TUGAS AKHIR - VM180629

ANALISA PENGARUH LAKU PANAS PENGERASAN INDUKSI PADA BAJA ST-41 DENGAN VARIASI TEMPARATUR MENGGUNAKAN MEDIA PENDINGIN AIR TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK

Affandi Firmansyah Nurqolbi
NRP. 10211500000028

Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, MSc.
NIP. 19601025 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT - VM180629

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE INDUCTION HARDENING HEAT BEHAVIOR in STEEL ST-41 WITH THE VARIATION OF TEMPARATUR USING MEDIA WATER COOLER AGAINST THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS AND IMPACT STRENGTH VALUES

Affandi Firmansyah Nurqolbi
NRP. 10211500000028

Counselor Lecture:
Ir. Eddy Widiyono, MSc.
NIP. 19601025 198701 1 001

DIPLOMA III
INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY VOCATIONAL
INSTITUT TECHNOLOGY SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA 2019

ANALISA PENGARUH LAKU PANAS PENGERASAN INDUKSI PADA BAJA ST-41 DENGAN VARIASI TEMPARATUR MENGGUNAKAN MEDIA PENDINGIN AIR TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Bidang Studi Manufaktur
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

Affandi Firmansyah Nurqolbi

NRP. 10211500000028

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Widiyono, M. Sc.

NIP. 19601025 198701 1 001

SURABAYA
JANUARI **2019**

ANALISA PENGARUH LAKU PANAS PENGERAAN INDUKSI PADA BAJA ST-41 DENGAN VARIASI TEMPARATUR MENGGUNAKAN MEDIA PENDINGIN AIR TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK

Nama Mahasiswa : Affandi Firmansyah Nurqolbi
NRP : 102115 00000 028
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri FV - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy Widiyono, MSc.

Abstrak

Baja ST41 merupakan salah satu dari golongan baja karbon rendah dimana baja ini memiliki kombinasi sifat mekanik yang baiks eperti: kekerasan, keuletan, dan ketangguhan yang baik. Baja karbon rendah sering digunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: gear, rantai, skrup, poros, dan lain-lain.

Pada pengujian ini menggunakan baja ST 41. Dilakukan laku panas pengerasan *induksi*.. Dalam hal ini menggunakan variasi temperatur (800C, 850C, dan 900C). Tujuan dari dilakukannya variasi temperatur tersebut yaitu untuk mengetahui sifat material, pengujian dalam penelitian ini meliputi Uji Struktur Mikro, Kekerasan, dan Pengujian Impak,

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa laku panas pada temperatur 900°C memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Karena terdapat kandungan *martensite* paling banyak. Dan pada laku panas temperatur 800°C memiliki kekuatan impak yang paling tinggi, karena kandungan *ferite* dan *pearlite* paling banyak serta terdapat sedikit kandungan *martensite.*

Kata kunci : Baja ST 41, Pegerasan Induksi, Uji Metalografi, Uji Kekerasan, Uji Impak

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE INDUCTION HARDENING HEAT BEHAVIOR in STEEL ST-41 WITH THE VARIATION OF TEMPARATUR USING MEDIA WATER COOLER AGAINST THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS AND IMPACT STRENGTH VALUES

Name : **Affandi Firmansyah Nurqolbi**
NRP : **102115 00000 028**
Department : **Dipl. 3 Industrial Mechanical Eng. FV - ITS**
Counselor Lecture : **Ir. Eddy Widiyono, MSc**

Abstrack

ST41 steel is one of the low-carbon steel where steel has the combination of good mechanical properties such as hardness, tenacity, and good toughness. Low carbon steel is often used for engine parts such as: gear, chains, couplers, shaft, and many others.

On this test using steel ST 41. Do conduct heat hardening induction. In this case use a variety of temperatures (800C, 850C, and 900C). The purpose of doing variations of the temperature that is to know the nature of the material, testing in this study include the Test Microstructure, Hardness, and impact testing.

From the results of research show that conduct heat at a temperature of 900 ° C has the value of hardness. Since there are at most martensite content. And in practice the heat temperature of 800 ° C have the power of the most high-impact, due to the womb ferite and pearlite at most and there is little content of martensite.

Key Word : Steel ST 41, Induction Hardening, Metalografi Test, Hardness Test, Impact Test

KATA PENGANTAR

AlhamdulillahiRabbil‘Alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menuntas kan seluruh pengerjaan Tugas Akhir ini yang berjudul : “Analisa Pengaruh Laku Panas Pengerasan Induksi Pada Baja ST-41 Dengan Variasi Temperatur Menggunakan Media Pendingin Air Terhadap Struktur MIkro, Nilai Kekerasan, dan Kekuatan Impak”.

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan akademis dan memperoleh gelar Ahli Madya dalam menempuh pendidikan Bidang Studi Manufaktur di program Studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semuapihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. **Bapak Ir. Eddy Widiyono, MSc.** Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu mengenai motor pembakaran dalam yang terkait dengan tugas akhir.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS**.**
3. **Bapak Ir. Suhariyanto, MT.** Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
4. **Para Dosen Penguji** selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
5. Ibu (Nur Iffah) dan Ayah (Budiono) yang selalu memberikan cinta kasih, doa dan dukungan.

6. **Seluruh Dosen** dan **Karyawan** yang telah banyak membimbing penulis dalam menggali ilmu di D3 Teknik Mesin ITS.
7. **Lisa Mirdianti** yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. **Udin Prabowo** Selaku Aslab yang telah memberikan ijin meminjam alat-alat untuk pengerjaan tugas akhir ini.
9. **Ahmad Faras, Bagus Inggil, Zendyka, Cakra Januar** atas kerjasamanya dalam mengerjakan dan menjadi partner yang baik dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. **Seluruh teman-teman Warga Angkatan 2015** khususnya GW21, Rego Family yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terima kasih atas segala kritik dan saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
11. Semua pihak yang belum disebutkan di atas yang telah memberikan do'a, bantuan, dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
TITLE PAGE..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL..... **xvi**

BAB I
PENDAHULUAN..... **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah..... 2
1.4 Tujuan..... 2
1.5 Manfaat..... 3
1.6 Sistematika Penulisan 3

BAB II
DASAR TEORI **5**
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Baja Karbon..... 6
2.2.1 Baja Karbon Rendah..... 6
2.2.2 Baja Karbon Sedang..... 6
2.2.3 Baja Karbon Tinggi 6
2.2.4 Kandungan Karbon..... 7
2.3 Sifat Mekanik Material..... 8
2.4 Diagram Fe-Fe_3C..... 10
2.5 Diagram CCT 13
2.6 Pengerasan Permukaan dengan Pemanas Induksi 15
2.7 Pengujian Material..... 16
2.8 Hardness Test 17
2.8.1 Uji Kekerasan Rockwell..... 18

2.9 Uji Impak 21
2.10 Uji Metalografi 28

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN 33
3.1. Diagram Alir Penelitian 33
3.2. Waktu Pelaksanaan Penelitian 34
3.3. Tempat Penelitian 35
3.4. Benda Uji 35
3.4.1 Spesimen Uji Metalografi 36
3.4.2 Spesimen Uji Kekerasan 36
3.4.3 Spesimen Uji Impak 37
3.5. Langkah Percobaan 37
3.5.1 Sudi Literatur 37
3.5.2 Proses Pengerasan Permukaan Induksi 37
3.5.3 Pendinginan 38
3.5.4 Polishing 38
3.5.5 Metalografi 39
3.5.3.1 Material 39
3.5.3.2 *Etching* 40
3.5.3.3 Mikroskop 41
3.5.6 Uji Kekerasan 44
3.5.7 Uji Impak 46

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN 49
4.1 Variasi Temperatur dan Waktu Penahanan 49
4.2 Hasil Uji Metalografi 49
4.2.1 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal 50
4.2.2 Hasil Uji Metalografi Temperatur 800˚C 50
4.2.3 Hasil Uji Metalografi Temperatur 850˚C 53
4.2.4 Hasil Uji Metalografi Temperatur 900˚C 55
4.2.5 Analisa Persentase Fasa pada Benda Uji 58
4.3 Hasil Uji Kekerasan 60
4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal 60
4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 800˚C 61
4.3.3 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 850˚C 64

4.3.4 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 900˚C 66
4.3.5 Analisa Hasil dari Pengujian Kekerasan 68
4.4 Hasil Uji Impak 69
4.4.1 Hasil Uji Kondisi Awal 69
4.4.2 Hasil Uji Impak Temperatur 800˚C 70
4.4.3 Hasil Uji Impak Temperatur 850˚C 71
4.4.4 Hasil Uji Impak Temperatur 900˚C 72
4.4.5 Analisa Hasil Uji Impak 73

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1. Kesimpulan 75
5.2. Saran 76

DAFTAR PUSTAKA
BIODATA
LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Sifat Mekanis 7
Gambar 2.2 Diagram Fe-Fe_3C 11
Gambar 2.3 Diagram CCT 14
Gambar 2.4 Alat Pemanas Induksi 16
Gambar 2.5 Prinsip kerja mesin uji kekerasan Rockwell 19
Gambar 2.6 Ilustrasi Skematik Pengujian Impak Metode Charpy 22
Gambar 2.7 Ilustrasi Skematik Pengujian Impak Metode Izod 23
Gambar 2.8 Spesimen Uji Impak Charphy 24
Gambar 2.9 Spesimen Uji Impak Izod..... 24
Gambar 2.10 Hubungan Antara Temperature Kerja Material Dan Kekuatan Impak 25
Gambar 2.11 Kebutuhan Energi untuk mematahkan Spesimen 27
Gambar 2.12 Mikrostruktur *Ferrite*..... 29
Gambar 2.13 Mikrostruktur *Pearlite* 29
Gambar 2.14 Mikrostruktur *Austenit* 30
Gambar 2.15 Mikrostruktur *Sementit* 31
Gambar 2.16 Mikrostruktur *Bainite*..... 31
Gambar 2.17 Mikrostruktur *Martensite*..... 32
Gambar 3.1 *Flow Chart Diagram*..... 34
Gambar 3.2 Dimensi Spsimen Uji Metalografi 36
Gambar 3.3 Dimensi Spsimen Uji Kekerasan 36
Gambar 3.4 Dimensi Spsimen Uji Impak *Charpy*..... 37
Gambar 3.5 Alat *Polishing* 39
Gambar 3.6 *Olympus* 43
Gambar 3.7 *Mikroskop* 43
Gambar 3.8 Titik – Titik Indentasi Uji Kekerasan 45

Gambar 3.9 *Rockwell Hardness Test* 45
Gambar 3.10 Alat Uji Impak 46
Gambar 4.1 Struktur Mikro Tiap Titik Temperatur 800°C..... 52
Gambar 4.2 Struktur Mikro Tiap Titik Temperatur 850°C..... 55
Gambar 4.3 Struktur Mikro Tiap Titik Temperatur 900°C..... 57
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Struktur Mikro Pada Titik 1 antara Temperatur 800˚C, 800°C, dan 900°C 58
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Struktur Mikro Pada Titik 2 antara Temperatur 800˚C, 800°C, dan 900°C 59
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Struktur Mikro Pada Titik 3 antara Temperatur 800˚C, 800°C, dan 900°C 59
Gambar 4.7 Grafik Nilai Kekerasan *Specimen* Kondisi Awal. 60
Gambar 4.8 Grafik Nilai Kekerasan *Specimen* Dengan Kondisi Awal 61
Gambar 4.8 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Temperatur 800°C 62
Gambar 4.10 Grafik Nilai Kekerasan *Specimen* Dengan Temperatur 800˚C 63
Gambar 4.11 Spesimen Hasil Uji Kekerasan Temperatur 800˚C. 63
Gambar 4.12 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Temperatur 850˚C. 64
Gambar 4.13 Grafik Nilai Kekerasan *Specimen* Dengan Temperatur 850˚C 65
Gambar 4.14 Spesimen Hasil Uji Kekerasan Temperatur 850˚C 65
Gambar 4.8 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Temperatur 900°C..... 66
Gambar 4.16 Grafik Nilai Kekerasan Specimen Dengan Temperatur 900˚C 67

Gambar 4.17 Spesimen Hasil Uji Kekerasan Temperatur 900˚C ..... .67
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Dari Seluruh Specimen Pengujian ..... .68
Gambar 4.19 Spesimen Hasil Uji Impak Temperatur 800˚C... .71
Gambar 4.20 Spesimen Hasil Uji Impak Temperatur 850˚C... .72
Gambar 4.21 Spesimen Hasil Uji Impak Temperatur 900˚C... .73
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Bebean Impak Dari Seluruh Specimen Pengujian ..... .74

Halamaan ini sengaja dikosongkam

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon..... 8
Tabel 2.2 Skala Uji dan Jenis Identor Kekerasan Rockwell..... 18
Tabel 2.3 Skala Uji Kekerasan Rockwell 20
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Baja ST 41 35
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Metalografi Kondisi Awal 35
Tabel 4.1 Data Variasi Temeperatur dan Waktu Penahanan 49
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Metalografi Kondisi Awal 50
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Metalografi Temperatu 800˚C 51
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Metalografi Temperatu 850˚C 53
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Metalografi Temperatu 900˚C 56
Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal..... 61
Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 800˚C 62
Tabel 4.8 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 850˚C 64
Tabel 4.9 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 900˚C 66
Tabel 4.10 Spesifikasi Mesin Uji Impak 69
Tabel 4.11 Data Hasil Uji Impak Kondisi Awal..... 69
Tabel 4.12 Data Hasil Ujii Impak Temperatur 800˚C 70
Tabel 4.13 Data Hasil Ujii Impak Temperatur 850˚C 71
Tabel 4.14 Data Hasil Ujii Impak Temperatur 900˚C 72

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perlakuan permukaan (Surface Treatment) pada suatu material merupakan salah satu topik yang menarik untuk diteliti dan dikembangkan. Salah satu metode yang terus berkembang adalah pengerasan permukaan induksi (Induction Hadening). Fakta menunjukan bahwa kerusakan suatu material atau komponen mesin selalu diawali dari permukaannya, sehingga penelitian dan pengembangan ilmu perlakuan permukaan tersebutmasih sangat dibutuhkan penelitian ini bertujuan untuk menambah referensi mata kuliahkhususnya ilmu perlakuan permukaan dan membuka wawasan bagi mahasiswa bahwa data bahan yang ada didalam buku masih dapat ditambah atau bahkan diperbaiki. Dengan adanya buku ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk menambah referensi bagi mahasiswa atau peneliti dan sebagainya.

Material yang diberi perlakuan permukaan hanya mengalami perubahan pada permukaanya saja,sedangkan material dasar yang berada dilapisan lebih dalam tidak mengalami perubahan sifat.

Baja adalah salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidangteknik. Baja merupakan logam paduan yang komponen utamanya adalah besi, dengan karbon sebagai material paduan. Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan kebutuhan karena banyak sekali macamnya.

Baja sendiri dibedakan menjadi dua macam, yaitu : baja karbon dan baja paduan. Baja tahan karat merupakan baja yang tergolong dalam baja paduan. Baja tahan karat biasa disebut juga baja nirkarat atau *stainless steel*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penelitian tersebut ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan masalah tersebut adalah :

1. Bagaimana pengaruh temperatur terhadap struktur mikro material baja tahan karat ST 41 yang telah dilakukan proses pengerasan permukaan dengan tiga variasi suhu pemanasan.
2. Bagaimana pengaruh temperatur terhadap kekerasan material baja tahan karat ST 41 yang telah dilakukan proses pengerasan permukaan dengan tiga variasi suhu pemanasan.
3. Bagaimana pengaruh temperatur terhadap pengujian impak material baja tahan karat ST 41 yang telah dilakukan proses pengerasan permukaan dengan tiga variasi suhu pemanasan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pasa tugas akhir ini adalah :

1. Bahan yang digunakan adalah baja ST 41
2. Menggunakan variasi temperatur 800°C, 850°C, dan 900°C
3. Menggunakan waktu penahanan 10 menit

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh struktur mikro pada material baja ST 41 yang telah dilakukan proses pengerasan permukaan dengan variasi suhu pemanasan.

