tidak setimbang. Fasa yang setimbang merupakan fasa yang terbentuk dengan pendinginan yang sangat lambat, sedangkan fasa tidak setimbang adalah fasa yang terbentuk dengan pendinginan yang cepat. Fasa setimbang dapat dianalisa dengan menggunakan diagram fasa FeC[6] . Fasa yang tidak setimbang adalah fasa yang terbentuk akibat pendinginan yang beragam, Fasa ini dapat dianalisis dengan menggunakan diagram CCT (*Continous Cooling Transformation*). Pendinginan yang beragam dapat II-5 mengakibatkan perubahan pada sifat mekanik terutama kekerasan. Diagram CCT pada pengelasan baja karbon yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 21 Diagram CCT Pengelasan Baja Karbon

(Sumber: <http://digilib.polban.ac.id/download.php?id=30307>)

1. *Grain Boundary Ferrite*

Merupakan struktur mikro yang menempati batas-batas butir dari weld metal.

2. *Sideplate Ferrite*

Merupakan struktur mikro yang bentuk strukturnya berorientasi dengan arah yang sama.

3. *Accicular Ferrite*

Merupakan struktur mikro yang bentuk strukturnya berorientasi secara acak dan berukuran kecil.

4. *Bainite*

Merupakan ferrite yang tumbuh dari batas butir austenite dan memiliki kekerasan yang lebih rendah dari *Martensite*.

5. Martensite

Merupakan struktur mikro yang terbentuk apabila proses pendinginan pada pengelasan dilakukan dengan sangat cepat. Struktur mikro ini mempunyai sifat yang sangat keras, sehingga ketangguhannya rendah.

2.10.2 Uji Kekerasan (*Micro Vickers*)

Prinsip dasar pengujian *micro vickers* sama dengan uji *Brinell*, perbedaannya penggunaan indenter intan yang berbentuk piramid ber alas 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). Indenter relatif tidak menjadi rata seperti pada *Brinell*. Beban yang digunakan pada uji *micro 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 :

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

Dimana:

$HV = \text{Hardness Vickers}$

$P = \text{Beban (kgf)}$

$\alpha = \text{sudut 2 sisi yang berhadapan pada indenter}$

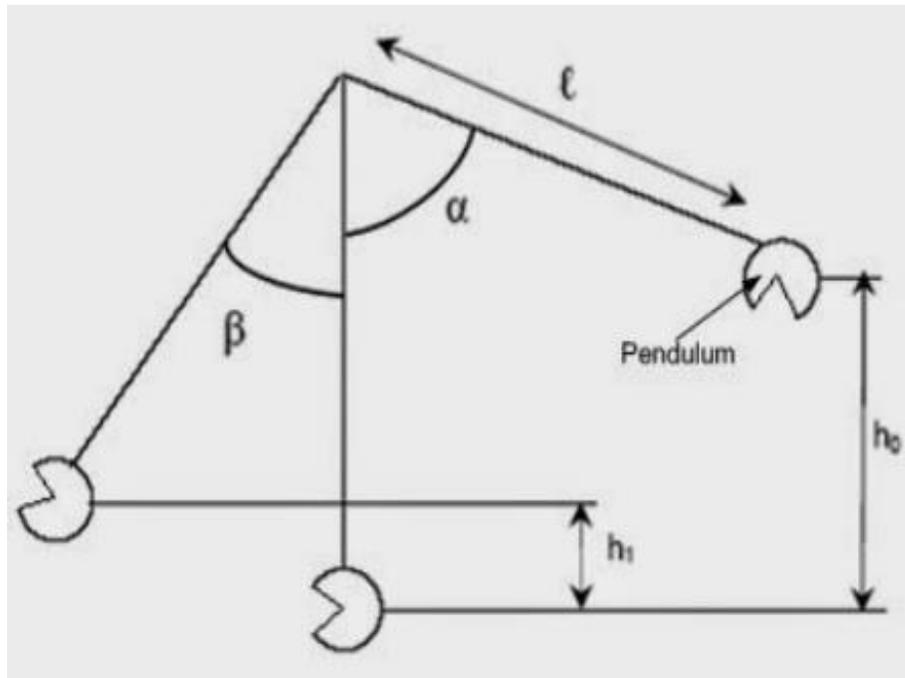
$d = \text{diagonal indentasi rata-rata (mm)}$

$$\text{perit} = \text{perit} + \frac{\text{Ferrit}}{2} \times 100\%$$

2.10.3 Uji Impak

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Dalam pengujian mekanik, terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji impak menggunakan beban dinamik. Pada pembebanan cepat atau disebut juga beban impak, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Proses penyerapan energi ini akan diubah dalam berbagai respon pada material seperti deformasi plastis, efek *isterisis*, gesekan dan efek inersia. (R Pramono, 2016)

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode *charpy*. Pada *metode charpy*, spesimen uji diletakkan mendatar dengan ditahan di bagian ujung – ujungnya oleh penahan, kemudian pendulum ditarik ke atas sesuai posisi yang diinginkan. Setelah itu pendulum dilepaskan dan mengenai tepat pada bagian belakang takikan atau sejajar dengan takikan. Pada saat pendulum dinaikkan sampai pada ketinggian h_1 , kemudian dari posisi ini pendulum dilepaskan dan berayun bebas memukul spesimen hingga patah dan pendulum masih terus berayun sampai ketinggian h_2 , maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 2. 22 Skema Perhitungan Energi Impak

(Sumber : R Pramono, 2016)

Menghitung energi impak uji charpy dan besar energi yang diserap sampel dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$E = m \cdot g \cdot r (\cos\beta - \cos\alpha)$$

E = energi impak (joule)

m = massa pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2) = 9,81 (m/s^2)

r = panjang lengan pendulum = jarak antara titik ayun pendulum dengan titik takik (m)

$\cos\alpha$ = sudut awal sebelum pendulum diayun, posisi titik A

$\cos\beta$ = sudut simpangan setelah pendulum menumbuk spesimen , posisi titik B

Untuk mencari harga impact yaitu dengan menggunakan rumus :

$$HI = E/A$$

Keterangan :

HI = Harga Impact (Joule/ mm^2)

E = Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (Joule)

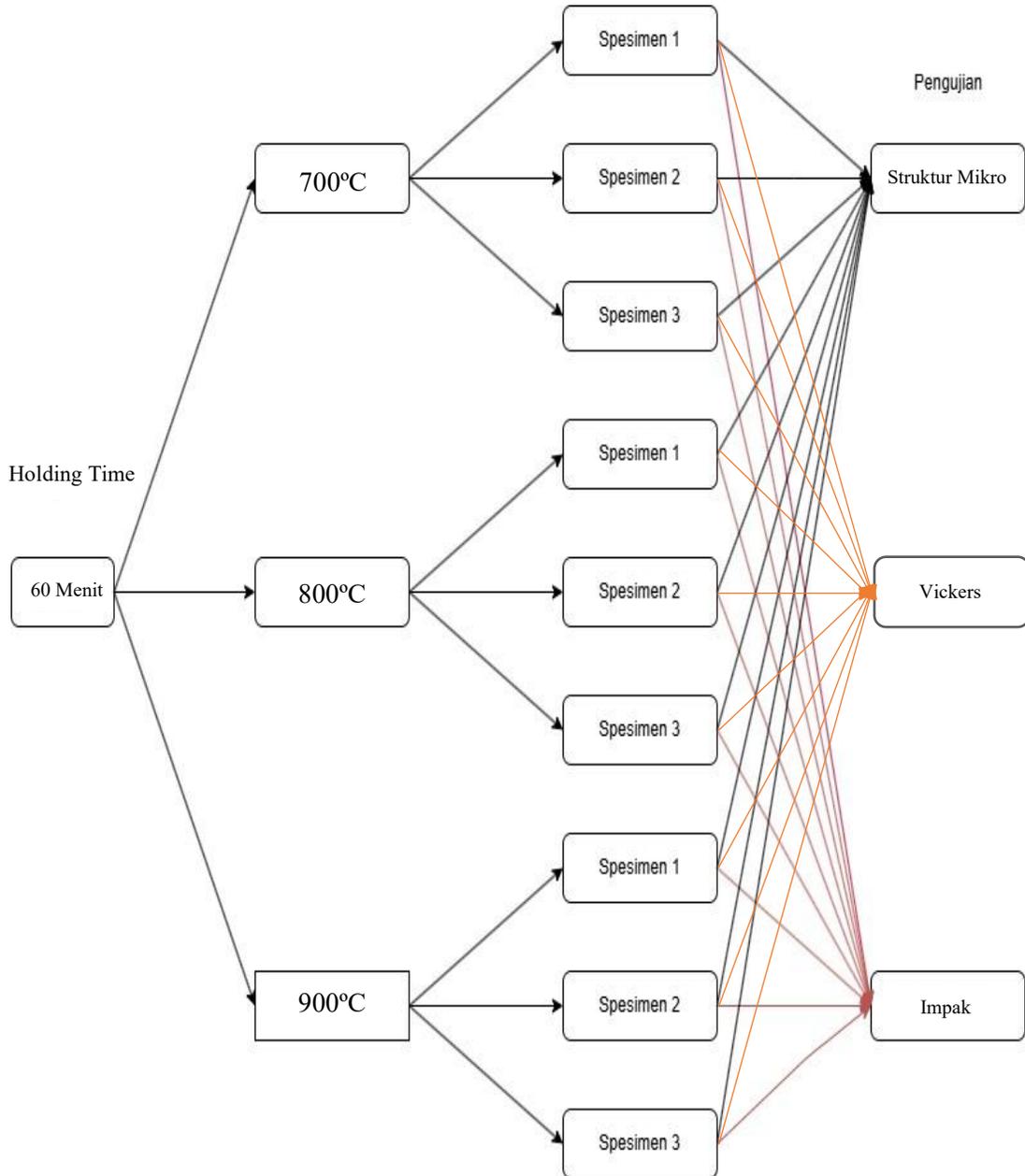
A = Luas penampang diluar takikan (mm^2)

Energi yang hilang (*lose energy* = L) adalah disebabkan oleh gesekan pendulum dengan udara dan juga adanya gesekan batang pendulum dengan bantalan (*bearing*). (Pramono, 2016).

BAB III

METODE PENELITIAN

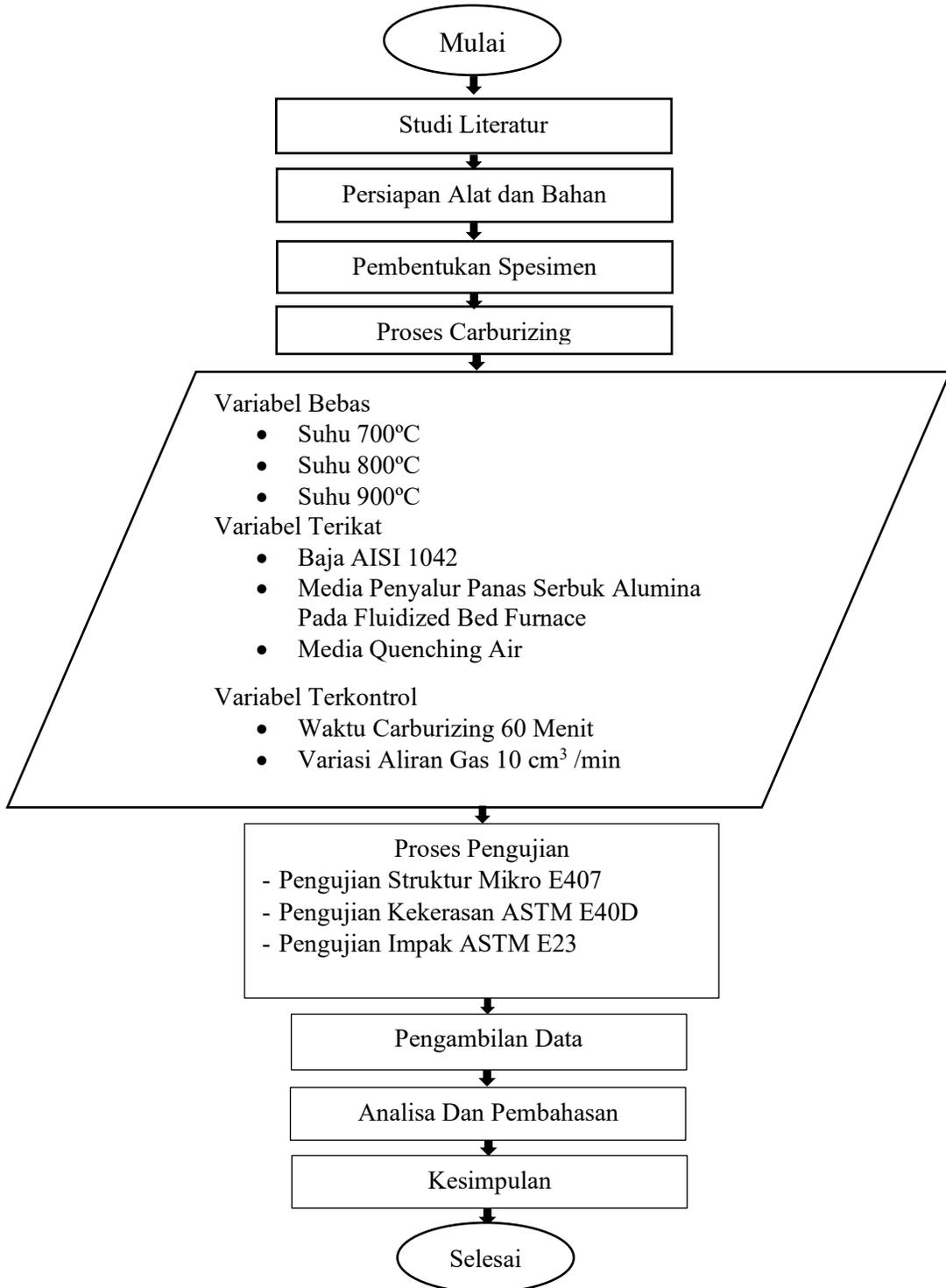
3.1 Rancangan Penelitian



Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian

(Sumber : Aditya, 2024)

3.2 Diagram Alir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

(Sumber : Aditya, 2024)

3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

Diagram alir adalah diagram yang biasanya mewakili sebuah proses atau sistem, yang dapat digunakan untuk mendokumentasikan, merencanakan, menyempurnakan, atau menggambarkan sebuah alur kerja dengan banyak langkah. Membuat diagram alir dapat membantu mendefinisikan maksud dan cakupan dari sebuah alur kerja dan secara kronologis mengidentifikasi tugas-tugas yang perlu dilakukan.

3.3.2 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.

3.3 Alat Dan Bahan

3.3.1 Alat

1. *Fluidized Bed Furnace*



Gambar 3. 3 *Fluidized Bed Furnace*

(Sumber : Aditya, 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. 4 Seling

(Sumber : Aditya, 2024)

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

3. Mesh



Gambar 3. 5 Mesh ukuran 120

(Sumber : Aditya, 2024)

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

4. Jangka Sorong



Gambar 3. 6 Jangka sorong

(Sumber : Aditya, 2024)

Untuk mengukur spesimen yang akan diuji agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

3.3.2 Bahan

1. Baja AISI 1042



Gambar 3. 7 Baja AISI 1042

(Sumber : Aditya, 2024)

2. Pasir Alumina



Gambar 3. 8 Pasir Alumina

(Sumber : Aditya, 2024)

3. Gas Propana (C₃H₈)



Gambar 3. 9 Gas Propana

(Sumber : Aditya, 2024)

Gas propana digunakan saat proses carburizing di dapur *fluidized bed furnace* dengan kandungan 3,08 % C₃H₈ dan tekanan 1,6 barr atau 0,16 Kpa.