2. Mengetahui pengaruh terhadap kekerasan pada material baja ST 41 yang telah dilakukan proses pengerasan permukaan dengan variasi suhu pemanasan.
3. Mengetahui pengaruh terhadap beban impak pada material baja ST 41 yang telah dilakukan proses pengerasan permukaan dengan variasi suhu pemanasan.

1.5 manfaat Penulisan

Dapat menerapkan pengetahuan dan teori yang selama ini didapatkan dari pembelajaran dibangku kuliah untuk diaplikasikan pada permasalahan yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelasan mengenai isi dari setiap bab-bab, diantaranya :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan dan manfaat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah proses pengujianpengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian kekerasan dan pengujian metalografi.

BAB V KESIMPULAN

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan.

LAMPIRAN

Berisi tentang data-data tambahan yang menunjang tugas akhir.

BAB 2
DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam suatu penelitian, diperlukan dukungan hasil –hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian tersebut.

Dari penelitian Tarsono Dwi Susanto, dalam jurnal yang berjudul *"Studi Pengerasan Permukaaan Dengan Cara Pengerasan Induksi"* perlakuan panas induksi pada low alloy steel pada mesin pemanas induksi 15 kW dengan fluida pendingin air. Menggunakan variasi lama waktu menghasilkan kekerasan, permukaan yang meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemanasan, sehingga dapat disimpulkan bahwa lama pemanasan berpengaruh terhadap kekerasan yang terjadi akibat laku panas induksi.

Kemudian dari penelitian oleh Edi Widodo dan Miftahul Huda dalam jurnal yang berjudul *"Optimasi Holding Time untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S 45 C"*, laku panas dengan suhu pemanasan 850°C dengan media pendingin Oli SAE 90. holding time 10 menit, kemudian holding time 20 menit, dan kekerasan tertinggi diperoleh pada holding time 30 menit menghasilkan pembentukan martensit terjadi belum sempurna. Hal ini disebabkan pada waktu holding yang pendek.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Beta Hartono dalam jurnal yang berjudul *"PENGERASAN BAJA AISI O1 DENGAN METODA PERLAKUAN PANAS"*, kekerasan yang dapat dicapai bergantung pada kadar karbon dalam logam baja dan unsur lainya dalam baja, temperatur pemanasan, holding time dan laju pendinginan yang dilakukan saat proses perlakuan panas. Perlu dipahami pada proses pengerasan baja, bahan yang diproses

rentan akan kejadian yang tidak kita inginkan, seperti distorsi , retak ataupun tidak tercapainya kekerasan yang kita inginkan.

2.2 Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan yang sebagian besar terdiri dari unsur besi dan karbon 0,2%-2,1%.Selain itu juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya. Namun unsur-unsur ini hanya dalam presentase kecil. Sifat baja karbon dipengaruhi oleh presentase karbon dan struktur mikro. Sedangkan struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan campuran unsur lain dalam baja dapat meningkatkan nilai kekerasan, tahan gores dan tahan suhu. Karena unsur paduan utama baja adalah karbon, dengan ini baja dapat digolongkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi.

2.2.1 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja kurang dari 0,2% C. Baja ini kurang efektif untuk dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

2.2.2 Baja Karbon Sedang

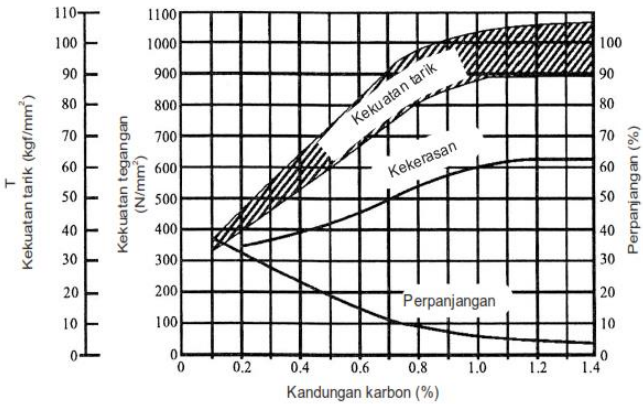
Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3%C - 0,6%C. Dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui proses perlakuan panas yang sesuai. Baja ini lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

2.2.3 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon 0,6%C - 2% C dan memiliki kekerasan yang lebih tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyaknya martensit, sehingga membuat baja menjadi getas.

2.2.4 Kandungan Karbon

Sifat baja berubah sesuai dengan kondisi pembuatan baja dan metode perlakuan panas. Sifat mekanis dari baja besar perbedaannya sesuai dengan kandungan karbon. Umumnya dengan kandungan karbon yang lebih tinggi menaikkan tegangan tarik, titik mulur dan kekerasan tetapi menurunkan *machineability* dan sifat mampu las serta cenderung retak. Maka baja bila akan dilas harus mempunyai kandungan karbon rendah.



Gambar 2.1 Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Sifat Mekanis

Sehubungan dengan kandungan karbon, baja karbon diklasifikasikan menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Baja karbon juga dapat diklasifikasikan baja keras yang dapat dikeraskan dan baja lunak yang tidak dapat dikeraskan.

Table 2.1 Klasifikasi Baja Karbon

Jenis	Kandungan karbon	Penggunaan utama
Baja karbon rendah atau baja lunak	0,08% Sampai 0,3%	Baja roll biasa atau plat baja, profil, pipa, gulungan.
Baja karbon sedang	0,31% Sampai 0,59%	Baja untuk struktur mesin, poros, roda gigi, baut, mur.
Baja karbon tinggi atau baja keras	0,6% sampai 2,0%	Baja untuk rel kereta api, baja perkakas, baja pegas, baja alat ukur.

Baja ST41 merupakan salah satu dari golongan baja karbon rendah dimana baja ini memiliki kombinasi sifat mekanik yang baiks eperti: kekerasan, keuletan, dan ketangguhan yang baik. Baja karbon rendah sering digunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: gear, rantai, skrup, poros, dan lain-lain.

2.3 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material atau komponen untuk menerima beban, gaya dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada

material atau komponen tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain :

1) **Kekuatan *(Strenght)***
   Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.
2) **Kekakuan *(stiffness)***
   Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk.
3) **Kekenyalan *(elasticity)***
   Merupakan kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan atau dengan kata lain kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami perubahan bentuk (deformasi).
4) **Plastisitas *(plasticity)***
   Merupakan kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (deformasi plastis*)* tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet *(ductile)*, sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas *(brittle).*
5) **Keuletan *(ductility)***
   Merupakan kemampuan sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet *(ductile)* ini harus kuat dan lentur. Keuletan

biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan.

6) **Ketangguhan *(toughness)***

   Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

7) **Kegetasan *(brittleness)***

   Merupakan kemampuan sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanen.

8) **Kelelahan *(fatigue)***

   Merupakan kemampuan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik *(dynamic load)* yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastisnya.

9) **Melar *(creep)***

   Merupakan kemampuan kecenderungan suatu logam untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (deformasi plastis) bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

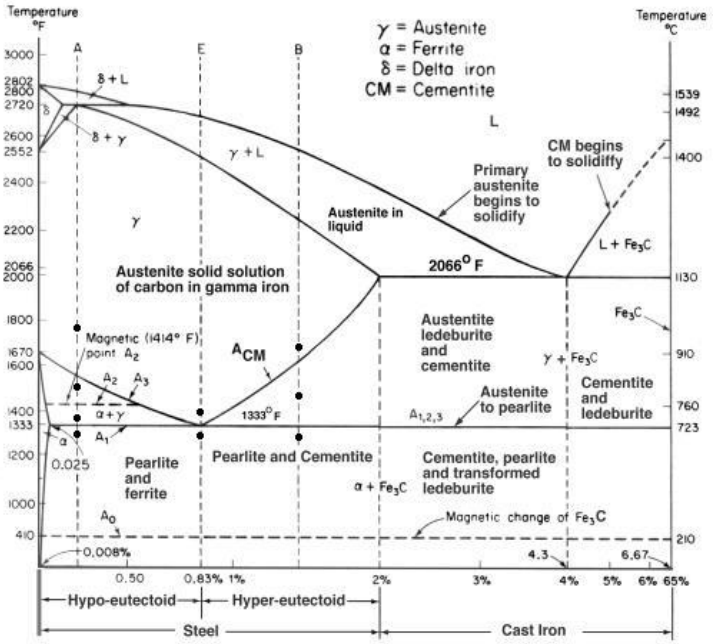
10) **Kekerasan *(hardness)***

    Merupakan kemampuan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan *wear resistance* yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan

2.4 Diagram Fe-Fe_3C

Dalam besi cair karbon dapat larut, tetapi dalam keadaan padat kelarutan karbon dalam besi akan terabatas. Selain sebagai

larutan padat, besi dan karbon juga dapat membentuk senyawa interstisial (interstisial compound) , eutektik dan juga eutektoid, atau mungkin juga karbon akan terpisah (sebagai grait). Diagram keseimbangan sistem paduan besi-karbon cukup kompleks, tetapi hanya sebagian yang digunakan yaitu bagian antara besi murni sampai senyawa interstisialnya. Karbida besi Fe_3C yang mengandung 6,67% C. Diagram fase yang banyak digunakan adalah diagram fase besi-karbida besi, stau disebut dengan diagram Fe-Fe_3C.



Gambar 2.2 Diagram Fe-Fe_3C

Secara garis besar sistem paduan besi-karbon dapat dibedakan menjadi dua yaitu baja dan besi tuang (cast iron). Dari

diagram tampak bahwa baja tidak mengandung struktur eutektik, karenanya itu mengapa sifatnya berbeda sekali dengan besi tuang (yang strukturnya eutektik). Nama/istilah yang terdapat pada diagram fase besi-karbida besi dapat dijelaskan sebagai berikut:

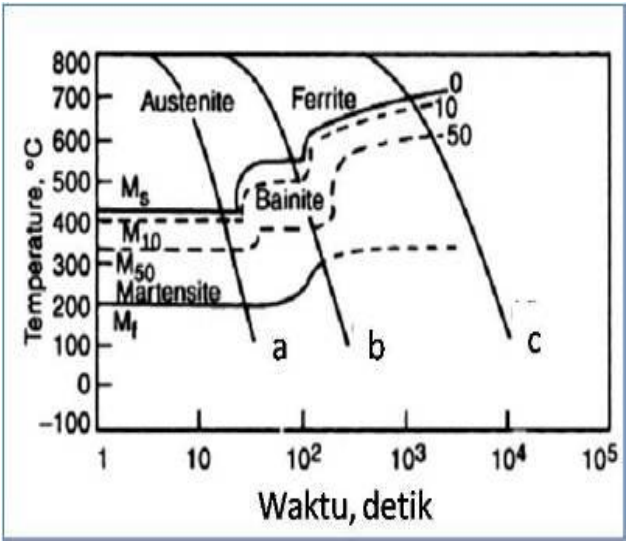
1) Cementit adalah karbida besi Fe_3C, merupakan senyawa interstisial mengandung 6,67% C. Sangat keras (± 650 BHN), getas dan kekuatan rendah (± 350 kg/cm2). Struktur Kristal orthorhombik.
2) Austenite adalah larutan padat karbon dalam besi γ. Kekuatan tarik ± 1050 kg/cm2, kekerasan 40 Rc, ketangguhan tinggi. Biasanya tidak stabil pada temperature kamar.
3) Ledeburite adalah suatu eutectic mixture dari austenite dan cementite, mengandung 4,3%C, berbentuk 1130°C.
4) Ferrite adalah larutan padat karbon dalam besi α. Kelarutan karbon maksimum 0,025% (pada 723%C), dan hanya 0,008% di temperature kamar. Kekuatan rendah tetapi keuletan tinggi, kekerasan kurang dari 90 RB.
5) Pearlite adalah suatu eutectoid mixture dari sementite dan ferrit. Mengandung 0,8% C, berbentuk pada 723°C.
6) Lower Critical Temperature (temperature kritis bawah) A1, temperature eutectoid. Pada diagram Fe – Fe3C tampak berupa garis mendatar di temperature 723°C. Pada temperature ini terjadi reaksi eutectoid.
7) Upper Critical temperature (temperatur kritis atas) A3, temperature awal terjadinya perubahan allotropic dari γ ke α (pada pendinginan) atau akhir perubahan allotropic dari α ke γ (pada pemanasan.
8) Garis solvus Acm merupakan batas kelarutan karbon dalam austennit. Dengan menggunakan diagram keseimbangan memang mungkin dapat diramalkan

struktur yang akan terjadi pada suatu paduan (asalkan pada kondisi ekuilibrium atau yang dapat dianggap ekuilibrium), dengan demikian juga akan dapat diramalkan sifatnya.

9) 0,008%C = Batas kelarutan maksimum Carbon pada Ferrite pada temperature kamar 0,025%C = Batas kelarutan maksimum Carbon pada Ferrite pada temperature 723°C
10) 0,83%C = Titik Eutectoid 2%C = Batas kelarutan Carbon pada besi Gamma pada temperature 1130 Derajat Celcius 4,3%C = Titik Eutectic 0,1%C = Batas kelarutan Carbon pada besi Delta pada temperature 1493 Derajat Celcius.
11) Garis Liquidus ialah garis yang menunjukan awal dari proses pendinginan (pembekuan). Garis Solidus ialah garis yang menunjukan akhir dari proses pembekuan (pendinginan). Garis Solvus ialah garis yang menunjukan batas antara fasa padat denga fasa padat atau solid solution dengan solid solution. Garis Acm = garis kelarutan Carbon pada besi Gamma (Austenite) Garis A3 = garis temperature dimana terjadi perubahan Ferrit menjadi Autenite (Gamma) pada pemanasan.
12) Garis A1 = garis temperature dimana terjadi perubahan Austenite (Gamma) menjadi Ferrit pada pendinginan. Garis A0 = Garis temperature dimana terjadi transformasi magnetic pada Cementid. Garis A2 = Garis temperature dimana terjadi transformasi magnetic pada Ferrite.

2.5 Diagram CCT

Diagram CCT merupakan diagram yang menggambarkan hubungan antara laju pendinginan kontinyu denganfasa atau struktur yang terbentuk setelah terjadinya transformasi fasa.



Gambar 2.3 Diagram CCT

Pada gambar diatas menunjukkan diagram CCT secara skematis. Terlihat bahwakurva pendinginan berbeda-beda akan menghasilkan fasa atau struktur baja yang berbeda. Setiap kurva pendinginan yaitu kurva (a), (b), dan (c) memperlihatkan permulaan dan akhir dari dekomposisi *austenite* fasa baja akhir.

Diagram ini dapat memperkirakan fasa yang terbentuk dengan laju pendinginan yang berbeda. Atau dengan kata lain, pada diagram CCT dapat dilihat pengaruh laju pendinginan terhadap fasa yang terbentuk. Setiap fasa memiliki sifat mekanik tersendiri, sehingga sifat logamakan ditentukan oleh fasa yang terdapat didalamnya. Ini berarti sifat logam dapat dirubah atau disesuaikan dengan kebutuhan melalui perlakuan panas dengan laju pendinginan berbeda.

2.6 Pengerasan Permukaan dengan Pemanas Induksi

Pemanasan secara induksi berdasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Prinsip ini dijelaskan pertama kali oleh Michael Faraday pada tahun 1831. Prinsip induksi elektromagnetik ini menjadi dasar penemuan transformator. Tidak lama setelah itu berbagai aplikasi pemanasan secara induksi telah berkembang pesat. Pada pemanasan induksi, panas dihasilkan didalam material dan berasal dari pemanasan oleh material itu sendiri sehingga energi dapat digunakan secara maksimal untuk memanaskan material.