3 Gas Nitrogen



Gambar 3. 10 Gas Nitrogen

(Sumber : Aditya, 2024)

3.4 Penentuan Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variable yang digunakan antara lain :

- Variabel bebas :
 - a. Suhu 700°C
 - b. Suhu 800°C
 - c. Suhu 900°C
- Variabel terikat :
 - a. Baja AISI 1042
 - b. Media Penyalur (Pasir Alumina) pada *Fluidized Bed Furnace*
 - c. Media *quenching* air

- Variabel Terkontrol :

- a. Waktu yang digunakan 60 Menit

3.5 Proses Pembuatan Sampel

3.5.1 Pembuatan Sampel Pengujian Struktur Mikro

1. Pengujian struktur mikro serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Menyiapkan sampel uji struktur micro mengacu ukuran standar ASRM E407, ukuran spesimen mengacu pada standar ASRM E407 adalah panjang 15 mm, lebar 15 mm tebal 15 mm
3. Menempatkan sampel uji pada alat struktur micro
4. Memulai proses pengujian struktur mikro
5. Mencatat data hasil pengujian struktur mikro
6. Mengulangi dengan langkah-langkah yang sama untuk sampel uji selanjutnya



Gambar 3. 11 Spesimen struktur mikro sebelum *carburizing*

(Sumber : Aditya, 2024)

Panjang Spesimen = 15 mm

Lebar Spesimen = 15 mm

Tebal Spesimen = 15 mm

3.5.2 Pembuatan Sampel Pengujian Kekerasan (*Micro Vickers*)

1. Pengujian *Vickers* serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Malang.
2. Menyiapkan sampel uji *Vickers* mengacu ukuran standar ASTM E384, ukuran spesimen mengacu pada Standar ASTM E407 adalah panjang 15 mm, lebar 15 mm tebal 15 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. 12 Spesimen *vickers* sebelum *carburizing*

(Sumber : Aditya, 2024)

Panjang Spesimen = 15 mm

Lebar Spesimen = 15 mm

Tebal Spesimen = 15 mm

3.5.3 Pembuatan Sampel Pengujian Impak

1. Pengujian Impak serta pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Menyiapkan sampel uji Impak mengacu ukuran standar ASTM E23, ukuran spesimen mengacu pada Standar ASTM E23 adalah panjang 55 mm, lebar 10 mm dan tebal 10 mm
3. Menempatkan sampel uji pada alat Impak

4. Memulai proses pengujian Impak
5. Mencatat data hasil pengujian Impak
6. Mengulangi dengan langkah-langkah yang sama untuk sampel uji selanjutnya



Gambar 3. 13 Spesimen Impak sebelum *carburizing*

(Sumber : Aditya, 2024)

Panjang Spesimen = 55 mm

Lebar Spesimen = 10 mm

Tebal Spesimen = 10 mm

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 struktur mikro dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, pengujian *micro vickers* dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Malang, dan untuk pengujian impak dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

4.1.1 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil perhitungan struktur mikro diperoleh dengan menggunakan garis bantu dari mikrometer. Garis bantu ini digunakan sebagai panduan untuk mengukur dan menulis fase-fase yang terbentuk pada setiap kotak mikrometer. Setelah itu, hasil pengukuran tersebut dicatat untuk mempermudah perhitungan jumlah fasa.

Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase struktur mikro adalah sebagai berikut:

$$\text{presentase struktur mikro} = \frac{\text{Jumlah kotak yang berisi fasa tertentu}}{\text{total jumlah kotak}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus ini, persentase dari masing-masing fasa pada struktur mikro dapat dihitung berdasarkan jumlah kotak yang berisi fasa tersebut dibagi dengan total jumlah kotak, kemudian hasilnya dikalikan dengan 100%.

A. Raw Material

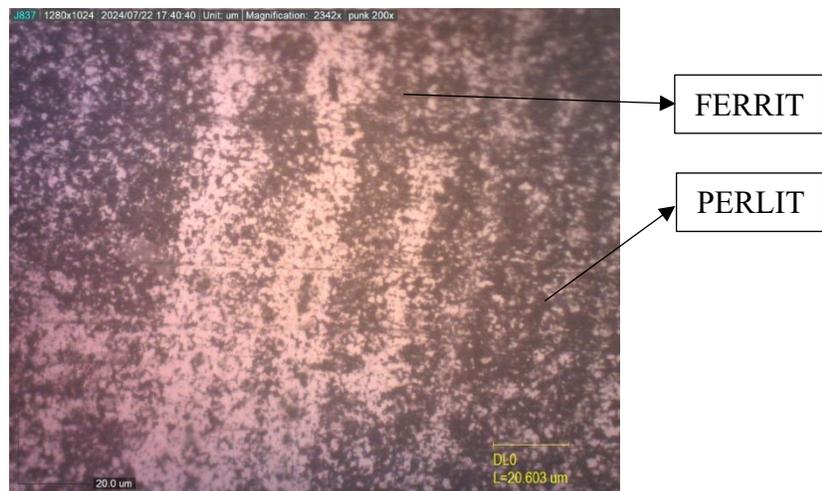


Gambar 4. 1 Hasil Uji Struktur Mikro Raw Material

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, 2024)

Hasil pengujian struktur mikro baja AISI 1042 sebelum *carburizing* dengan perbesaran 200x. Perlu dicatat bahwa hasil pengujian struktur mikro pada baja AISI 1042 tanpa perlakuan akan memberikan gambaran mengenai kondisi awal baja. Terdapat fasa ferit dan perlit.

B. Variasi Suhu 700°C

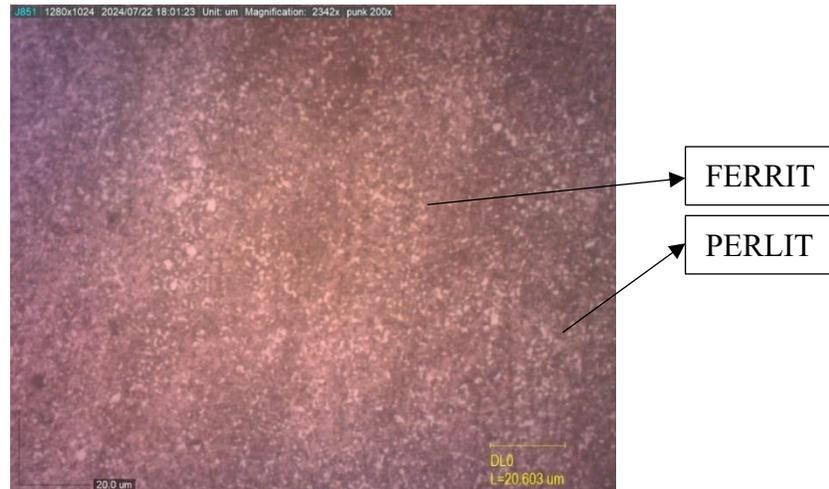


Gambar 4. 2 Hasil Uji Struktur Mikro suhu 700°C

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, 2024)

Hasil pengujian struktur mikro baja AISI 1042 setelah *carburizing* dengan suhu 700°C dengan perbesaran 200x. Terdapat fasa ferit, dan perlit.

C. Variasi Suhu 800°C

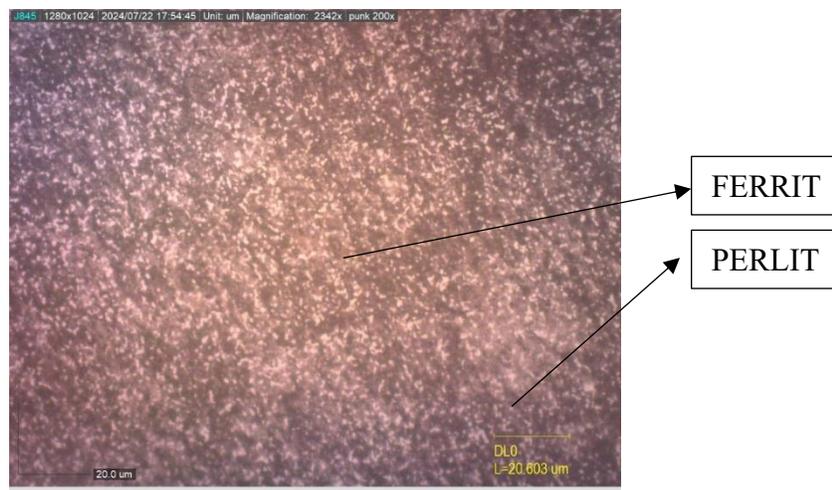


Gambar 4. 3 Hasil Uji Struktur Mikro Suhu 800°C

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, 2024)

Hasil pengujian struktur mikro baja AISI 1042 setelah *carburizing* dengan suhu 800°C dengan perbesaran 200x. Terdapat fasa ferit, dan perlit.

D. Variasi Suhu 900°C



Gambar 4. 4 Hasil Uji Struktur Mikro Suhu 900°C

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, 2024)

Hasil pengujian struktur mikro baja AISI 1042 setelah *carburizing* dengan suhu 900°C dengan perbesaran 200x. Terdapat fasa ferit, dan perlit.

Tabel 4. 1 Data hasil ferit dan perlit struktur mikro

Variasi Suhu	Ferit	Perlit
Raw Material	65,603%	34,397%
Suhu 700°C	36,457%	63,543%
Suhu 800°C	34,863%	65,137%
Suhu 900°C	32,140%	67,860%

Berdasarkan data nilai pada di tabel 4.1 bahwa perlakuan *carburizing* yang dilakukan dengan penambahan media karbon aktif pasir alumina meningkat di bandingkan dengan tanpa perlakuan. Nilai perlit dan ferit untuk penambahan media karbon aktif pasir alumina adalah 63,543% perlit, 36,457 % ferit pada variasi suhu 700°C, sedangkan untuk variasi suhu 800°C sebesar 65.137% perlit, 34,863% ferit dan variasi suhu 900°C sebesar 67,860 % perlit; 32,140 ferit. Berdasarkan variasi suhu yang dilakukan dari ketiga variasi suhu tersebut menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. Untuk penggunaan suhu yang paling baik untuk seluruh variasi suhu adalah suhu 900°C.