Pemanasan secara induksi memiliki karakteristik sebagai berikut:

1) Secara teknis:
   a. Karena kerapatan energinya tinggi, pemanas induksi bisa berukuran kecil dan mampu melepaskan panas dalam waktu yang relatif singkat.
   b. Dengan induksi dimungkinkan untuk mencapai suhu yang sangat tinggi.
   c. Pemanasan dapat dilakukan pada lokasi tertentu.
   d. Sistem dapat dibuat bekerja secara otomatis.
2) Konsumsi energi:
   a. Pemanas induksi secara umum memiliki efisiensi energi yang tinggi, namun hal ini juga bergantung pada karakteristik material yang dipanaskan.
   b. Rugi-rugi pemanasan dapat ditekan seminimal mungkin.
3) Kualitas
   a. Dapat dilakukan pada kondisi kedap udara sehingga kemurnian material dapat dijaga.
   b. Lokasi yang dipanaskan dapat ditentukan secara akurat.

c. Suhu dapat diatur secara tepat.

4) Dampak lingkungan:

Tidak menghasilkan gas-gas sisa pembakaran.

5) Kekurangan:

a. Dibutuhkan investasi yang tinggi untuk sistem besar jika dibandingkan dengan sistem lain.
b. Pemanasan induksi lebih dipilih untuk memanaskan material dengan bentuk yang sederhana

Gambar 2.4 Alat Pemanas Induksi

2.7 Pengujian Material

Proses pengujian material adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur mikro dan

makro. Adapun proses pengujiannya dikelompokkan ke dalam tiga kelompok metode pengujian, yaitu :

1) DT *(Destructive Test)*, yaitu adalah proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan pada logam yang diuji.
2) NDT *(Non Destructive Test)*, yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan pada logam atau benda yang diuji.
3) *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, dan bentuk strukturnya.

Penjelasan mengenai pengujian logam akan dijelaskan lebih lanjut. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai ketiga metode pengujian logam.

2.8 *Hardness Test*

Hardness Test adalah pengujian untuk mengetahui nilai kekerasan suatu bahan, dalam hal ini kekerasan pada daerah *base metal, weld metal dan HAZ*. Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena kekerasan dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain, yaitu strenght (kekuatan). Bahkan nilai kekuatan tarik yang dimiliki suatu material dapat dikonversi dari kekerasannya. Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, yaitu :

1) Metode Pengujian Kekerasan *Brinell*
2) Metode Pengujian Kekerasan *Vickers*
3) Metode Pengujian Kekerasan *Rockwell*

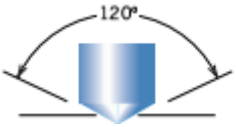
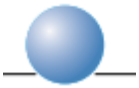
Dari ketiga metode tersebut yang sering digunakan hanya dua saja, *Brinell* dan *Vickers*, namun pada penelitian kali ini akan menggunakan metode *Rockwell*.

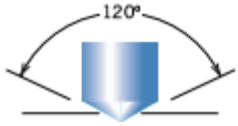
2.8.1 Uji Kekerasan *Rockwell*

Pada pengujian kekerasan rockwell, angka kekerasan yang di peroleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada specimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode rockwell dapat digunakan dua bentuk indendtor, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan bentuk kerucut dari intan (*diamond cone).* Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indentor, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung pada mesin tanpa perlu perhitungan tambahan

Prosedur pengujian kekerasan Rockwell dilakukan dengan melakukanmenuirunkan indentor ke permujkaan benda uji, kemudian pembebanan awal dengan beban sebesar 10 Kg (Beban Minor). Setelah itu jarum penunjuk di set ke angka nol skala hitam , kemudian beban utama (Beban Mayor) diberikan.

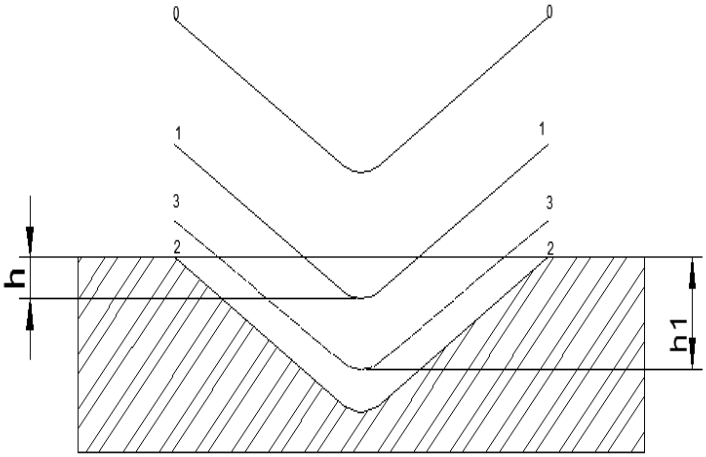
Tabel 2.2 Skala Uji dan Jenis Identor Kekerasan Rockwell

Scale	Identor	Mayor Weight (kgf)	Unit
A	 Diamond Cone 120°	60	HRA
B	 Ball Ø 1.588 mm	100	HRB

C	 Diamond cone 120°	150	HRC

Skala B digunakan untuk mengukur kekerasan logam – logam yang lunak seperti tembaga, baja lunak, paduan aluminium, besi cor mampu tempa dan lain sebagainya. Skala C digunakan untuk menguji keras bahan – bahan yang lebih keras seperti baja, besi cor, baja hasil pengerasan kulit (case hardening) dan segala material yang lebih keras dari 100 HRB. Skala A digunakan untuk baja tipis.

Meskipun hasil pengujian telah dapat dibaca langsung sesaat setelah pengujian, namun terdapat metode perhitungan kekerasan dengan mengkur kedalaman indentasi.



Gambar 2.5 Prinsip kerja mesin uji kekerasan Rockwell

Keterangan :
0 – 0 Posisi sebelum indentasi
1 – 1 Penetrasi pada saat beban awal (beban minor)
2 – 2 Penetrsai pada saat beban utama (beban mayor)
3 – 3 kedalaman pada saat beban mayor dilepas

Hasil dari pengujian kekerasan Rockwell menghasilkan angka yang tidak memiliki satuan, tetapi dengan satu huruf di belakang seperti tabel 2.2 yang menyebutkan kondisi pengujian, contoh : “kekerasan yang didapat 55 HRC”, dengan pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian kekerasan menggunakan mesin uji keras Rockwell dan menggunakan skala Rockwell C.

Angka pada pada mesin terdiri dari dua warna, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi dari 100 divisi, dimana setiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0.002 mm. Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi (h1) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{HRC} = 130 - \frac{kedalaman\ indentasi\ (mm)}{0.002}$$

$$\text{HRB} = 100 - \frac{kedalaman\ indentasi\ (mm)}{0.002}$$

Table 2.3 Skala Uji Kekerasan Rockwell

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

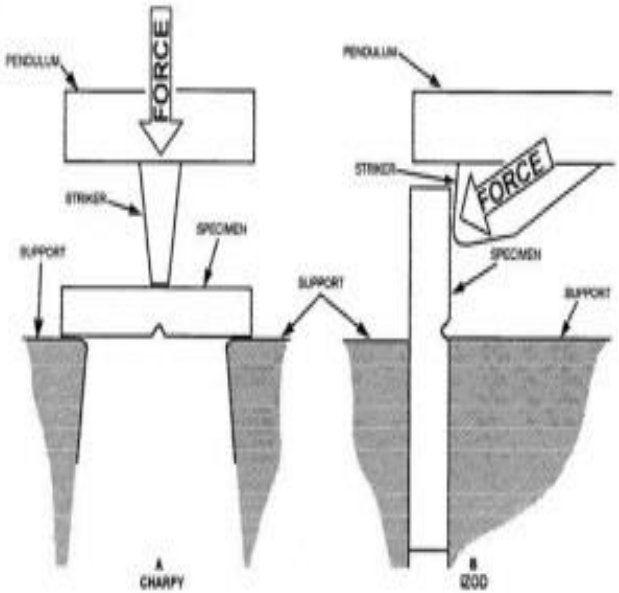
2.9 Uji Impact

Uji impak adalah salah satu pengujian sifat mekanik yang menguji suatu ketangguhan suatu material atau bisa disebut kemampuan suatu material untuk menyerap energi sebelum terjadinya patahan.

Secara umum metode pengujian impak terdiri dari 2 jenis yaitu:

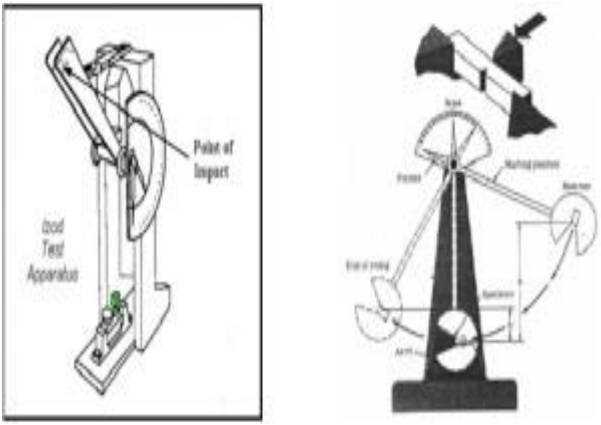
- Metode Charpy
- Metode Izod

Metode Charpy: Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/ mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.



Gambar 2.6 Ilustrasi skematik pengujian impak metode Charpy

Metode Izod: Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi , dan arah pembebanan serah dengan arah takikan.

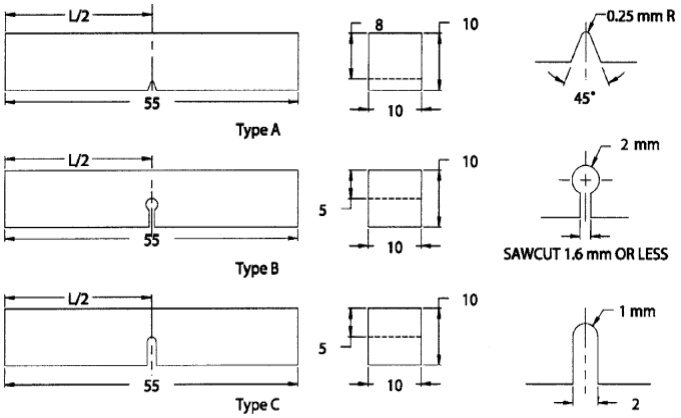


Gambar 2.7 Ilustrasi skematik pengujian impak metode Izod

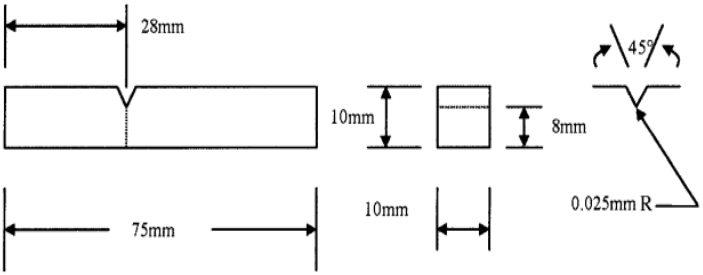
Pengujian ini juga berguna untuk melihat efek – efek yang ditimbulkan oleh adanya takikan, bentuk takikan, temperatur dan faktor – faktor lainnya. Adapun uji impak bertujuan untuk menetukan :

1) Ketahanan beban impak
2) Sensivitas dari bahan terhadap adanya takik
3) Analisa patahan dari benda kerja

Dalam uji impak, energy didapat dari bandul yang mempunyai ketinggian tertentu dan berayun kemudian memukul benda uji. Selisih dari energy potensial bandul sebelum dan sesudah memukul benda uji merupakan energy yang dapat diserap oleh benda uji tersebut. Berdasarkan bentuk bendaujinya, uji impak dibagi menjadi dua, yaitu charpy dan izod. Pada benda uji impak *charpy*, *notch* atau takik diletakan di tengah benda uji (simetris), sedangkan pada uji impak *izod*, Takik diletakan tidak di tengah benda uji (asimetris).

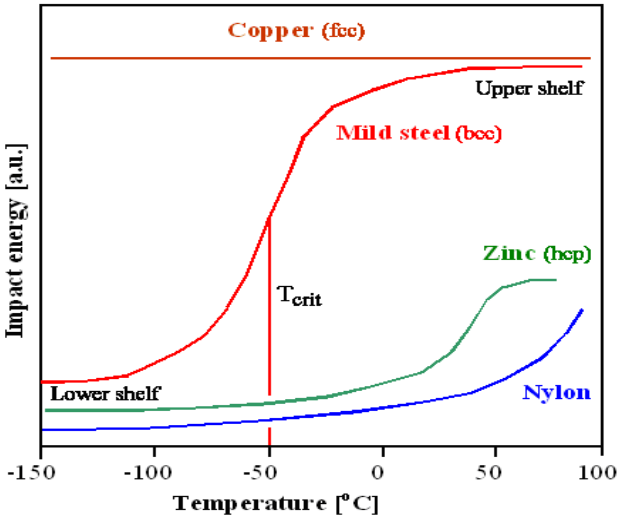


Gambar 2.8 Spesimen uji impak charphy
Sumber : ASTM E23



Gambar 2.9 Spesimen uji impak Izod
Sumber : ASTM E23

Salah satu faktor yang mempengaruhi ketahanan impak material adalah suhu material itu sendiri. Efek dari temperatur berbeda pada setiap material. Kenaikan temperature kerja akan meningkatkan kekuatan impak logam, sedangkan apabila temepratur kerja dari suatu material berada di bawah temeperatur transisi material yang digunakan, maka akan terjadi *crack* bahkan *fracture* akibat beban impak.



Gambar 2.10 Hubungan antara temperature kerja material dan kekuatan impak

Takik atau *notch* memegang peranan penting terhadap Keluatan impak suatu material. Jika terdapat dua buah material dengan jenis yang sama dan luas penampang yang sama namun berbeda dalam bentujk takiknya, akan menghasilkan kekuatan impak yang berbeda. Adanya takikan dalam suatu benda kerja dapat berupa desain atau pengerjaan benda kerja yang kurang baik seperti fusi yang tidak sempurna (*incomplete fusion*) dalam pengelasan atau terjadinya korosi pada benda kerja yang dpat menjadi pusat tegangan (*stress concentration*). Adanya pusat tegangan ini menimbulkan material menjadi *brittle* yang menyebabkan patah pada beban dibawah *yield strength*.

Patahan pada material (*fracture*) dapat digolongkan menjadi dua, yaitu patahan getas (*Brittle*) dan dan patahan ulet (*Ductile*).

Patahan getas adalah patahan yang terjadi tanpa / sedikit sekali mengalami deformasi sebelum patah, sedangkan patahan ulet adalah patahan yang mengalami deformasi sebelum patah. Material yang mengalami patah getas hanya sedikit menyerap energy sebelum patah.

Kekuatan impak suatu material didefinisikan sebagai energi yang digunakan untuk mematahkan suatu benda uji dibagi dengan luas penampang pada daerah takikan. Energy untuk mematahkan benda uji dihitung berdasarkan berat dan ketinggian bandul sebelum dan setelah terjadi impak tanpa memperhatikan kehilangan energy.

Besarnya energy impak dapat dihitung dengan persamaan berikut:

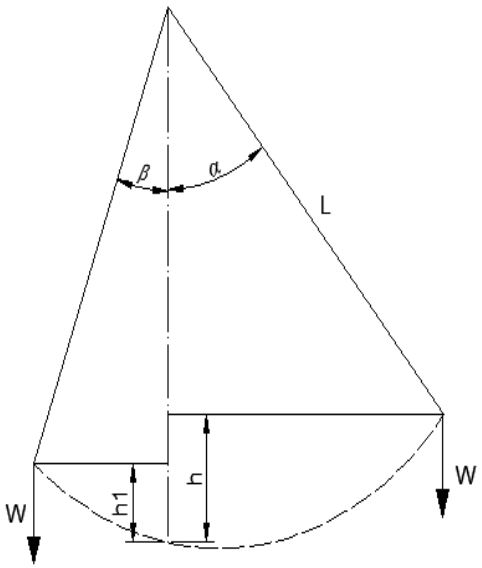
$$E_0 = W.h_o$$
$$E_0 = W\,(L - L.Cos\alpha)$$
$$E_1 = W.h_1$$
$$E_1 = W\,(L - Cos\beta)$$

Dari persamaan diatas, substitusikan ke persamaan ΔE

$$\Delta E = E_0 - E_1$$
$$\Delta E = (W\,(L - L.Cos\alpha)) - (W\,(L - L.Cos\beta))$$
$$\Delta E = W.L\,(Cos\beta - Cos\alpha)$$

Untuk mendapatkan nilai impak bahan, selisih energy sebelum dan sesudah terjadi impak (ΔE) dibagi luas penampang benda kerja yang patah

$$IS = \frac{W.L\,(Cos\beta - Cos\alpha)}{A}$$



Gambar 2.11 Kebutuhan energy unruk mematahkan spesimen

Keterangan :

E_0 : Energi awal saat pendulum dilepas (*kgm*)

α : Sudut awal (°)

E_1 : Energi setelah pendulum menghantam benda uji (*kgm*)

β : Sudut akhir (°)

W : Berat Pendulum (*kgm*)

L : Panjang titik tumpu ke titk berat pendulum

ΔE : Energi yang digunakanuntuk mematahkan benda kerja (*kgm*)

A : Luas penampang yang rusak (mm^2)

IS : Kekuatan impak (kgm/mm^2)

2.10 Uji Metalografi

Uji metalografi adalah suatu metode untuk menyelidiki atau mengamati struktur logam dengan menggunakan mikroskop optis dan mikroskop electron dengan perbesaran 50 – 3000 kali. Hasil pengamatan tersebut dinamakan mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan kepada benda uji yang telah diproses sebelumnya sehingga bisa diamati mikrostrukturnya.

Pengujian metalografi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pengujian Makro

   Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata dari permukaan benda uji yang telah diietsa sebelumnya.

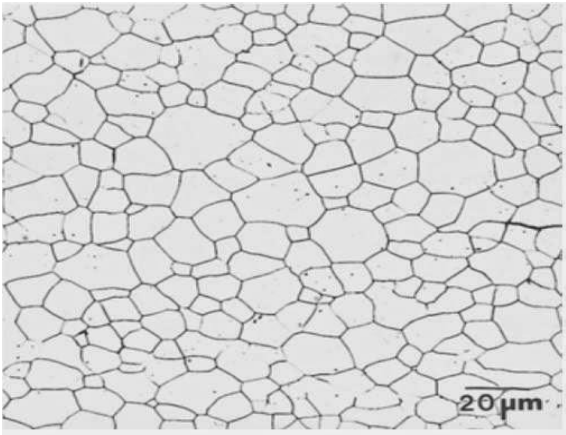
2. Pengujian Mikro

   Pengujian mikro bertujuan untuk melihatbutiran struktur kristal dari benda uji menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50 – 3000 kali sehingga dapat diketahui fasa – fasa yang ada pada benda uji dan ukuran butiran rata – rata benda uji melalui suatu metode perhitungan.

Pengujian metalografi dapat menunjukan berbagai fasa yang terbentuk dalam benda uji. Berikut adalah contoh fasa yang ada dalam baja.

1. *Ferrite*

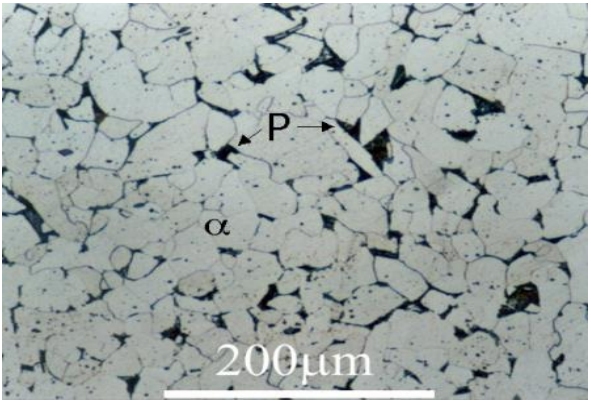
   Ferit merupakan salah satu fasa dalam baja dengan metalografi berwarna putih terang.



Gambar 2.12 Mikrostruktur Ferrite
Sumber : www.lennon.csufreshno.edu

2. Pearlite

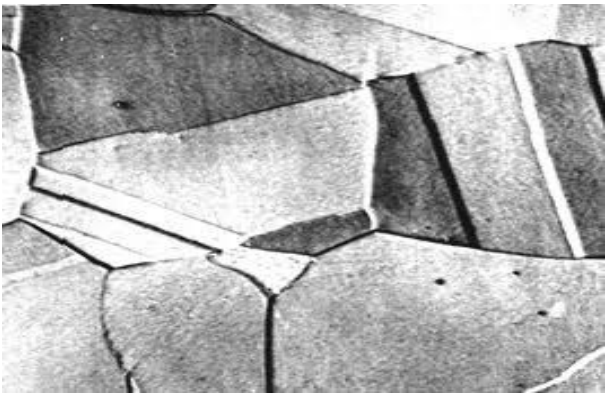
Perlit merupakan campuran eutectoid (*eutectoid mixture*) dari fasa sementit dan fasa ferit. Perlit bersifat kuat dan tangguh. Dalam foto metalografi berwarna hitam.



Gambar 2.13 Mikrostruktur Pearlite
Sumber : www.nitty-gritty.com

3. Austenite

Austenit adalah fase dalam logam baja dengan susunan atom FCC. Berbentuk padatan seperti plat dan berwarna abu – abu terang. Bersifat lunak dan ulet.



Gambar 2.14 Mikrostruktur Austenit
Sumber : www.lennon.csufreshno.edu

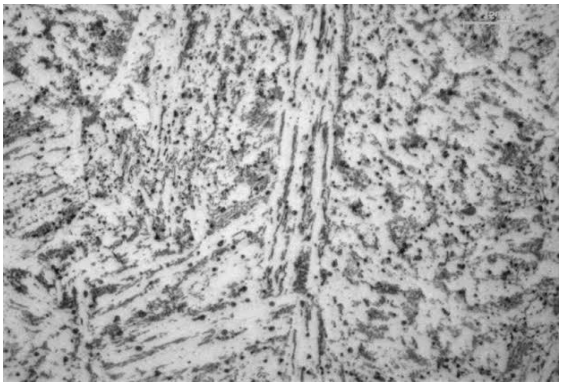
4. Cementite

Sementit adalah karbida besi (Fe_3C) yang bersifat keras dan getas. Dalam foto metalografi terlihat membentuk jaringan (*cemetite network*).

Gambar 2.15 Mikrostruktur Sementit
Sumber : www.princeton.edu

5. Bainite

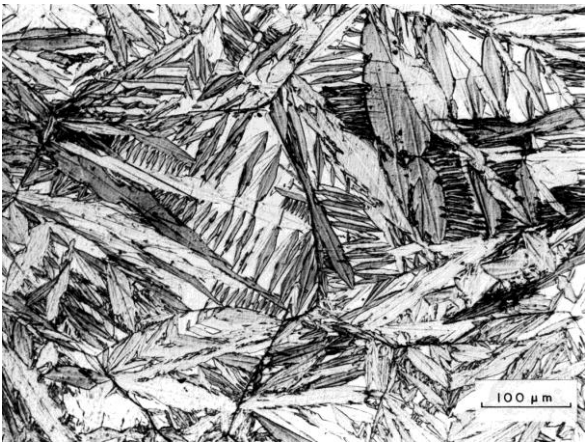
Bainit adalah struktur mikro yang didapat dari pendinginan cepat dan penahanan pada temperatur tertentu. Berbentuk seperti jarum jarum dan berwarna abu – abu gelap. Bersifat keras dan getas.



Gambar 2.16 Mikrostruktur Bainite
Sumber : www.researchgate.net

6. Martensite

Martensit adalah strukurmikro metastabil yang terbentuk karena proses pendinginan cepat dari temperatur austenit. Berbentuk jarum – jarum pendek beraarna hitam keabu – abuan.



Gambar 2.17 Mikrostruktur Martensite

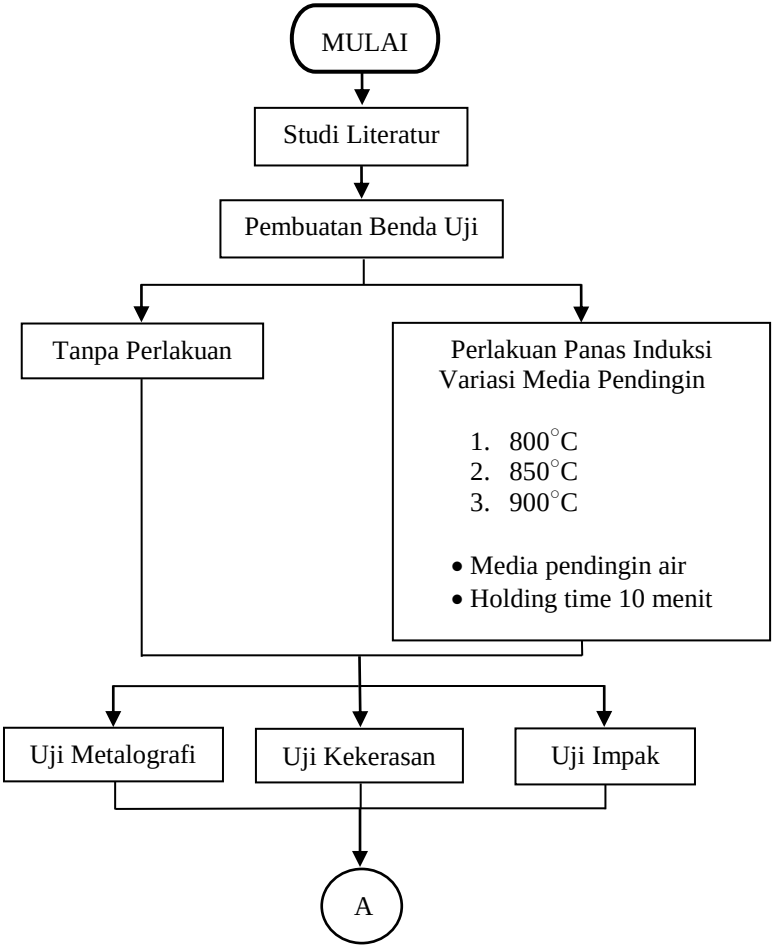
*Sumber : **www.researchgate.net***

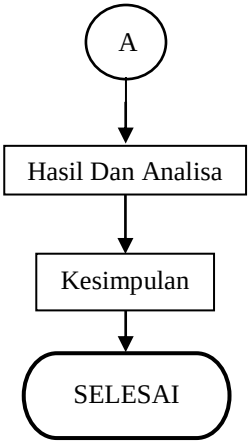
Setelah dilakukan pengamatan mikrostruktur, maka dapat dilakukan penghitungan persentase tiap fasa yang terbentuk dan besar butiran rata –rata.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan diagram alir penelitian, dan bisa dilihat dalam gambar atau diagram dibawah ini.





Gambar 3.1 Flow Chart Diagram

Saat memulai hal yang dilakukan pertama kali ialah observasi dan study literatur tentang material yang akan dipakai yaitu Baja Karbon ST 41. Setelah observasi dan study literatur mengenai baja karbon ST 41 tersebut kegiatan selanjutnya ialah pembuatan benda uji. Benda uji yang telah dipotong di uji surface hardening dengan temperatur 800ºC, 850ºC, dan 900ºC dengan waktu penahanan selama 10 menit. Langkah selanjutnya ialah uji metalografi untuk melihat struktur mikro dari bahan tersebut. Setelah kegiatan tersebut selesai dilakukan uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan dari spesimen yang telah dilaku panas.

3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 yaitu pada bulan Februari sampai dengan Juni 2018.

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

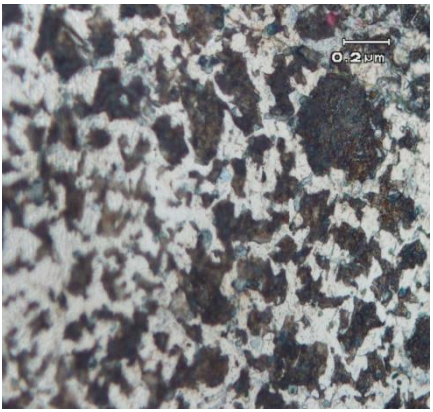
3.4 Benda Uji

Bahan yang digunakan adalah baja St 41 dengan komposisi kimia (% dalam berat) dan sifat mekanik dan struktur mikro sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Baja ST 41

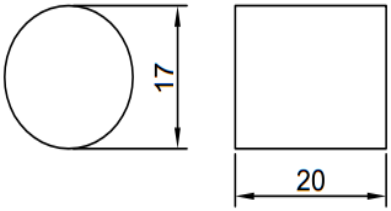
C	Si	Mn	P	S
0.19 %	**0.18%**	**0.6 %**	**0.021%**	**0.015%**

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Metalografi Kondisi Awal

Hasil Metalografi	Struktur Mikro Yang Terbentuk
	Ferit : 54.8% Perlit : 45.2%

3.4.1 Spesimen Uji Metalografi

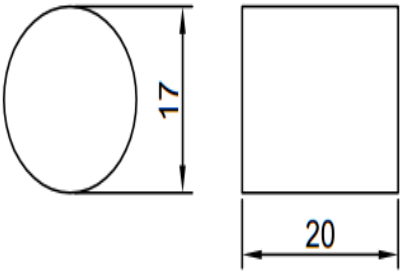
Spesimen uji metalografi di bentuk persegi dengan panjang 25 mm, lebar 25 mm dan tebal 30 mm hasil pemotongan melintang bahan uji baik yang telah di laku panas maupun tanpa laku panas induksi sesuai standar ASTM E3-95.



Gambar 3.2 Dimensi Spsimen uji metalografi

3.4.2 Spesimen Uji Kekerasan

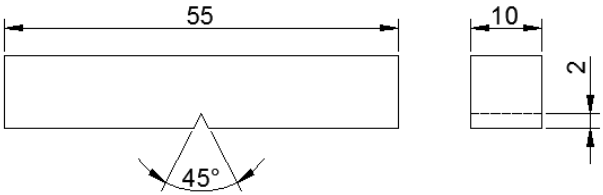
Spesimen uji kekerasan di bentuk persegi dengan panjang 25 mm, lebar 25 mm dan tebal 30 mm hasil pemotongan melintang bahan uji baik yang telah di laku panas induksi maupun tanpa laku panas.



Gambar 3.3 Dimensi Spsimen uji kekerasan

3.4.3 Spesimen Uji Impak

Spesimen uji impak berbentuk balok dengan ukuran panjang 55 mm, lebar 10 mm dan tinggi 10 mm. Ditambah takik di bagian tengah sedalam 2 mm dan bersudut 45° sesuai standar ASTM untuk uji impak charpy (ASTM E-23), baik yang telah dilaku panas induksi maupun tanpa perlakuan panas induksi.