4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan (Vickers)

Dari proses perlakuan panas *carburizing* selama 60 menit dengan variasi suhu 700°C, suhu 800°C suhu 900°C pada *fluidized bed furnace*, 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 100 gf. Data diambil sebanyak

3 titik dengan jarak 15 μ m, 45 μ m, dan 75 μ m untuk mengetahui sejauh mana difusi karbon pada permukaan baja AISI 1042.

Data hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Variasi Suhu	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai Rata – rata Kekerasan (HV)
Raw Material	193,8	193	199,4	195,4
Suhu 700°C	434,9	413,8	411,5	420,06
Suhu 800°C	618,4	678,8	677,3	658,16
Suhu 900°C	760,9	762,8	743,9	755,86

4.1.3 Data Hasil Pengujian Impak

Dari proses perlakuan panas carburizing selama 60 menit dengan variasi suhu 700°C, suhu 800°C suhu 900°C *pada fluidized bed furnance*, maka didapatkan data impak yang bertujuan untuk mengetahui nilai kegetasan pada spesimen hasil perlakuan panas carburizing. Pada pengujian impak ini menggunakan mesin *Impact Testing Machine* dengan metode pengujian *charpy* dan berat pendulum 26,32 kg.

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Impak

No	P (mm)	L (mm)	t (mm)	h (mm)	T (°C)	A (mm ²)	Sudut Awal	Sudut Akhir	Energi Actual (Joule)	Harga Impak (Joule/mm ²)	Rata – Rata Harga Impak	Kode Spesimen Uji
1	55.00	10	10	2	28	80	120	89,00	86,44	1,080	1,080	Raw
2	55.00	10	10	2	28	80	120	95,00	68,96	0,862	0,857	700(1)
3	55.00	10	10	2	28	80	120	95,20	68,38	0,854		700(2)
4	55.00	10	10	2	28	80	120	95,15	68,53	0,856		700(3)
5	55.00	10	10	2	28	80	120	98,12	59,93	0,749	0,735	800(1)
6	55.00	10	10	2	28	80	120	98,30	59,41	0,742		800(2)
7	55.00	10	10	2	28	80	120	99,05	57,25	0,715		800(3)
8	55.00	10	10	2	28	80	120	102,10	48,51	0,606	0,607	900(1)
9	55.00	10	10	2	28	80	120	101,85	49,22	0,615		900(2)
10	55.00	10	10	2	28	80	120	102,20	48,22	0,602		900(3)

Berdasarkan tabel 4.2 mengindikasikan bahwa semakin tinggi suhu saat *carburizing* membuat material menjadi lebih getas dibandingkan *raw material*. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan sudut akhir yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi suhu saat *carburizing* menjadikan spesimen menjadi lebih getas.

Dari hasil uji impak pada material sebelum dan sesudah proses *carburizing* yang ditunjukkan pada tabel 4.2, Spesimen tanpa proses *carburizing* memiliki energi aktual sebesar 86,44 joule dan harga impak sebesar 1,080 Joule/mm². Pada spesimen setelah *carburizing* terdapat 3 spesimen setiap variasi suhu yang bertujuan sebagai pembanding, pada spesimen 1 suhu 700°C memiliki energi aktual sebesar 68,96 Joule dan harga impak sebesar 0.862 Joule/mm². Pada spesimen 2 suhu 700°C memiliki energi aktual sebesar 68,38 Joule dan harga impak sebesar 0,854 Joule/mm². Pada spesimen 3 suhu 700°C memiliki energi aktual sebesar 68,53 Joule dan harga impak sebesar 0,856 Joule/mm². Pada spesimen 1 suhu 800°C memiliki energi aktual sebesar 59,41 Joule dan harga impak sebesar 0,749 Joule/mm². Pada spesimen 2 suhu 800°C memiliki energi aktual sebesar 59,41 Joule dan harga impak sebesar 0,742 Joule/mm². Pada spesimen 3 suhu 800°C memiliki energi aktual sebesar 57,25 Joule dan harga impak sebesar 57,25 Joule/mm². Pada spesimen 1 suhu 900°C memiliki

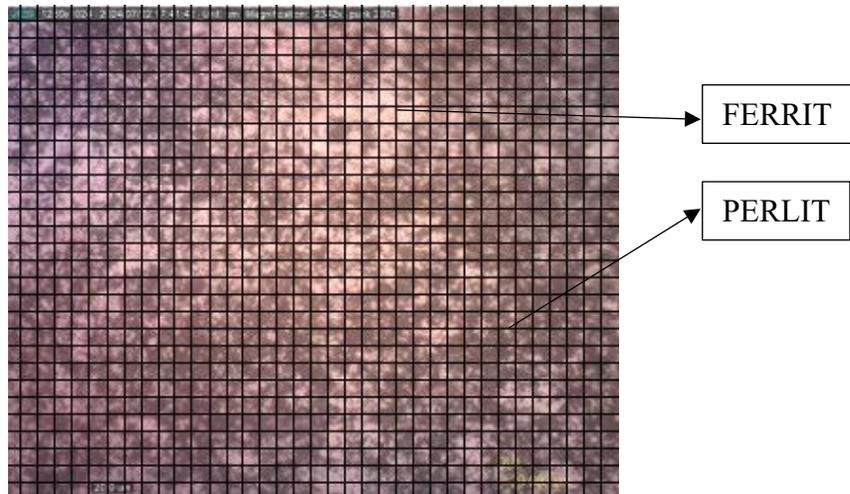
energi aktual sebesar 48,51 Joule dan harga impact sebesar 0,606 Joule/mm². Pada spesimen 2 suhu 900°C memiliki energi aktual sebesar 49,22 Joule dan harga impact sebesar 0,615 Joule/mm². Dan pada spesimen 3 suhu 900°C memiliki energi aktual sebesar 48,22 Joule dan harga impact sebesar 0,602 Joule/mm².

4.2 Analisa Data Dan Pembahasan

4.2.1 Analisa Data Dan Pembahasan Struktur Mikro

1. Analisa data dan pembahasan pengujian struktur mikro baja AISI 1042 sebelum carburizing (*Raw Material*).

Pengujian struktur mikro baja AISI 1042 sebelum *carburizing* akan memberikan gambaran yang jelas tentang struktur dasar baja pada kondisi asalnya. Hal ini penting untuk memahami kondisi awal baja sebelum mengalami perubahan mikrostruktural yang signifikan akibat perlakuan panas. Baja AISI 1042 tidak membentuk sementit karena berdasarkan diagram fasa Fe₃C, sementit terbentuk jika kadar karbonnya lebih dari 0,80% (baja *hypereutectoid*), sedangkan baja AISI 1042 (baja *hypo-eutectoid*) kadar karbonnya hanya 0,30-0,42%. Menurut beberapa jurnal, baja *hypo-eutectoid* terdiri dari fasa ferit dan perlit.



Gambar 4. 5 Perhitungan persentase fasa sebelum *carburizing*

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang)

Berdasarkan hasil perhitungan struktur mikro baja AISI 1042 sebelum *carburizing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

- Ferrit : 65,603%
- Perlit : 34,397%

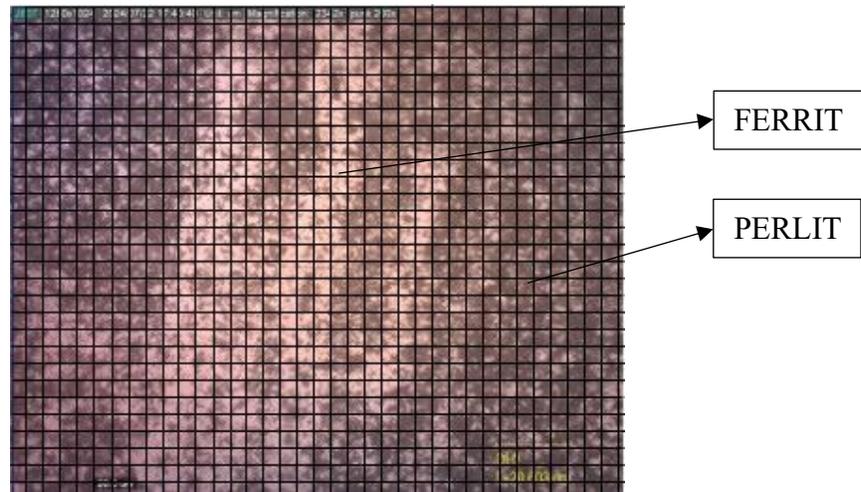
2. Analisa data dan pembahasan pengujian struktur mikro setelah *carburizing*.

a) Analisa data dan pembahasan pengujian struktur mikro pada suhu 700°C.

Pada Gambar 4.2 merupakan struktur mikro yang terbentuk Setelah perlakuan panas baja AISI 1042 pada suhu 700°C dengan waktu 60 menit menggunakan pasir alumina.

Unsur mangan dalam paduan baja dengan konsentrasi rendah akan memengaruhi struktur mikro baja tersebut. Setelah proses perlakuan panas dan pendinginan yang lambat, struktur yang terbentuk cenderung adalah ferit-perlit. Pendinginan yang lambat memungkinkan baja untuk melewati rentang suhu dengan perubahan fase yang lambat dan terkontrol, sehingga atom karbon dapat menyebar dan membentuk

perlit, yang merupakan campuran dari ferit (fase besi α) dan sementit (Fe_3C). Konsentrasi mangan rendah akan memiliki sedikit dampak pada distribusi perlit dan ferit, tetapi tidak cukup tinggi untuk menghasilkan struktur bainit atau martensit yang lebih kompleks yang memerlukan pendinginan cepat.



Gambar 4. 6 Perhitungan persentase fasa dengan suhu 700°C

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang)

Berdasarkan hasil perhitungan struktur mikro baja AISI 1042 sebelum *carburizing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

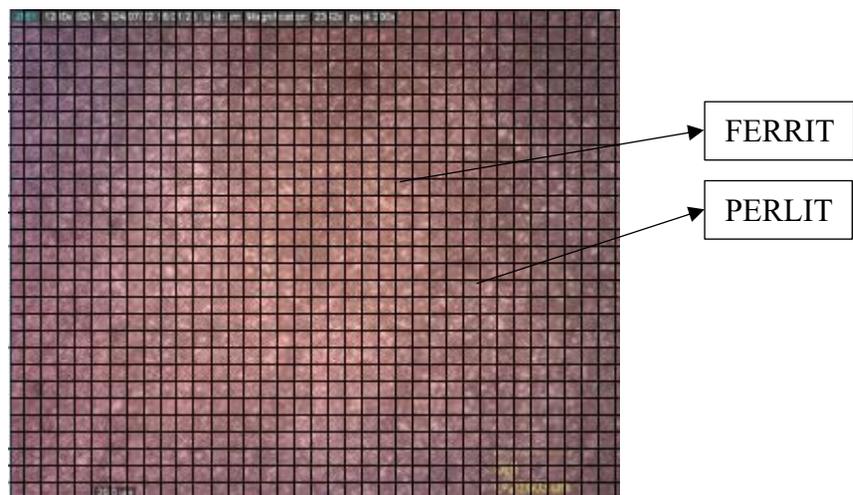
- Ferrit : 36,457%
- Perlit : 63,543%

b) Analisa data dan pembahasan pengujian struktur mikro pada suhu 800°C.

Pada Gambar 4.3 merupakan struktur mikro yang terbentuk Setelah perlakuan panas baja AISI 1042 pada suhu 800°C dengan waktu 60 menit menggunakan pasir alumina.

Unsur mangan dalam paduan baja dengan konsentrasi rendah akan memengaruhi struktur mikro baja tersebut. Setelah proses perlakuan panas dan pendinginan yang lambat, struktur yang terbentuk cenderung

adalah ferit-perlit. Pendinginan yang lambat memungkinkan baja untuk melewati rentang suhu dengan perubahan fase yang lambat dan terkontrol, sehingga atom karbon dapat menyebar dan membentuk perlit, yang merupakan campuran dari ferit (fase besi α) dan sementit (Fe_3C). Konsentrasi mangan rendah akan memiliki sedikit dampak pada distribusi perlit dan ferit, tetapi tidak cukup tinggi untuk menghasilkan struktur bainit atau martensit yang lebih kompleks yang memerlukan pendinginan cepat.



Gambar 4. 7 Perhitungan persentase fasa dengan suhu 800°C

(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang)

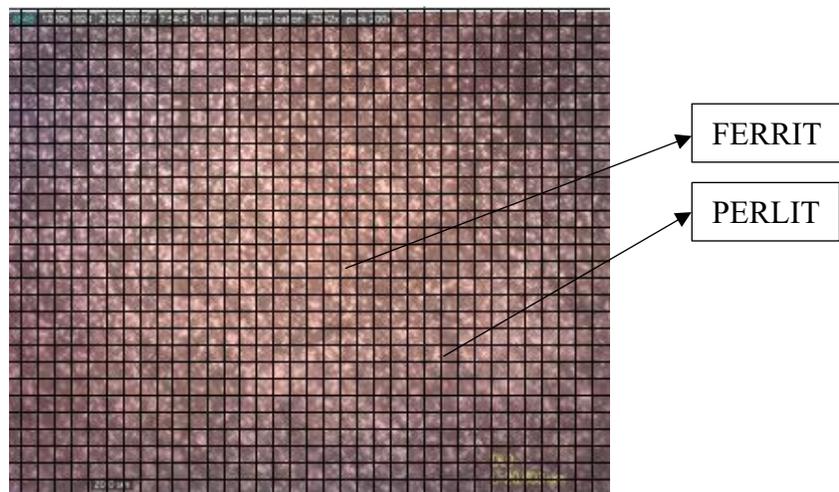
Berdasarkan hasil perhitungan struktur mikro baja AISI 1042 sebelum *carburizing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

- Ferrit : 34,863%
- Perlit : 65,137%

c) Analisa data dan pembahasan pengujian struktur mikro pada suhu 900°C.

Pada Gambar 4.4 merupakan struktur mikro yang terbentuk Setelah perlakuan panas baja AISI 1042 pada suhu 900°C dengan waktu 60 menit menggunakan pasir alumina.

Unsur mangan dalam paduan baja dengan konsentrasi rendah akan memengaruhi struktur mikro baja tersebut. Setelah proses perlakuan panas dan pendinginan yang lambat, struktur yang terbentuk cenderung adalah ferit-perlit. Pendinginan yang lambat memungkinkan baja untuk melewati rentang suhu dengan perubahan fase yang lambat dan terkontrol, sehingga atom karbon dapat menyebar dan membentuk perlit, yang merupakan campuran dari ferit (fase besi α) dan sementit (Fe_3C). Konsentrasi mangan rendah akan memiliki sedikit dampak pada distribusi perlit dan ferit, tetapi tidak cukup tinggi untuk menghasilkan struktur bainit atau martensit yang lebih kompleks yang memerlukan pendinginan cepat.



Gambar 4. 8 Perhitungan persentase fasa dengan suhu 900°C

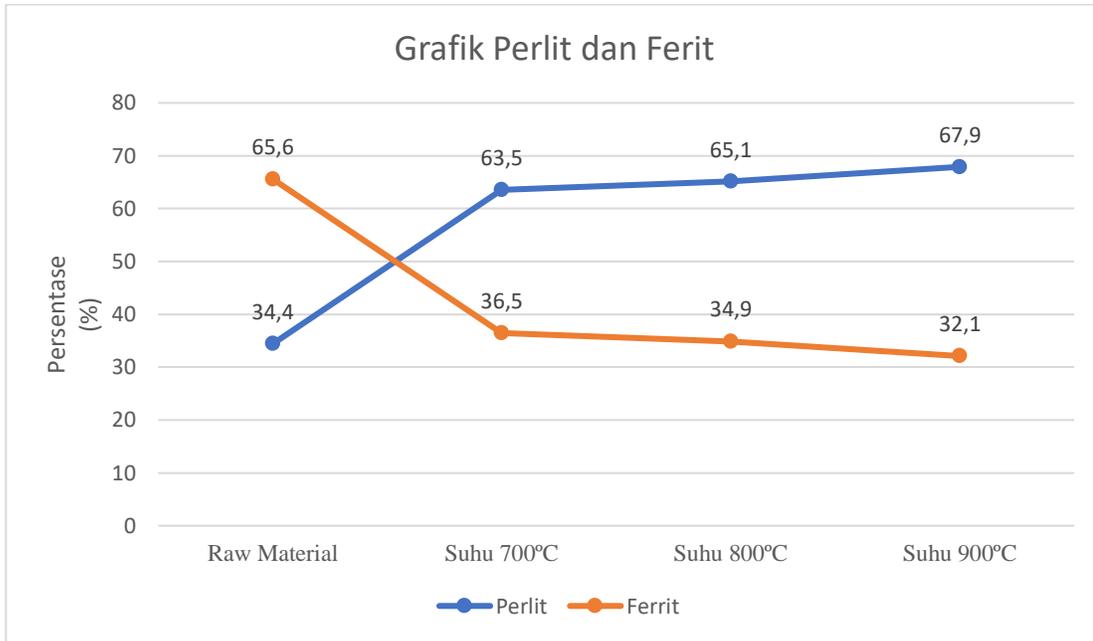
(Sumber : Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang)