Gambar 3.4 Dimensi Spsimen uji impak charpy

3.5 Langkah Percobaan

3.5.1 Studi Literatur

Studi literatur meliputi penggalian teori-teori mengenai objek yang akan diteliti, jurnal dari penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan masalah yang ditemui dan pernah dilakukan penelitian sebelumnya, pemahaman referensi dan data data yang akan dijadikan dasar untuk penyelesaian masalah yang ada. Adapun referensi tersebut dapat berupa *code, standart*, atau *handbook* yang ada. Sehingga dapat menjadi penunjang untuk dijadikan referensi dalam masalah interpass temperatur dalam penelitian yang akan dibuat.

3.5.2 Proses Pengerasan Permukaan Induksi

Percobaan dilakukan di mesin pemanas induksi dengan media pendingin air dan waktu pemanasan (*holding time*) 10 menit. Satu spesimen dibiarkan untuk tanpa perlakuan. 3

spesimen di laku panas induksi dengan variasi temperatur 800°C, 850°C, dan 900°C. kemudian di dinginkan dengan media pendingin air.

3.5.3 Pendinginan

Benda kerja yang telah mengalami proses perlakuan panas kemudian didinginkan secara kontinyu dengan media air. Dengan pendinginan kontinyu menggunakan media air, suhu pada benda kerja akan turun secara cepat dan menyebabkan karbon akan terbentuk karbida krom dalam bentuk prespitat halus pada batas butir.

3.5.4 Polishing

Untuk meningkatkan kehalusan yang maksimal pada benda uji yang telah melalui laku panas maka dilakukan diproses polishing atau pemolesan. Pemolesan dilakukan secara bertahap dimulai dengan menggunakan kertas abrasive yang berukuran 180 mesh, 240 mesh, 360 mesh, 600 mesh, 800 mesh, 1500 mesh dan terakhir 2000 mesh. Selama dilakukan pemolesan perlu sesekali dicelupkan ke air untuk menghilangkan partikel abrasif dan untuk mengurangi panas yang timbul akibat pemolesan sehingga tidak terjadi perubahan struktur mikro dari spesimen.

Gambar 3.5 Alat Polishing

Proses selanjutnya ialah pemolesan dengan alat polishing yang telah dipasang kain jeans. Pada tahap ini tidak lagi disemprotkan air, tetapi digunakan autosol agar hasil pemolesan lebih maksimal. Pemolesan dilakukan untuk mendapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat seperti kaca. Setelah selesai maka bilas benda kerja menggunakan air mengalir, kemudian keringkan permukaan benda kerja, jangan disentuh karena lemak dari tangan dapat mengotori permukaan spesimen

3.5.5 Metalografi

Prosedur pembuatan benda uji dan pengujian metalografi adalah sebagai berikut ini (sesuai standar ASTM E3 – 95) :

3.5.5.1 Material

1) Pastikan permukaan benda kerja rata.
2) Lakukan pengamplasan kering (*No. 100*) dilanjutkan (*No. 150*) usahakan arah pengamplasan satu arah, hingga tidak terlihat bercak hitam dan goresan pemotongan di permukaan benda kerja.

3) Lakukan pengamplasan basah (*No. 200*) dilanjutkan (*No. 1000*) hingga benda kerja mengkilat.
4) *Polishing* benda kerja menggunakan *Autosol* dengan kain jeans/bludru hingga goresan pada permukaan benda kerja menghilang, pada proses *Polishing* sebaiknya benda kerja diputar-putar untuk menghindari *Shadow Effect*. Lakukan *Polishing* hingga permukaan benda kerja dapat digunakan untuk bercermin.
5) Bilas benda kerja menggunakan air mengalir, kemudian keringkan permukaan benda kerja, jangan disentuh karena lemak dari tangan dapat mengotori permukaan sampel.

3.5.5.2 *Etching*

Pengetsaan adalah proses mereaksikan benda kerja dengan larutan kimia.

1) Cuci benda kerja menggunakan sabun untuk memastikan bekas *Autosol* telah hilang, lalu keringkan menggunakan tisu.
2) Rendam benda kerja di dalam cairan alkohol selama 5 menit
3) Rendam benda kerja kedalam cairan etsa Aqua Regia dengan komposisi HNO3 20 ml dan HCL 60 ml yang berada dalam cawan keramik, rendam selama 3 menit.
4) Angkat benda kerja menggunakan tang penjepit, lalu rendam benda kerja ke dalam cairan alkohol baru.
5) Keringkan benda kerja menggunakan udara panas (dari *Hair Dryer)*, Pastikan benda kerja benar-benar Kering

3.5.5.3 Mikroskop

Mikroskop digunakan untuk melihat struktur mikro, adapun langkah-langkah yang dalam mengoprasikan mikroskop adalah:

1) Nyalakan koputer terlebih dahulu.
2) Pastikan kabel konektor (*USB*) yang menghubungkan mikroskop dan komputer terpasang dengan baik.
3) Nyalakan *Control Box (Olympus Video)* terlebih dahulu sebelum menyalakan mikroskop dengan menekan tombol power.
4) Kemudian nyalakan mikroskop dengan menekan tombol power pada mikroskop tersebut.
5) Setelah *Control Box* dan mikroskop dalam kondisi menyala, periksalah koneksi sekali lagi antara komputer dan mikroskop. Apabila belum terkoneksi, periksalah kembali sambungkan kabel konektor tersebut.
6) Terkadang koneksi tidak terdeteksi secara otomatis pada komputer, oleh karena itu anda perlu mengaktifkan *Add Hardware* pada *Control Panel* komputer anda. Setelah itu pastikan terdeteksi padakomputer (ditandai dengan bunyi ”ding-ding” padakomputer). Hal ini hanya dilakukan bila koneksi tidak terjadi secara otomatis!
7) Setelah semua sambungan terkoneksi dengan baik, ambilah gambar struktur mikro yang terlihat pada *Olympus Video* atau pada mikroskop dengan menekan tombol *Expose* (berwarna hijau) pada

Olympus Video. Biarkan beberapa saat sampai proses selesai.

8) Untuk pengambilan gambar, pastikan tanda strip putih pada pojok kiri bawah layar *Control Box (Olympus Video)*
9) Lakukan pengambilan gambar sesuai yang dibutuhkan.
10) Untuk mentransfer gambar pada komputer tekanlah icon *OLYMP 12* pada *Desktop*. lalu klik dobel pada folder *My Camera*, setelah itu klik pada folder *DCIM* diteruskan dengan mengeklik folder *100 OLYMP*. Tunggu beberapa saat, biarkan sampai semua gambar tertera pada *Software* tersebut.
11) Untuk menyiapkan gambar, silakan *drag* gambar struktur mikro pada folder dimana anda ingin menyimpannya
12) Setelah semua proses selesai, matikan terlebih dahulu power mikroskop lalu *Olympus Video.*

Gambar 3.6 Olympus

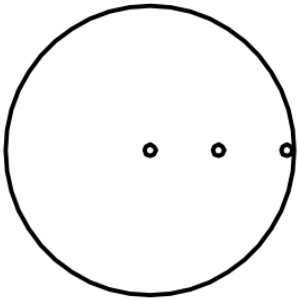
Gambar 3.7 Mikroskop

3.5.6 Uji Kekerasan

Prosedur pengujian kekerasan Rockwell sesuai standar ASTM E-18 adalah sebagai berikut :

1) Gunakan kertas gosok hingga permukaan (atas dan bawah) benda kerja rata, halus, serta bebas dari kotoran, minyak, dan benda asing.
2) Memasang indentor pada *Housing Identor* (identor bola untuk *Rockwell B*, identor intan untuk *Rockwell C*)
3) *Dashpot*/pengatur beban diatur pada pembebanan *100 kgf* (untuk *Rockwell B*),*150 kgf* (untuk *Rockwell C*)
4) Putar *Handwheel* untuk mengangkat landasan denga perlahan hingga jarum penunjuk kecil pada dial berada pada tanda merah atau jarum penunjuk besar berputar tiga kali dan berhenti dititik 0 (*Minor Weight*)
5) Tariklah *Handle* untuk mengaplikasikan gaya uji utama (*Mayor Weight*), pada saat itu jarum penunjuk besar pada dial berputar berlawanan dengan arah jarum jam dan *Main Handle* bergerak ke posisi 1.
6) Tunggu jarum penunjuk besar berhenti, doronglah *Main Handle* pada kondisi semula (posisi 0) dengan Perlahan.
7) Melihat dan mencatat angka kekerasan yang ditunjuk jarum besar pada skala dial (skala merah untuk *Rockwell B* dan skala hitam untuk *Rockwell C*).

8) Putarlah *Handwheel* untuk menurunkan landasan, lakukan identasi sebanyak 3 kali di tempat yang berbeda (ulangi prosedur 4-8)
9) Ambil benda uji, lepaskan identor dari *Housing Identor*
10) Simpan identor di tempat semula



Gambar 3.8 Titik – titik indentasi uji kekerasan

Gambar 3.9 Rockwell Hardness Test

3.5.7 Uji Impact

Metode yang digunakan adalah Uji Impak metode Charpy sesuai dengan ASTM E23. Benda uji yang digunakan di setiap pengujian berjumlah 3

Langkah-langkah pengujian ini adalah :

1) Membersihkan spesimen dari kerak sisa dari pengelasan.
2) Potong material sesuai standar ASTM E23 55mm x 10mm x 10mm (kedalaman takik 2mm).
3) Beri tanda pada setiap spesimen yang akan di uji agar tidak tertukar.
4) Catat data pada mesin uji impak.
5) Pasang benda kerja pada mesin uji impak.
6) Naikkan pendulum sampai sudut 140°.
7) Tepatkan jarum pada posisi 0°.
8) Ayunkan pendulum.
9) Catat sudut yang ditunjuk oleh jarum penunjuk hasil pengujian.
10) Ambil benda kerja, dan amti jenis patahan yang ada pada benda uji,

Gambar 3.10 Alat Uji Impak

3.6 Hasil dan Analisa

Hasil dari pengujian kekerasan dan impak diolah dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel (tabel diletakan pada lampiran). Hasil dari pengujian metalografi disajikan dalam bentuk foto metalografi, hasil perhitungan besar butir rata – rata dan fraksi fasa yang terbentuk. Kemudian dilakukan analisa dari data yang telah diperoleh.

Haaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan di Lab. Metalurgi Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS dengan material Baja Tahan Karat AISI 304 didapatkan hasil pengujian antara lain struktur mikro, dan nilai kekerasan.

4.1 Variasi Temperatur dan Waktu Penahanan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data dari beberapa sampel benda uji yang telah melewati proses laku panas.

Tabel 4.1 Data Variasi Temeperatur dan Waktu Penahanan

Temperatur	Waktu Penahanan
800˚C	10 Menit
850˚C	10 Menit
900˚C	10 Menit

Pada penelitian ini benda uji dilaku panas pada temperature 800˚C, 850˚C, 900˚C dengan waktu penahanan 10 menit.

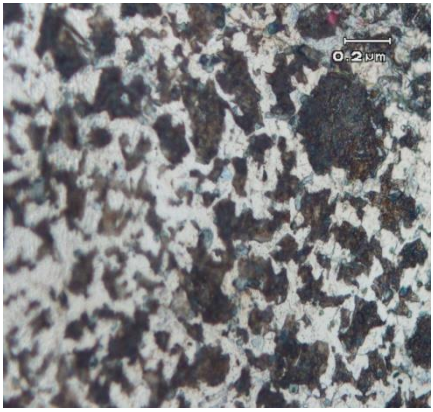
4.2 Hasil Uji Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dari material uji yang dapat mempengaruhi sifat mekanik material. Pengambilan gambar menggunakan microskop dengan perbesaran 50x.

4.2.1 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal

Pada pengujian metalografi baja ST41 kondisi awal ini pengambilan gambar menggunakan microskop dengan perbesaran 50x. Hasil pengujian seperti pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Metalografi Kondisi Awal

Hasil Metalografi	Struktur Mikro Yang Terbentuk
	• *Ferite* : 54.8% • *Pearlite* : 45.2%

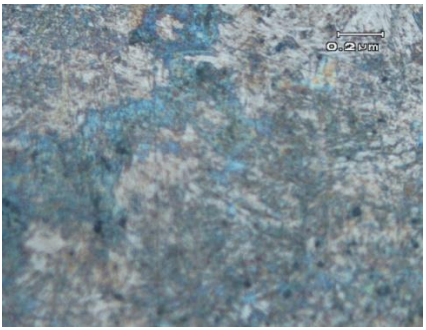
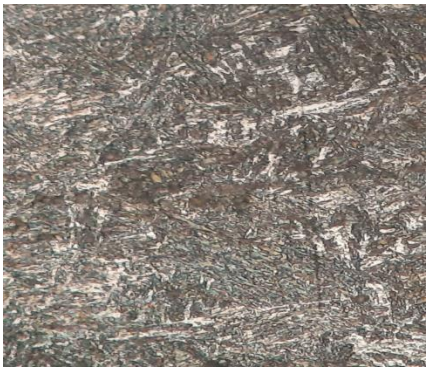
Dari gambar struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optic maka diketahui bahwa pada benda uji kondisi awal menunjukan kandungan *ferite* sebesar 54.8% dan kandungan *pearlite* sebesar 45.2%.

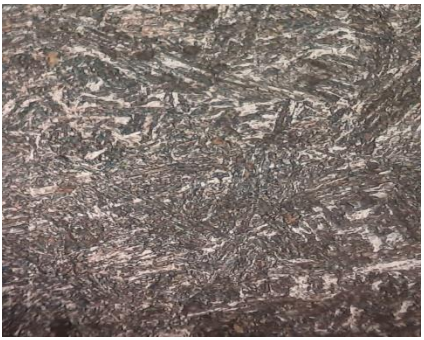
4.2.2 Hasil Uji Metalografi Temperatur 800˚C

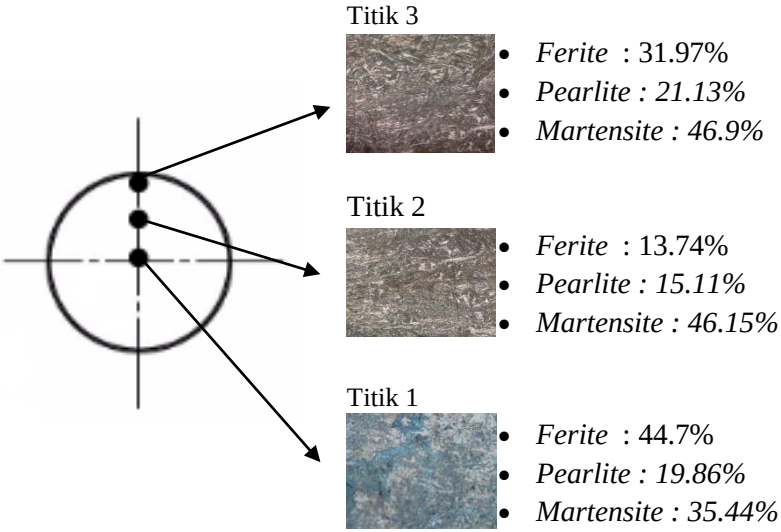
Pada pengujian metalografi baja tahan karat ST 14 yang telah di laku panas pada temperatur 800˚C dengan

waktu penahanan (*holding time*) selama 10 menit, dengan media pendingin air. Pengambilan gambar menggunakan microskop dengan perbesaran 50x. Hasil pengujian seperti pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Metalografi Temperatu 800˚C

Hasil Metalografi	**Struktur Mikro Yang Terbentuk**
Titik 1 	• *Ferite* : 44.7% • *Pearlite* : 19.86% • *Martensite* : 35.44%
Titik 2 	• *Ferite* : 38.74% • *Pearlite* : 15.11% • *Martensite* : 46.15%

Titik 3	
	• *Ferite* : 31.97% • *Pearlite* : 21.13% • *Martensite* : 46.9%



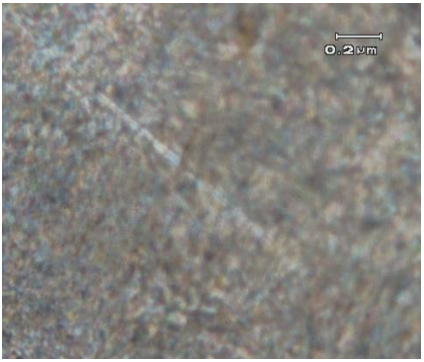
Gambar 4.1 Struktur Mikro Tiap Titik 800°C

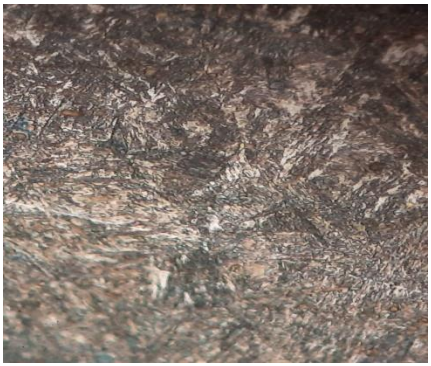
Dari gambar struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik maka diketahui bahwa pada temperatur 800˚C dengan waktu penahanan 10 menit menunjukan kandungan *ferite*, *pearlite*, dan *martensite*.