Berdasarkan hasil perhitungan struktur mikro baja AISI 1042 sebelum *carburizing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 terdapat total jumlah fase sebagai berikut:

- Ferrit : 32,140%

- Perlit : 67,860%

Grafik Perlit dan Ferit



Grafik 4. 1 Nilai Perlit dan Ferrit Uji Struktur Mikro

(Sumber : Aditya, 2024)

Dari gambar struktur mikro spesimen dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C, perlit ditunjukkan dengan garis yang berwarna biru dan ferrit ditunjukkan dengan garis yang berwarna kuning. Luasan daerah perlit dan ferrit kemudian dihitung oleh program dan didapatkan hasil yang disajikan pada tabel 4.3. Dari tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa meningkatnya suhu akan menyebabkan berkurangnya nilai ferrit yang ada pada spesimen.

Hasil fasa ferrit dan fasa perlit pada pengujian struktur mikro dengan variasi suhu saat *carburizing* selaras dengan (Edi, 2022) yang menjelaskan bahwa hasil pengujian mikrostruktur substrat adalah ferrit dan perlit, tetapi struktur mikro material setelah proses pack carburizing adalah sama yaitu ferrit dan perlit. Peningkatan fasa perlit dengan variasi suhu saat *carburizing* selaras dengan (Rizki dan Sunyoto, 2022) yang menjelaskan bahwa, pada pengujian struktur mikro terjadi perubahan struktur *ferrite* menjadi

struktur *pearlite* yang cukup signifikan, dengan suhu 960°C menghasilkan struktur *pearlite* lebih mendominasi daripada *raw material* yang menghasilkan struktur *ferrite*. Dengan demikian semakin tinggi temperatur yang digunakan pada metode *pack carburizing*, maka nilai kekerasan pada permukaan baja semakin tinggi, dan struktur mikro yang dihasilkan lebih mendominasi struktur *pearlite* sebagai unsur keras daripada *ferrite* sebagai unsur lunak.

4.2.2 Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan

1. Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Sebelum *Carburizing*

Dari hasil uji kekerasan pada material sebelum proses *carburizing* yang ditunjukkan pada tabel 4.2 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 rata – rata 195.4 HV. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa kekerasan baja AISI 1042 dalam kondisi normalisasi berada dalam kisaran 160-200 HV. Nilai kekerasan yang ditemukan pada setiap titik pengujian baja AISI 1042 tanpa perlakuan menunjukkan bahwa nilai kekerasan tetap berada dalam kisaran yang diharapkan, menguatkan validitas teori yang ada pada sertifikat baja AISI 1042.

2. Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Pada Suhu 700°C

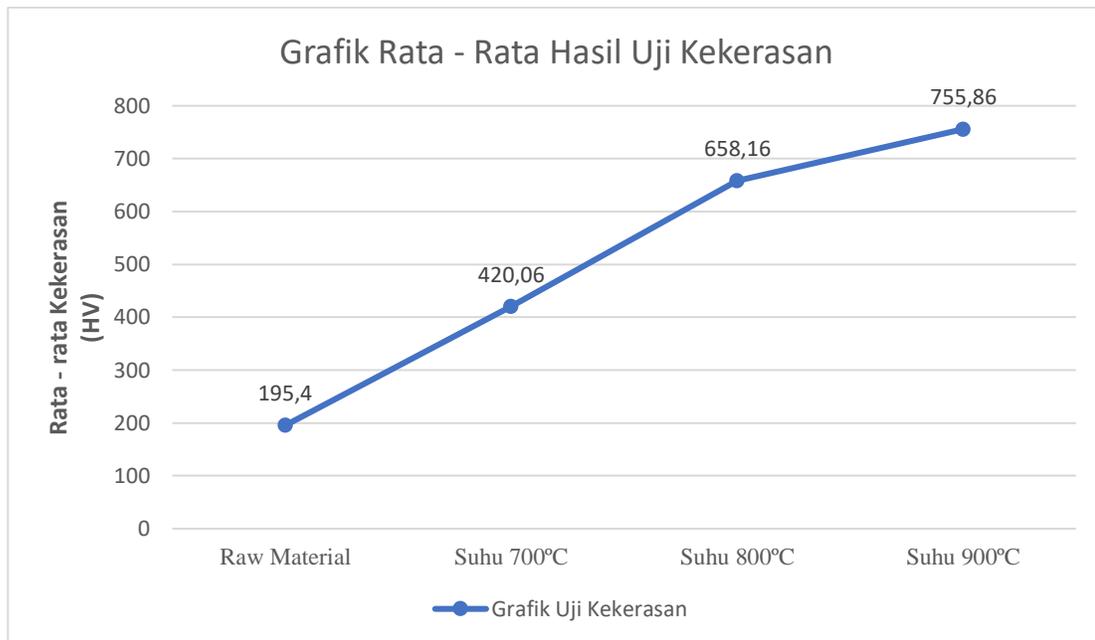
Dari hasil pengujian kekerasan *microvickers* yang ditunjukkan pada tabel 4.2 didapatkan kekerasan pada material yang telah melalui proses *carburizing* pada suhu 700°C dengan waktu 60 menit, Titik 1 memiliki nilai kekerasan sebesar 434,9 HV, titik 2 sebesar 413,8 HV, dan titik 3 sebesar 411,5 HV. Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada suhu 700°C, yaitu 434,9 HV, berada di titik pertama, serta rata – rata kekerasan pada suhu 700°C yaitu 420,06 HV. Hal ini menunjukkan adanya lapisan pada spesimen setelah proses *carburizing*, dengan kekerasan yang lebih besar pada bagian tepi spesimen.

3. Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Pada Suhu 800°C

Dari hasil pengujian kekerasan *microvickers* yang ditunjukkan pada tabel 4.2 didapatkan kekerasan pada material yang telah melalui proses *carburizing* pada suhu 800°C dengan waktu 60 menit, Titik 1 memiliki nilai kekerasan sebesar 618,4 HV, titik 2 sebesar 678,8 HV, dan titik 3 sebesar 677,3 HV. Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada suhu 800°C, yaitu 678,8 HV, berada di titik kedua, serta rata – rata kekerasan pada suhu 800°C yaitu 658,16 HV. Hal ini menunjukkan adanya lapisan pada spesimen setelah proses *carburizing*, dengan kekerasan yang lebih besar pada bagian tepi spesimen.

4. Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Pada Suhu 900°C

Dari hasil pengujian kekerasan *microvickers* yang ditunjukkan pada tabel 4.2 didapatkan kekerasan pada material yang telah melalui proses *carburizing* pada suhu 900°C dengan waktu 60 menit, Titik 1 memiliki nilai kekerasan sebesar 760,9 HV, titik 2 sebesar 762,8 HV, dan titik 3 sebesar 743,9 HV. Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada suhu 900°C, yaitu 762,8 HV, berada di titik kedua, serta rata – rata kekerasan pada suhu 900°C yaitu 755,86 HV. Hal ini menunjukkan adanya lapisan pada spesimen setelah proses *carburizing*, dengan kekerasan yang lebih besar pada bagian tepi spesimen.



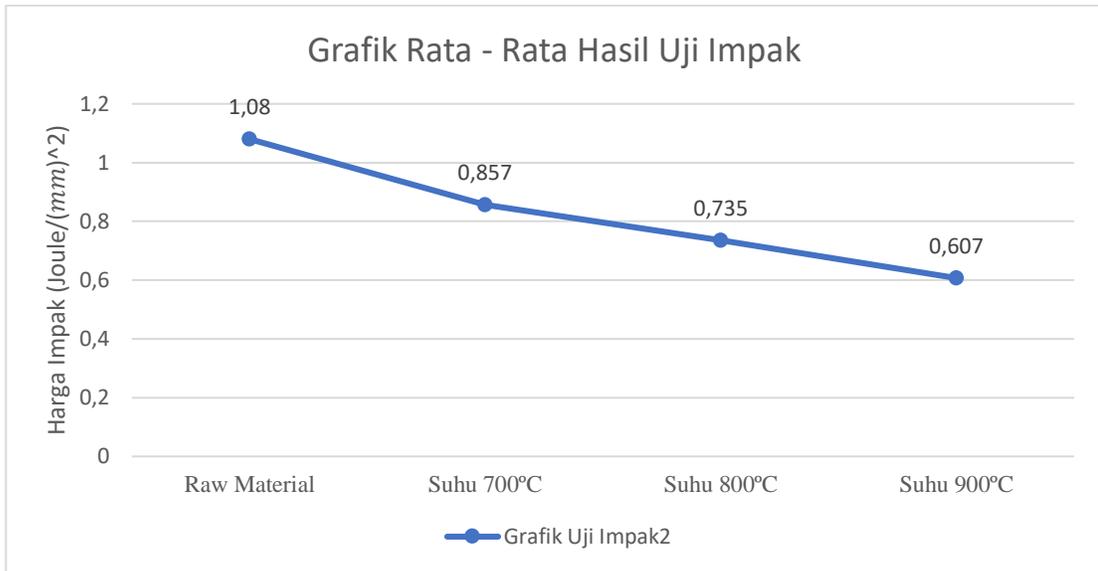
Grafik 4. 2 Hasil Rata – Rata Pengujian Kekerasan

(Sumber : Aditya, 2024)

Peningkatan kekerasan dengan variasi suhu saat *carburizing* selaras dengan (Reynaldo, 2021) menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu penahanan yang diberikan akan semakin mempengaruhi tingkat kekerasan pada spesimen. Peningkatan kekerasan dengan variasi suhu saat *carburizing* selaras dengan (Aulia, Dkk, 2022) yang menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan (pada batas suhu), maka akan semakin tinggi pula penetrasi karbon ke baja. Semakin tinggi suhu pada saat *carburizing*, maka semakin banyak butir perlit yang tumbuh dan menyebabkan nilai kekerasan meningkat

4.2.3 Analisa Data Dan Pembahasan Pengujian Impak

Hasil perhitungan harga impak diperoleh dengan menggunakan rumus. Untuk menentukan harga impak maka diperlukan beberapa data seperti berat pendulum, besaran gaya gravitasi, jarak lengan pengayun, sudut awal pendulum, sudut akhir pendulum serta area dari spesimen yang digunakan untuk diuji.



Grafik 4. 3 Hasil Uji Impak

(Sumber : Aditya, 2024)

Berdasarkan grafik 4.8 mengindikasikan bahwa spesimen yang telah diberi suhu tertentu akan berpengaruh terhadap harga impact. Pada spesimen tanpa perlakuan harga impact yang didapat akan cukup besar, menurut hasil perbandingan antara spesimen yang lain, spesimen ini memiliki harga impact paling besar.

Temperatur yang diberikan saat *carburizing* terhadap spesimen pengujian memberikan pengaruh yang cukup membuat spesimen uji menjadi lebih getas. Berdasarkan uraian diatas diketahui bahwa pengaruh temperatur terhadap energi impact menunjukkan energi yang diserap oleh spesimen uji semakin kecil, jika temperaturnya dinaikan serta memberikan kegetasan terhadap spesimen uji sesuai temperatur yang diberikan. Semakin besar beban yang diberikan, maka energi impact semakin kecil yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen, dan demikian pun sebaliknya. Hal ini diakibatkan karena suatu material akan lebih mudah patah apabila dibebani oleh gaya yang sangat besar. Dari pengujian uji impact yang telah dilakukan maka didapat jenis atau klasifikasi patahan, jenis

patahan yang didapat pada pengujian impak kali ini adalah patahan getas dan patahan ulet.

Temperatur yang diberikan terhadap spesimen pengujian memberikan pengaruh yang cukup membuat spesimen uji menjadi lebih getas dan bila temperatur yang diberikan kepada spesimen uji semakin tinggi maka spesimen uji tersebut semakin getas sesuai dengan temperatur yang diberikan dengan spesimen uji. (Junaidi dan Ade, 2020). Penurunan harga impak setelah *carburizing* selaras dengan hasil penelitian (Reza, Dkk 2022) yang menjelaskan bahwa spesimen yang telah melalui proses *carburizing* mengalami penurunan nilai *impact* dari spesimen *raw material*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada spesimen uji baja AISI 1042 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses karburisasi pada baja AISI 1042 menggunakan media pasir alumina dengan variasi suhu 700°C, 800°C dan 900°C dapat mempengaruhi kandungan ferrit dan perlit. Semakin tinggi suhu yang diberikan maka semakin tinggi kandungan perlitnya. Peningkatan ini terjadi seiring dengan variasi suhu selama proses *carburizing* berlangsung.
2. Dari berbagai variasi suhu, suhu 900°C memberikan hasil yang paling signifikan dalam meningkatkan kekerasan material. Nilai kekerasan yang diperoleh pada variasi suhu 900°C mencapai 755,86 HV, yang menunjukkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi awal bahan baku/*raw material*.
3. Dari berbagai variasi suhu yang digunakan, dapat mengetahui harga impact yang paling rendah pada variasi suhu 900°C yaitu 0,607 joule/mm². Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin rendah harga *impact* yang di hasilkan.

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 suhu, karena suhu yang digunakan sangat berpengaruh pada hasil perlit dan ferrit.

DAFTAR PUSTAKA

- Noviatiningrum, N., & Sidi, P. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan, serta Cara Pendinginan pada Proses Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah. In *Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application*, Vol. 1, No. 1
- Pramono, R. (2016). *Analisa Kekuatan Impak Dengan Variasi Sudut Bandul Pada Material Logam Baja ST37* (Doctoral dissertation).
- Dwiharsanti, M., Jaman, W. S., & Virdhian, S. (2016). Perancangan eksperimen baja karbon rendah hasil proses Pack Carburizing dengan metode eksperimen faktorial. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, vol. 10, no. 2
- Purboputro, P. I., Partono, P., & Ekaputra, R. Analisis pengaruh proses carburizing terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja ST 60 dengan variasi bahan karburasi karbon dengan mesh.
- Adi, B. P., Irfai, M. A., & Rosadi, M. M. (2020). Pengembangan alat uji impak charpy di bagian pengereman, berat pendulum, dan skala ukur pada mesin impak charpydi Laboraturium Teknik Mesin Unhasy. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, vol.1, no.2
- Djuhana, M. ANALISA UJI IMPAK CHARPY DENGAN PENDULUM YANG DIPASANG SENSOR STRAIN GAUGE.
- Noviatiningrum, N., & Sidi, P. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan, serta Cara Pendinginan pada Proses Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah. In *Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application*, Vol. 1, No. 1
- Wahyu, M., & Irwan, A. (2020). Analisa Uji Impak Baja Carbon Steel 1045 Dengan Menggunakan Metode Charpy. *Jurnal Simetri Rekayasa*, Vol.2, no.1
- Hartanto, A. D. (2023). *KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1050 MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DAN ARANG BATOK KELAPA PADA TEMPERATUR 700oC TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS* (Doctoral dissertation, ITN MALANG).
- Amri, R. S., Willis, G. R., & Sidiq, M. F. (2023). Carburizing Hammer Blacksmith Dengan Arang Cangkang Kerang & Kulit Durian. *Mestro*, vol.4, no. 03

- Noviatiningrum, N., & Sidi, P. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan, serta Cara Pendinginan pada Proses Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah. In *Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application*, Vol. 1, No. 1
- Rizki, M. A., Razi, M., & BUKHARI, B. (2022). pengaruh proses pack carburizing dengan variasi temperatur dan karbon aktif terhadap kekerasan permukaan baja aisi 1020. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, vol. 6 no. 2
- Ramadhan, M. R., & Sunyoto, S. (2022). Pengaruh Temperatur Pada Pack Carburizing Menggunakan Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Bambu Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja EMS 45. *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.17 no.3

LAMPIRAN I
BIODATA PENULIS

Nama : Aditya Naufal Ramadhani
Tempat, Tanggal Lahir : Temanggung, 05 Desember 2001
Jenis Kelamin : Laki – laki
Agama : Islam
Status : Lajang
Alamat : Kp. Sirnagalih Kel. Harjasari RT 02 / RW 02 Kota
Bogor Selatan, Jawa Timur
No. HP : 0851 5723 0056
Email : adityanaufal217@gmail.com