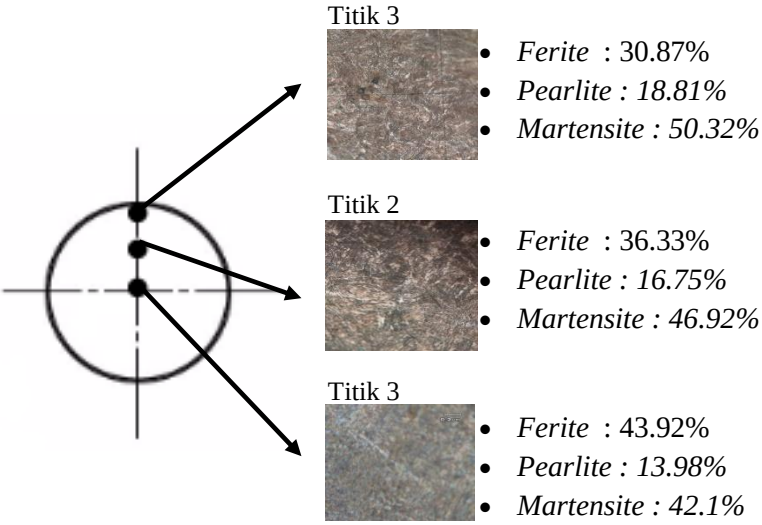
4.2.3 Hasil Uji Metalografi Temperatur 850˚C

Pada pengujian metalografi baja tahan karat ST 41 yang telah di laku panas pada temperatur 850˚C dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 10 menit, dengan media pendingin air. Pengambilan gambar menggunakan microskop dengan perbesaran 50x. Hasil pengujian seperti pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Metalografi Temperatu 850˚C

Hasil Metalografi	**Struktur Mikro Yang Terbentuk**
Titik 1 	• *Ferite* : 43.92% • *Pearlite* : 13.98% • *Martensite* : 42.1%

Titik 2 	• *Ferite* : 36.33% • *Pearlite* : 16.75% • *Martensite* : 46.92%
Titik3 	• *Ferite* : 30.87% • *Pearlite* : 18.81% • *Martensite* : 50.32%



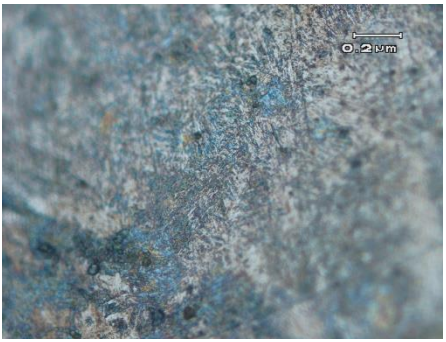
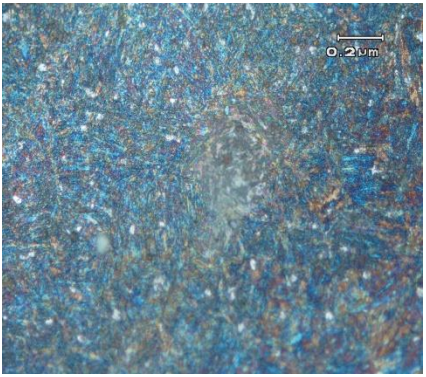
Gambar 4.2 Struktur Mikro Tiap Titik 850°C

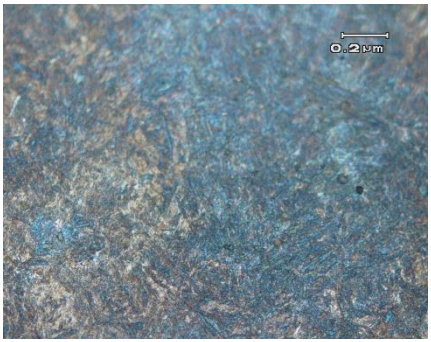
Dari gambar struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik maka diketahui bahwa pada temperatur 850˚C dengan waktu penahanan 10 menit menunjukan kandungan *ferite, pearlite,* dan *martensite.*

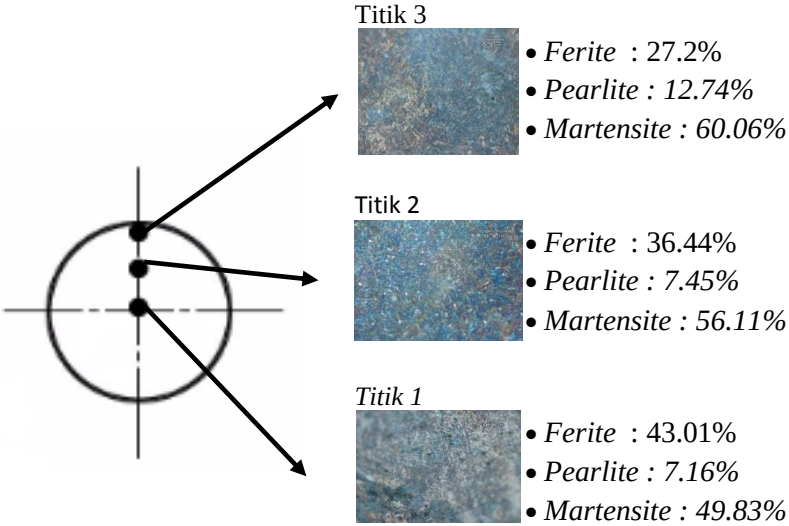
4.2.4 Hasil Uji Metalografi Temperatur 900˚C

Pada pengujian metalografi baja tahan karat ST 41 yang telah di laku panas pada temperatur 900˚C dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 10 menit, dengan media pendingin air. Pengambilan gambar menggunakan microskop dengan perbesaran 50x. Hasil pengujian seperti pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Metalografi Temperatu 900˚C

Hasil Metalografi	**Struktur Mikro Yang Terbentuk**
Titik 1 	• Ferit : 43.01% • Perlit : 7.16% • Martensite : 49.83%
Titik 2 	• Ferit : 36.44% • Perlit : 7.45% • Martensite : 56.11%

Titik 3	
	• Ferit : 27.2% • Perlit : 12.74% • Martensite : 60.06%



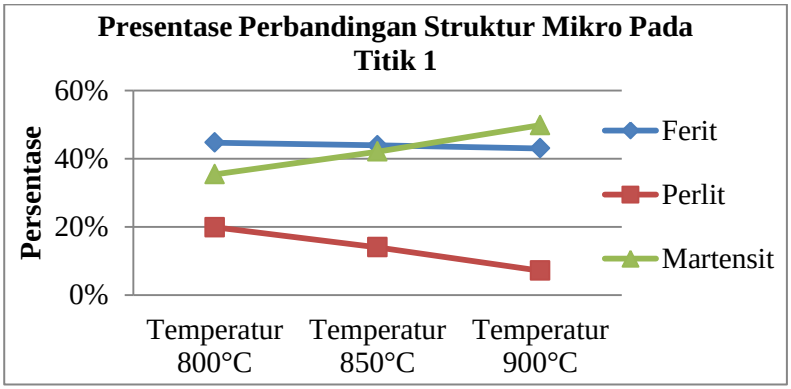
Gambar 4.3 Struktur Mikro Tiap Titik 900°C

Dari gambar struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik maka diketahui bahwa pada temperatur

900˚C dengan waktu penahanan 10 menit menunjukan kandungan *ferite, pearlite,* dan *martensite.*

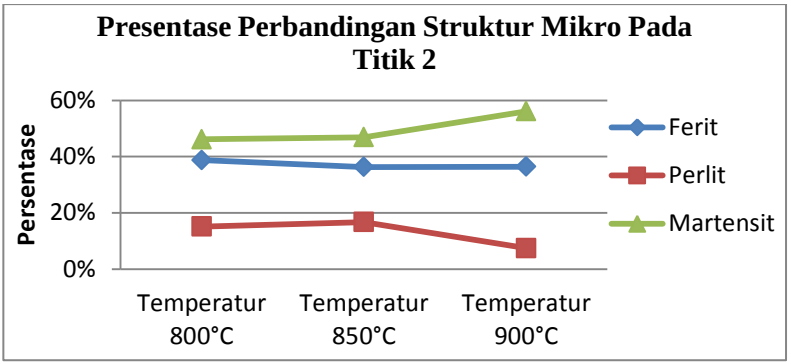
4.2.5 Analisa Persentase Fasa pada Benda Uji

Dari hasil pengujian metalografi, fasa yang terbentuk dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti berikut ini :



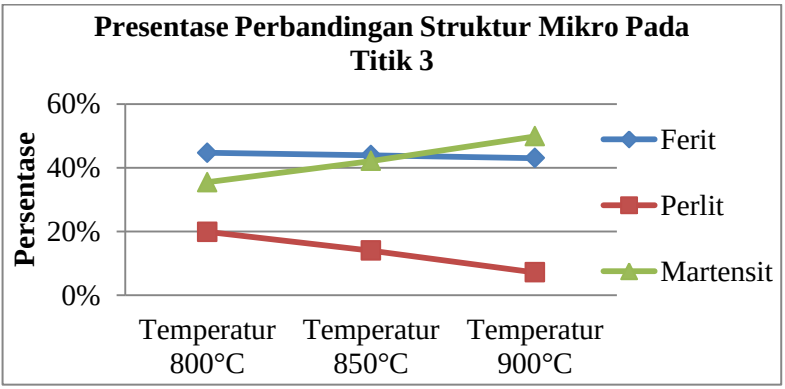
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Struktur Mikro Pada Titik 1 Antara Temperatur 800˚C, 800°C, dan 900°C

Dari hasil pengematan gambar struktur mikro maka dapat diketahui bahwa pada titik pertama kandungan ferit dan perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 800°C. Serta kandungan martensit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 900°C.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Struktur Mikro Pada Titik 2 Antara Temperatur 800˚C, 800°C, dan 900°C

Dari hasil pengematan gambar struktur mikro maka dapat diketahui bahwa pada titik kedua kandungan ferit dan perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 800°C. Serta kandungan martensit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 900°C.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Struktur Mikro Pada Titik 3 Antara Temperatur 800˚C, 800°C, dan 900°C

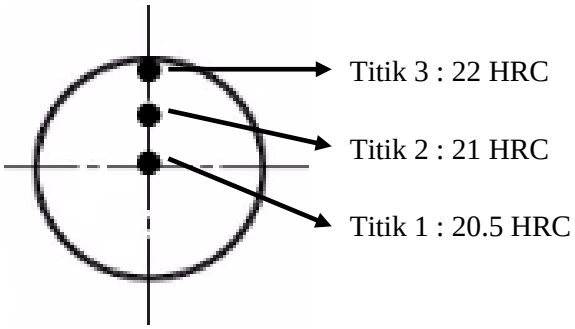
Dari hasil pengematan gambar struktur mikro maka dapat diketahui bahwa pada titik ketiga kandungan ferit dan perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 800°C. Serta kandungan martensit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 900°C.

4.3 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe HRB, dengan pengambilan data sebanyak tiga titik di setiap material uji.

4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal

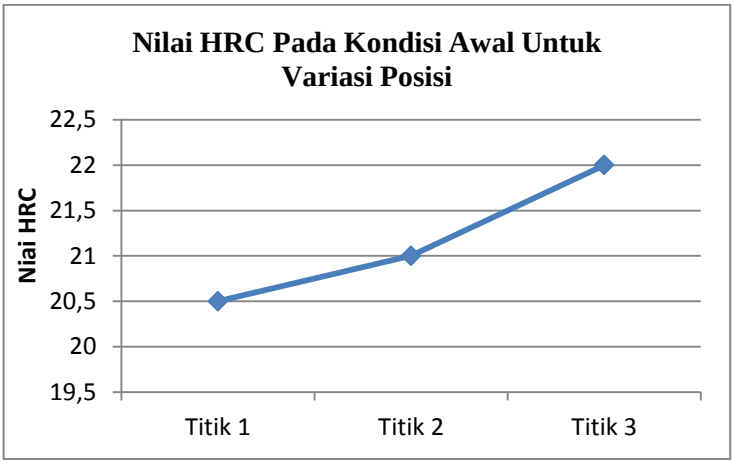
Pada pengujian kekerasan ini menggunakan mesin uji kekerasan konvensional tipe HRB. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga titik. Data yang di dapat dapat dilihat pada Tabel 4.6



Gambar 4.7 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Kondisi Awal

Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal

Material	Titik	Nilai (HRC)	Rata-rata Nilai (HRC)
Baja ST 41	1	20.5	21.1
	2	21	
	3	22	



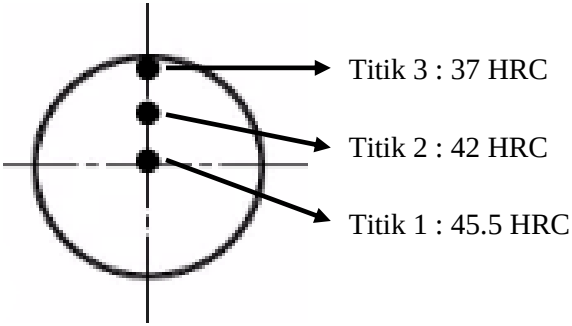
Gambar 4.8 Grafik Nilai Kekerasan Specimen Kondisi Awal

Pada spesimen kondisi awal didapatkan data seperti pada Tabel 4.6 bahwa kekerasan spesimen tersebut berkisar antara 97,5 – 99 HRC

4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 800˚C

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe HRB. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali

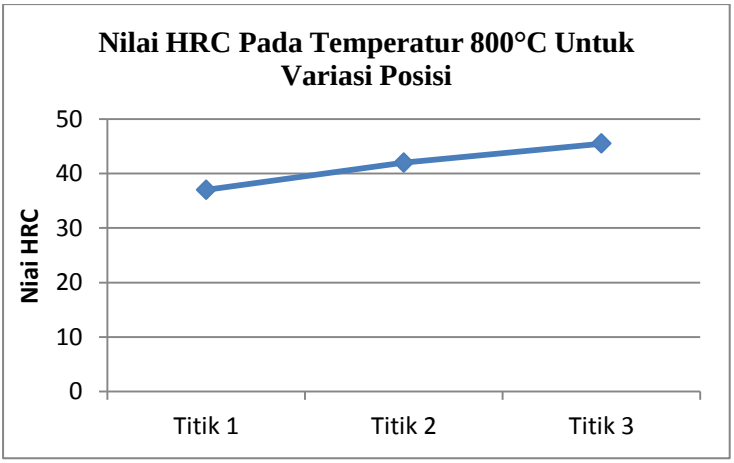
untuk setiap spesimen guna mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.