I. PENDIDIKAN FORMAL

Periode (Tahun)			Sekolah / Institusi	Jurusan / Kejuruan
2008	-	2014	SD NEGERI 1 CIAWI	-
2014	-	2017	SMP NEGERI 2 CIAWI	-
2017	-	2020	SMA NEGERI 1 CIAWI	MIPA

II. PENDIDIKAN INFORMAL

NO	NAMA KURSUS/PELATIHAN	PERIODE	TEMPAT
1	Praktek Kerja Nyata (PKN)	28 Juli 2023 – 28 Agustus 2023	PT. Ometraco Arya Samanta

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-15/LTA/2024
Lampiran :
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. **Dr. Eko Yohanes Setiawan, ST., MT. (Pemb 1)**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di Malang

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara Mahasiswa :

Nama : **ADITYA NAUFAL RAMADHANI**
Nim : **2011021**
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 S1


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

Tembusan Kepada Yth:

1. Bapak/Ibu Dosen FTI ITN Malang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip



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-16/LTA/2024
Lampiran :
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. **Tito Arif Sutrisno, S.Pd.,M.T (Pemb.2)**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di Malang

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara Mahasiswa :

Nama : **ADITYA NAUFAL RAMADHANI**
Nim : **2011021**
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 S1


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
DATA HASIL PENGUJIAN



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 STRUKTUR MIKRO

Nomor : ITN-012/Lab PM/VII/2024
Nama : ADITYA NAUFAL RAMADHANI
Tanggal Pengujian : 12 Juli 2024
Pekerjaan : Skripsi
Spesimen : AISI 1042
Lampiran : 2 Lembar

Telah melaksanakan pengujian / pengambilan data Uji Struktur mikro di Laboratorium Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Standar Pengujian : ASTM E407
Jumlah Spesimen : 4 Buah
Ukuran Spesimen : Panjang : 15 mm
Lebar : 15 mm
Tinggi : 15 mm

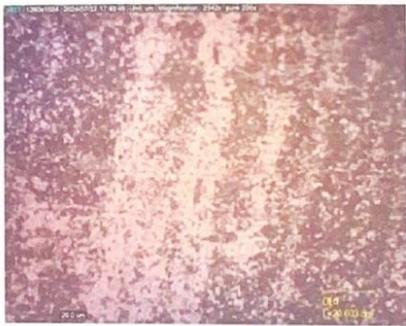
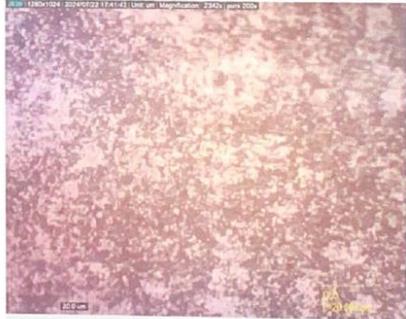
Hasil pengujian struktur mikro ini dapat dilihat pada lampiran.

Kepala Laboratorium Pengujian Material

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

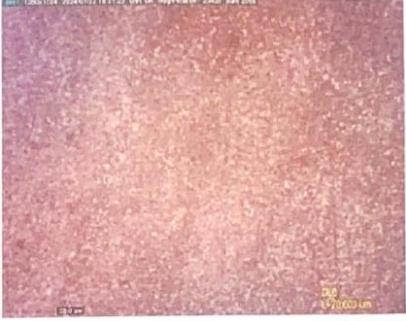
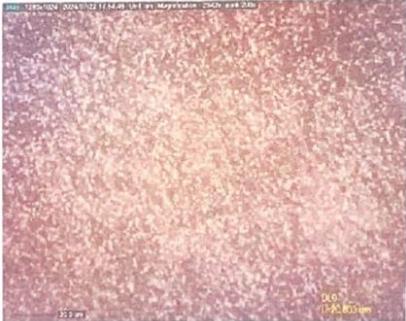


Hasil Uji Struktur Mikro

No	Sampel	Foto
1.	RAW	
2.	700°C	



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

3.	800°C 	 <p>120x100 2024/01/23 18:21:23 UTM by: Myasrullah - 2542 - 444 210x 20.0 15.2000um</p>
4.	900°C	 <p>120x100 2024/01/23 17:44:48 UTM by: Myasrullah - 2542 - 444 210x 20.0 15.2000um</p>



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-007/Lab PM/VII/2024
Nama : ADITYA NAUFAL RAMADHANI
Tanggal Pengujian : 02 Agustus 2024
Pekerjaan : Skripsi
Spesimen : AISI 1042

Variasi Suhu	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata per- spesimen uji	Nilai Rata – rata Kekerasan (HV)
Suhu 700°C	434,9	413,8	411,5	420,06	420,06
Suhu 800°C	618,4	678,8	677,3	658,16	658,16
Suhu 900°C	760,9	762,8	743,9	755,86	755,86

Kepala Laboratorium Pengujian Material

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



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 IMPAK

Nomor : ITN-012/Lab PM/VII/2024
Nama : ADITYA NAUFAL RAMADHANI
Tanggal Pengujian : 16 Juli 2024
Pekerjaan : Skripsi
Spesimen : AISI 1042

No	P (mm)	L (mm)	t (mm)	h (mm)	T (°C)	A (mm ²)	Sudut Awal	Sudut Akhir	Energi Actual (Joule)	Harga Impak (Joule/mm ²)	Permukaan Patahan	Kode Spesimen Uji
1	55,00	10	10	2	28	80	120	89,00	86,44	1,080	Patah Getas	Raw
2	55,00	10	10	2	28	80	120	95,00	68,96	0,862	Patah Getas	700(1)
3	55,00	10	10	2	28	80	120	95,20	68,38	0,854	Patah Getas	700(2)
4	55,00	10	10	2	28	80	120	95,15	68,53	0,856	Patah Getas	700(3)
5	55,00	10	10	2	28	80	120	98,12	59,93	0,749	Patah Getas	800(1)
6	55,00	10	10	2	28	80	120	98,30	59,41	0,742	Patah Getas	800(2)
7	55,00	10	10	2	28	80	120	99,05	57,25	0,715	Patah Getas	800(3)
8	55,00	10	10	2	28	80	120	102,10	48,51	0,606	Patah Getas	900(1)
9	55,00	10	10	2	28	80	120	101,85	49,22	0,615	Patah Getas	900(2)
10	55,00	10	10	2	28	80	120	102,20	48,22	0,602	Patah Getas	900(3)

Kepala Laboratorium Pengujian Material

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

LAMPIRAN IV
DOKUMENTASI HASIL PENELITIAN



Gambar Proses Pembuatan Spesimen

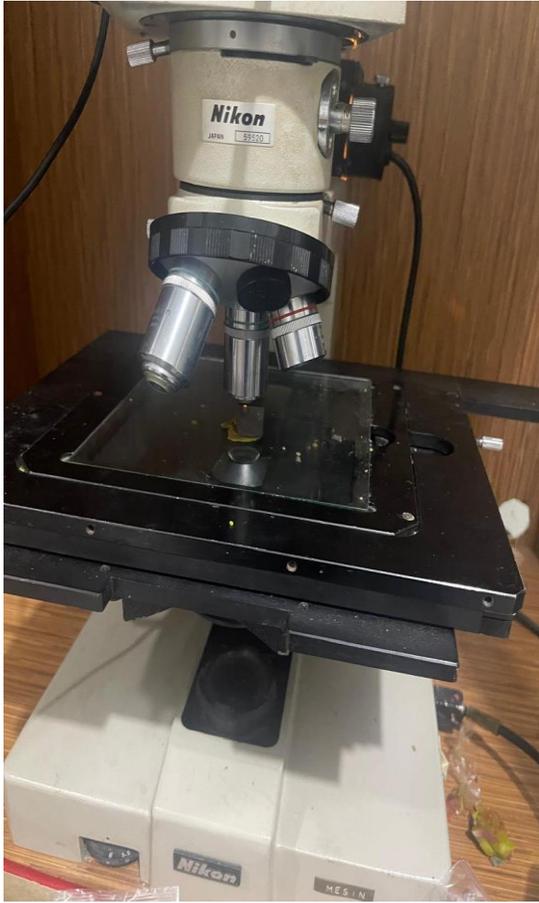


Gambar Saat Proses *Carburizing* dan *Quenching* Menggunakan Air





Gambar Proses *Carburizing* dengan variasi suhu 700°C, 800°C dan 900°C





Gambar Proses Pengujian Spesimen