Gambar 4.9 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Temperatur 800°C

Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 800˚C

Material	Titik	Nilai (HRC)	Rata-rata Nilai HRC
Baja ST 41	1	37	41.5
	2	42	
	3	45.5	



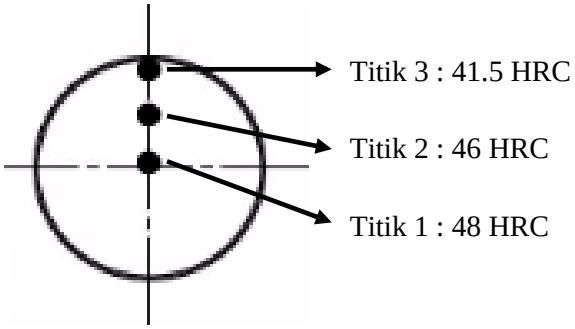
Gambar 4.10 Grafik Nilai Kekerasan Specimen Dengan Temperatur 800˚C

Pada spesimen yang telah di laku panas 800ºC dan waktu penahanan 10 menit, didapatkan data seperti pada Tabel 4.7 bahwa kekerasan spesimen tersebut berkisar antara 37 – 45,5 HRB

Gambar 4.11 Spesimen Hasil Uji Kekerasan Temperatur 800˚C

4.3.3 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 850˚C

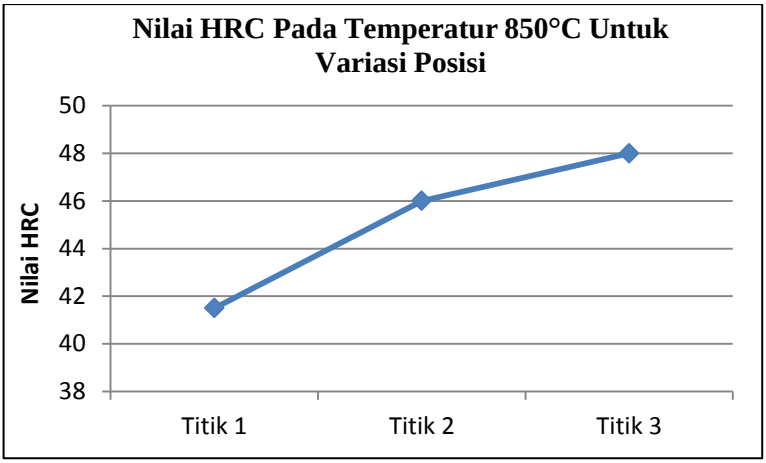
Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe HRB. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap spesimen guna mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.



Gambar 4.12 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Temperatur 850°C

Tabel 4.8 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 850˚C

Material	Titik	Nilai (HRC)	Rata-rata Nilai (HRC)
Baja ST 41	1	41.5	45.1
	2	46	
	3	48	



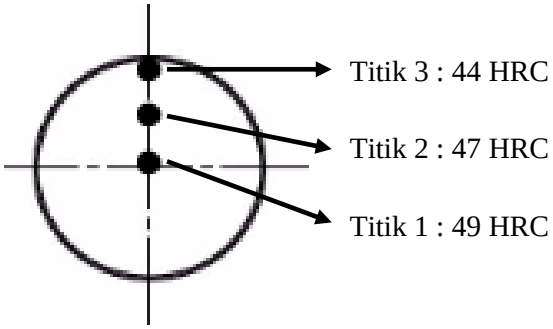
Gambar 4.13 Grafik Nilai Kekerasan Specimen Dengan Temperatur 850˚C

Pada spesimen yang telah di laku panas 850ºC dan waktu penahanan 10 menit, didapatkan data seperti pada Tabel 4.8 bahwakekerasan spesimen tersebut berkisar antara 41,5 - 48

Gambar 4.14 Spesimen Hasil Uji Kekerasan Temperatur 850˚C

4.3.4 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 900˚C

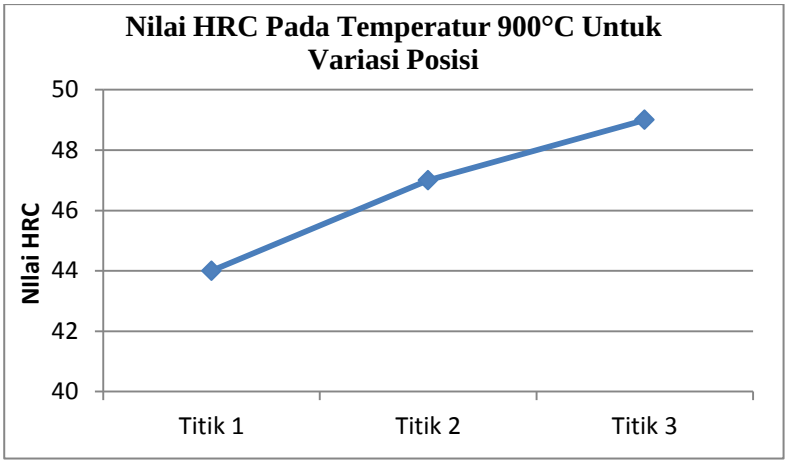
Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe HRB. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.



Gambar 4.15 Nilai Kekerasan Tiap Titik Pada Temperatur 900°C

Tabel 4.9 Hasil Uji Kekerasan Temperatur 900˚C

Material	Titik	Nilai (HRC)	Rata-rata Nilai (HRC)
Baja ST 41	1	44	46.6
	2	47	
	3	49	



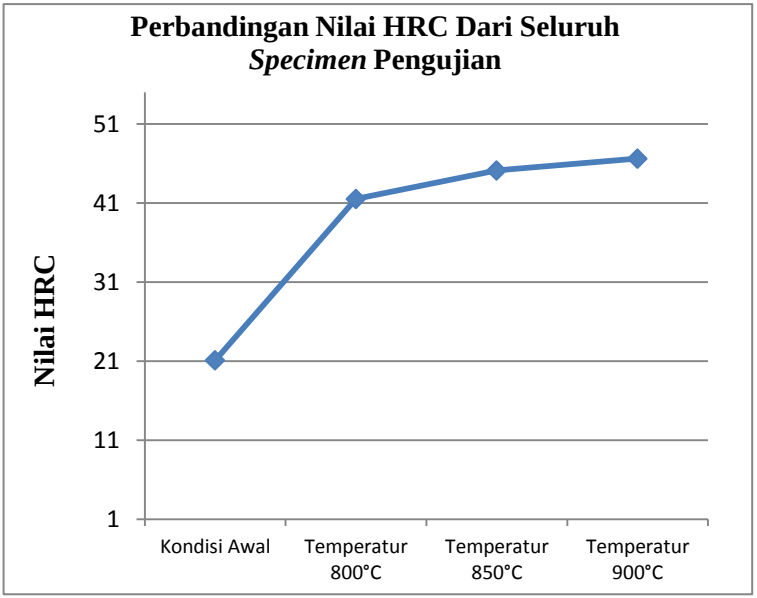
Gambar 4.16 Grafik Nilai Kekerasan Specimen Dengan Temperatur 900˚C

Pada spesimen yang telah di laku panas 900ºC dan waktu penahanan 10 menit, didapatkan data seperti pada Tabel 4.9 bahwakekerasan spesimen tersebut berkisar antara 44 – 49 HRB

Gambar 4.17 Spesimen Hasil Uji Kekerasan Temperatur 900˚C

4.3.5 Analisa Hasil dari Pengujian Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan pada seluruh specimen, maka dapat disajikan grafik sperti gambar berikut :



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Dari Seluruh Specimen Pengujian

Dari grafik nilai kekerasan diatas,maka dapat diketahui bahwa kekerasan pada inti specimen ke tepi specimen akan naik kekerasanya dikarenakan sesuai teori pengerasan induksi, bagian terluar dari specimen akan lebih keras dari bagian dalam.

Grafik diatas menunjukan bahwa dengan memberikan perlakuan panas tidak setimbang akan cenderung membuat nilai kekerasan suatu material mengalami kenaikan karena laku panas tidak setimbang menghasilkan fasa martensit

yang dapat dilihat pada bagian pengujian metalografi. Pada temperatur 900°C nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur 800°C dan temperatur 850°C.

4.4 Hasil Uji Impak

Dalam setiap pengujian impak pada material menggunakan sudut α = 140 dan yang perlu diketahui adalah nilai β dan luasan rusak (A).

Tabel 4.10 Spesifikasi Mesin Uji Impak

Mesin Uji	Mesin Uji Impak *Charpy*
Sudut α (^{o})	140
W (N)	13.57
R (m)	0.45

4.4.1 Hasil Uji Impak Kondisi Awal

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji impak tipe *Charpy*. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.

Tabel 4.11 Data Hasil Uji Impak Kondisi Awal

Bahan	Nilai Impak (Kg/cm)	Nilai Rata – Rata
St – 41	742.95	729.14 Kg/cm
	702.24	
	742.24	

Dari hasil pengujian kita dapat mengetahui bahwa baja ST 41 memiliki nilai rata-rata kekuatan impak sebesar 729.14 Kg/cm pada

temperatur 800ºC. Karena patahan yang terjadi adalah patahan berserat yang ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.

4.4.2 Hasil Uji Impak Temperatur 800˚C

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji impak tipe *Charpy*. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.

Tabel 4.12 Data Hasil Ujii Impak Temperatur 800˚C

Bahan	Nilai Impak (Kg/cm)	Nilai Rata – Rata
St – 41	349.52	410.47Kg/cm
	516.22	
	365.68	

Dari hasil pengujian kita dapat mengetahui bahwa baja ST 41 memiliki nilai kekuatan impak sebesar pada temperatur 800ºC. Karena patahan yang terjadi adalah patahan berserat yang ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.

Gambar 4.19 Spesimen Hasil Uji Impak Temperatur 800˚C

4.4.3 Hasil Uji Impak Temperatur 850˚C

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji impak tipe *Charpy*. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.

Tabel 4.13 Data Hasil Energi Impak Temperatur 850˚C

Bahan	Nilai Impak (Kg/cm)	Nilai Rata – Rata
St – 41	414.91	376.7Kg/cm
	349.52	
	365.68	

Dari hasil pengujian kita dapat mengetahui bahwa baja ST 41 memiliki nilai kekuatan impak sebesar pada temperatur 850ºC. Karena patahan yang terjadi adalah patahan berserat yang ditandai dengan permukaan patahan

berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.

Gambar 4.20 Spesimen Hasil Uji Impak Temperatur 850˚C

4.4.4 Hasil Uji Impak Temperatur 900˚C

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji impak tipe *Charpy*. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Berikut adalah gambar dan hasil pengujian material uji.

Tabel 4.14 Data Hasil Energi Impak Temperatur 900˚C

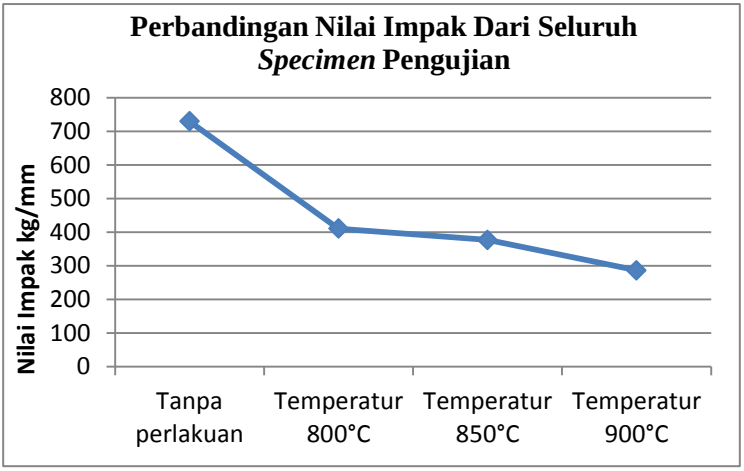
Bahan	Nilai Impak (Kg/cm)	Nilai Rata – Rata
St – 41	317.59	286.57Kg/cm
	301.83	
	240.31	

Dari hasil pengujian kita dapat mengetahui bahwa baja ST 41 memiliki nilai kekuatan impak sebesar pada temperatur 900ºC. Karena patahan yang terjadi adalah patahan berserat yang ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.

Gambar 4.21 Spesimen Hasil Uji Impak Temperatur 900˚C

4.4.5 Analisa Hasil Uji Impak

Dari data yang diperoleh dari pengujian impak, maka dapat disajikan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Bebean Impak dari Seluruh Specimen Pengujian

Grafik diatas menunjukan bahwa dengan memberikan perlakuan panas tidak setimbang akan cenderung membuat kekuatan impak suatu material menurun karena laku panas tidak setimbang menghasilkan fasa martensit yang dapat dilihat pada bagian pengujian metalografi. Pada specimen yang dipanaskan dengan temperatur 800°C terlihat memiliki kekuatan impak lebih tinggi dibandingkan dengan specimen yang dipanaskan dengan temperatur 850°C dan dipanaskan dengan temperatur 900°C, karena laju pendinginan yang terjadi lebih lambat. Semakin lambat laju pendinginan, maka semakin sedikit martensit yang terbentuk yang mengakibatkan kekerasan menurun dan ketangguhan naik.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pengaruh variasi temperatur pengerasan induksi permukaan pada baja ST 41 dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil pengematan gambar struktur mikro maka dapat diketahui bahwa pada titik pertama kandungan ferit dan perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 800°C. Serta kandungan martensit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 900°C.

   Dari hasil pengematan gambar struktur mikro maka dapat diketahui bahwa pada titik kedua kandungan ferit dan perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 800°C. Serta kandungan martensit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 900°C.

   Dari hasil pengematan gambar struktur mikro maka dapat diketahui bahwa pada titik ketiga kandungan ferit dan perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 800°C. Serta kandungan martensit paling banyak terdapat pada spesimen dengan temperatur pemanasan 900°C.
2. Dengan memberikan perlakuan panas tidak setimbang akan cenderung membuat nilai kekerasan suatu material mengalami kenaikan karena laku panas tidak setimbang menghasilkan fasa martensit yang dapat dilihat pada bagian pengujian metalografi. Pada temperatur 900°C nilai kekerasannya lebih tinggi yaitu sebesar 46.6 HRB

dibandingkan dengan temperatur 800°C dan temperatur 850°C.

3. Pada specimen yang dipanaskan dengan temperatur 800°C terlihat memiliki kekuatan impak lebih tinggi yaitu sebesar 410.47Kg/cm dibandingkan dengan specimen yang dipanaskan dengan temperatur 850°C dan dipanaskan dengan temperatur 900°C.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian kali ini metode pengerasan induksi permukaan dinilai kurang sempurna dalam prosesnya sehingga terdapat cacat pada spesimen benda kerja, sehingga diharapkan untuk selanjutnya prosedur pengelasannya lebih baik.
2. Pada penelitian kali ini didapatkan banyak kesalahan dalam pemotongan *test piece* dan pembuatan takik benda kerja dikarenakan terbatasnya alat potong yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM E 23. 1994. *Standard Test Method for Notched Bar Impact of Metallic Materials*. USA

Susanto, Tarsono Dwi. "Studi Pengerasan Permukaan Dengan Cara Pengerasan Induksi Pada Baja Paduan Rendah" *STT Wiwirotomo Purwokerto.* 52 – 54

Widodo, Edi. Huda, Miftahul "Optimasi Holding Time untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S 45 C" *R.E.M.(Rekayasa, Energi, Manufaktur) Jurnal Vol. 1. No.1. 2016*

Widiyono, Eddy. 2009. *"Pengetahuan Bahan Teknik"*. Surabaya: ITS

Sarjono, Koos(2009). "Pengaruh Hardening Pada Baja JIS G4051 Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro" *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia vol. 11.* 95 – 100

Lakhtin, Y(1963). "*Engineering Physical Metallurgy*" Delhi : India. CBS Publisher & Distributors India

Liscic, Bozidar. Tensi, Hans M. Canale, Lauralice. Totten, George E. (2010) "*Quenching Theory And Technology*" Florida : USA. CRC Press Taylor and Francis group.

www.danidwikw.wordpress.com/category/materi-teknik
diakses pada tgl. 10 November 2018

www.tf.ini-kiel.de
Diakses pada tanggal 10 November 2018

www.nitty-gritty.com
Diakses pada tanggal 11 November 2018

www.lennon.csufreshno.edu
Diakses pada tanggal 11 November 2018

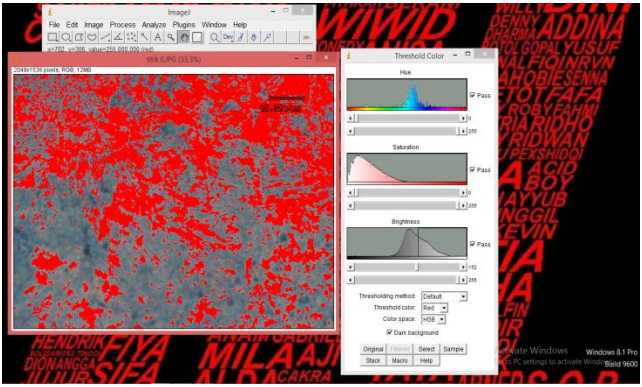
www.princeton.edu
Diakses pada tanggal 11 November 2018

www.researchgate.net
Diakses pada tanggal 11 November 2018

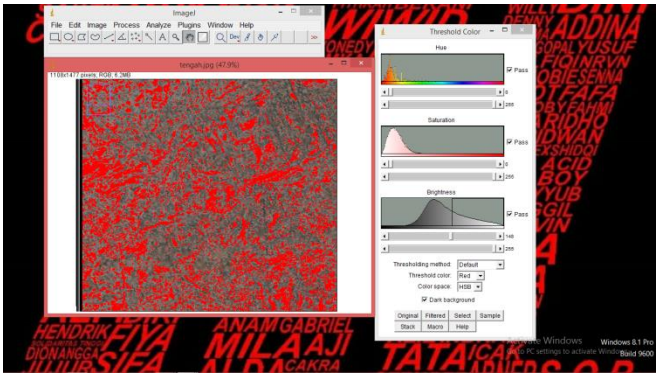
http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuutama/mesin-cnc/1440-beta-0003
Diakses pada tanggal 11 November 2018

http://blog.ub.ac.id/salsabilavelina/2012/03/02/diagram-fasa-fe-fe3c-2/
Diakses pada tanggal 11 November 2018

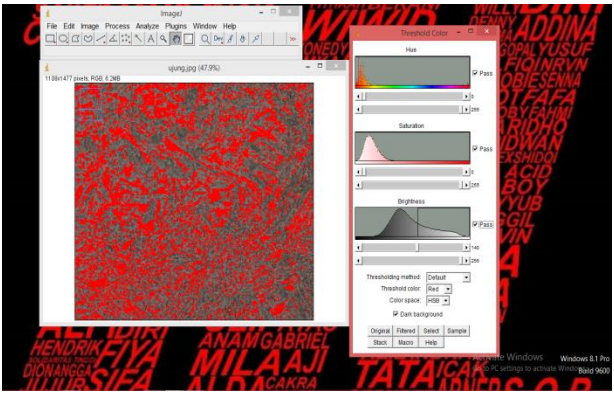
Lampiran



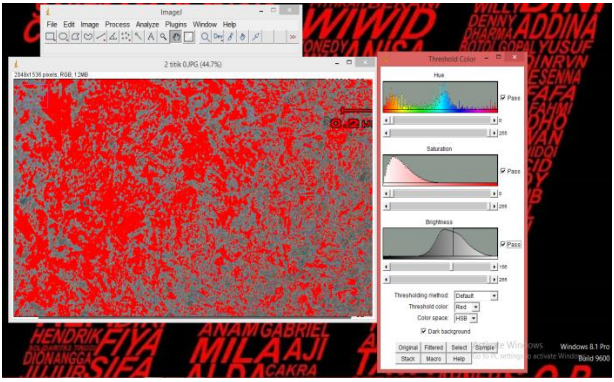
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (800°C titik 1)



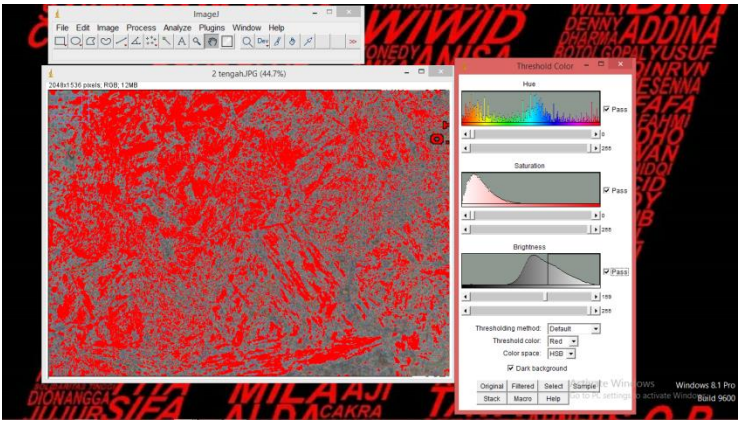
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (800°C titik 2)



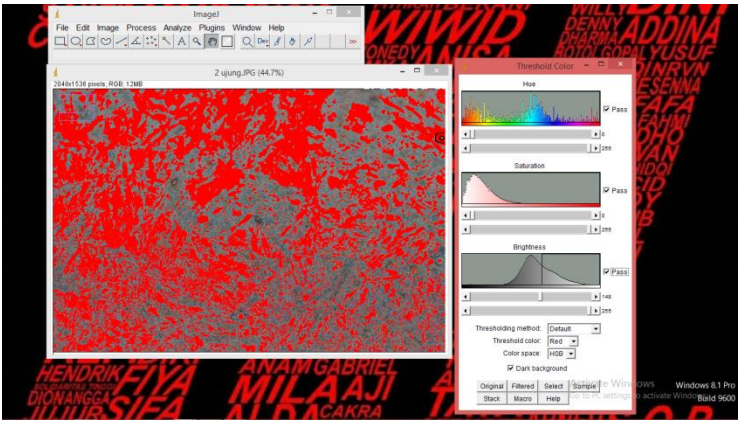
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (800°C titik 3)



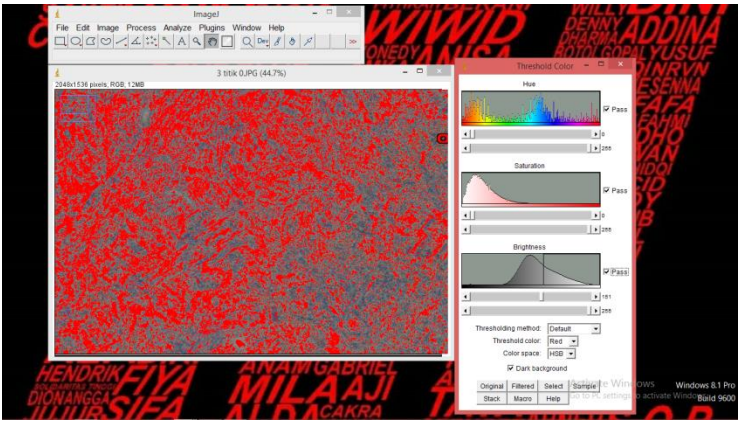
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (850°C titik 1)



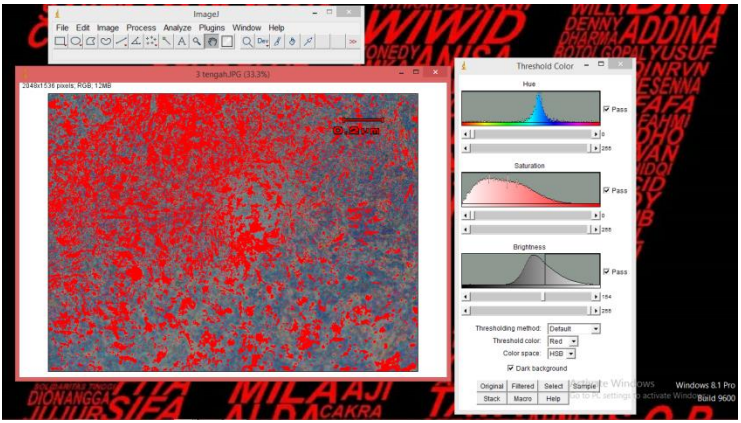
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (850°C titik 2)



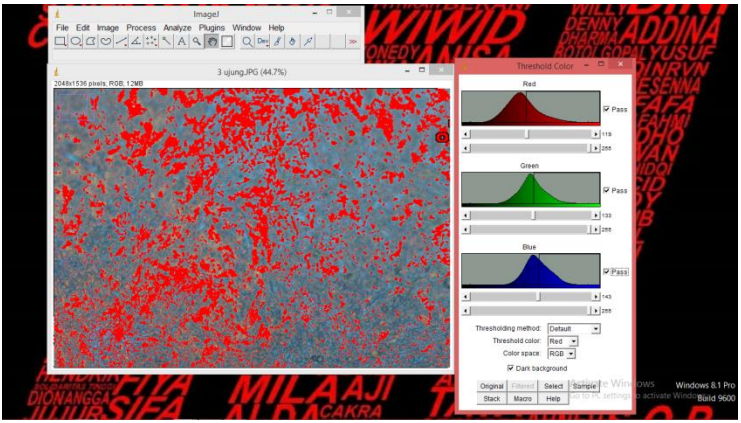
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (850°C titik 3)



Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (900°C titik 1)



Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (900°C titik 2)



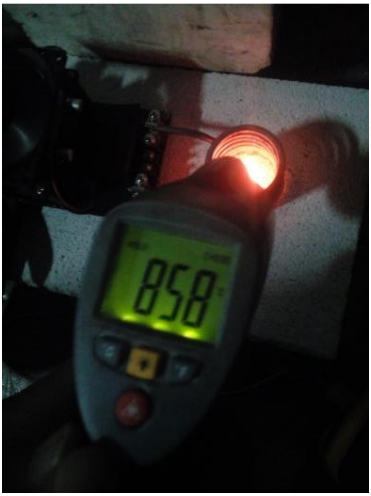
Gambar Analisa *ferrite, pearlite, dan* martensite menggunakan imageJ (900°C titik 3)

Gambar Proses Laku Panas Induksi *Specimen* Uji Impak Temperatur 800°C

Gambar Proses Laku Panas Induksi *Specimen* Uji Impak Temperatur 850°C

Gambar Proses Laku Panas Induksi *Specimen* Uji Impak Temperatur 900°C

Gambar Proses Laku Panas Induksi *Specimen* Metalografi dan Uji Kekerasan Temperatur 800°C



Gambar Proses Laku Panas Induksi *Specimen* Metalografi dan Uji Kekerasan Temperatur 850°C

Gambar Proses Laku Panas Induksi *Specimen* Metalografi dan Uji Kekerasan Temperatur 900°C

Perhitungan Kekuatan Impak

Rumus Perhitungan Kekuatan Impak:

$$\frac{W.L(Cos\alpha\ -Cos\beta)}{A}$$

Benda uji : Tanpa perlakuan

- 92°
- 94°
- 92°

$\frac{13.57x60(Cos\ 92\ -Cos\ 140)}{0.8}$ = 742.9 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 94\ -Cos\ 140)}{0.8}$ = 702.2 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 92\ -Cos\ 140)}{0.8}$ = 742.9 kg/mm

Rata – rata $= \frac{742.9+702.2+742}{3}$

= 729.3 kg/mm

Benda uji : Temperatur 800°C

- 105°
- 114°
- 115°

$\frac{13.57x60(Cos\ 105\ -Cos\ 140)}{0.8}$ = 516.22 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 114\ -Cos\ 140)}{0.8}$ = 365.68 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 115\ -Cos\ 140)}{0.8}$ = 349.51 kg/mm

Rata – rata $= \frac{516.11+365.68+349.51}{3}$

= 410.47 kg/mm

Benda uji : Temperatur 850°C

- 111°

- 114°
- 115°

$\frac{13.57x60(Cos\ 111 - Cos\ 140)}{0.8}$ = 414. 91 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 114 - Cos\ 140)}{0.8}$ = 365.68 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 115 - Cos\ 140)}{0.8}$ = 349.52 kg/mm

Rata – rata = $\frac{414.91+365.68+349.52}{3}$

= 376.7 kg/mm

Benda uji : Temperatur 900°C

- 117°
- 118°
- 122°

$\frac{13.57x60(Cos\ 117 - Cos\ 140)}{0.8}$ = 317.59 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 118 - Cos\ 140)}{0.8}$ = 301.83 kg/mm

$\frac{13.57x60(Cos\ 122 - Cos\ 140)}{0.8}$ = 240.31 kg/mm

Rata – rata = $\frac{317.59+301.83+240.31}{3}$

= 286.57 kg/mm

PT GROWTH SUMATRA INDUSTRY

Head Office / factory : Jln. K.L. Yos. Sudarso Km 10 - Medan.
Phone : (061) 685 1989 (7 lines) Facs. : (061) 685 1474, 685 5779.

MILL TEST CERTIFICATE

CUSTOMER : PT. BENTENG ANUGERAH SEJAHTERA

COMMODITY : COLD DRAWN STEEL ROUND BARS
SPECIFICATION : SGD 400 - D = SS 41.
(Equivalent to JIS G. 3123).
No. Contract : 046/BAS-SBY/TT-219/2018/GS

CERTIFICATE NO : 227/D/X/GSI/2018
NO.PO : -
DATE OF ISSUE : 19/10/2018

DIMENSION		HEAT NUMBER	QUANTITY	CHEMICAL COMPOSITION (%)					TENSILE STRENGTH (N/mm^2)	HARDNESS	
DIAMETER (in, mm)	LENGTH (mtr)			C	Si	Mn	P	S		(HRB)	(HB)
1 1/4 in	6	12991	240	0.2162	0.1855	0.5877	0.0337	0.0318	636	-	170
1 1/8 in	6	31993	90	0.1927	0.1975	0.6180	0.0367	0.0347	626	-	174
1 in	6	31984	200	0.1955	0.2054	0.6085	0.0214	0.0198	636	-	175
2 1/2 in	6	32947	104	0.1932	0.2111	0.6164	0.0324	0.0266	633	-	173
2 1/4 in	6	22958	40	0.1965	0.1882	0.5444	0.0275	0.0264	640	-	175
35 mm	6	42222	140	0.2231	0.1926	0.6250	0.0274	0.0171	642	-	181
7/8 in	6	22948	140	0.1870	0.2032	0.6292	0.0306	0.0246	629	-	176

Aproved by :
Manager Of Quality Control Department

Ir. Heini SP. Manullang

Prepared by :

BIODATA PENULIS

Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 14 Juni 1996 di Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuhmeliputi SDI Raden Paku, SMPN 30 Surabaya, SMAN 20 Surabaya. Setelah itu penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi D3 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan mengambil bidang studi Manufaktur.

Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT PETRO KIMIA Gresik yang ditempatkan pada Departemen Harian III.

Selama masa pendidikan di perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan di kampus, terutama kegiatan yang berhubungan dengan keprofesian bengkel. Penulis ikut bergabung dengan BSO Bengkel yang dimiliki oleh D3 Teknik Mesin Industri. Disana penulis menjabat sebagai staff BSO Bengkel. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih lanjut dapat menghubungi :

E-mail: affandi.af17@gmail.com