TUGAS AKHIR
TM 145547

ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU PENAHANAN AUSTENISASI PADA PERLAKUAN PANAS PENGERASAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA BAJA KARBON AISI 1050

ADELINA IRAWATI
NRP. 2114 030 020

Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

TUGAS AKHIR
TM 145547

ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU PENAHANAN AUSTENISASI PADA PERLAKUAN PANAS PENGERASAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA BAJA KARBON AISI 1050

ADELINA IRAWATI
NRP. 2114 030 020

Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

FINAL PROJECT
TM 145547

ANALYSIS THE EFFECT OF AUSTENISATION HOLDING TIME VARIATION UNDER THE HEAT TREATMENT HARDENING ON THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS VALUE AND IMPACT STRENGTH OF AISI 1050 CARBON STEEL

ADELINA IRAWATI
NRP. 2114 030 020

Advisory Lecturer
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERNIG
Faculty of Vocational
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU PENAHANAN AUSTENISASI PADA PERLAKUAN PANAS PENGERASAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA BAJA KARBON AISI 1050

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :
ADELINA IRAWATI
NRP. 2114 030 020

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing

Ir. Eddy Widiyono, M.Sc
NIP. 19601025 198701 1 001

SURABAYA
JULI 2017

ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU PENAHANAN AUSTENISASI PADA PERLAKUAN PANAS PENGERASAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA BAJA KARBON AISI 1050

Nama Mahasiswa	**: Adelina Irawati**
NRP	**: 2114 030 020**
Jurusan	**: D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS**
Dosen Pembimbing	**: Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.**

Abstrak

Di bidang pertanian kelapa sawit para petani menggunakan pisau igrek untuk memanen buah kelapa sawit.. Namun perlu dilakukan penelitian pada bahan pembuat pisau igrek agar sesuai standart. Standart SNI nilai kekerasan pisau igrek 45,3 HRC.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa pada material awal khususnya pada baja AISI 1050. Metodologi pada penelitian ini meliputi persiapan benda uji, uji laku panas pengerasan dengan tempertur 850˚C, media pendingin air dan variasi holding time 5 menit, 15 menit dan 25 menit kemudian uji metalografi, uji kekerasan dan uji impak. Hasil yang didapatkan akan digunakan untuk bahan baku produk pisau igrek.

Hasil penelitian ini didapatkan kekerasan tertinggi pada holding time 25 menit. Kandungan martensit yang terbentuk semakin banyak yaitu sebanyak 75%. Semakin tinggi martensit yang terbentuk akan membuat material semakin keras. Namun pada baja AISI 1050 juga memiliki bainit sebanyak 25 % dimana itu bisa menambah ketangguhan pada produk pisau. Diikuti dengan nilai Grain Size yaitu 12. Nilai kekerasan sebesar 60.33 HRC. Dan kekuatan impak sebesar 0.0356 joule/mm².

Kata kunci: *Waktu Penahanan, Kekerasan, Metalografi, Impak*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS THE EFFECT OF AUSTENISATION HOLDING TIME VARIATION UNDER THE HEAT TREATMENT HARDENING ON THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS VALUE AND IMPACT STRENGHT OF AISI 1050 CARBON STEEL

Student Name : Adelina Irawati
Student ID Number : 2114 030 020
Department : D3 Industrial Mechanical Engineering Vocational Faculty-ITS
Advisory Lecturer : Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

Abstract

In the field of oil palm farming the farmers use igrek knives to harvest the palm fruit. However, research needs to be done on the materials of the igrek knife to fit the standard Standart SNI's standard for hardness value of igrek knife is 45.3 HRC

In this research will be done analysis at the beginning of the blade material especially in AISI 1050 steel. The methodology of this research includes preparation of test specimens, heat treatment hardening test with temperture 850˚C, cooling medium is water and the variation of holding time 5 minutes, 15 minutes and 25 Minutes then metallography test, hardness test and impact test. The results which obtained will be used for raw materials of knife products.

The results of this research is obtained the highest hardness at 25 minutes holding time in each specimen because the content of martensite is formed increasingly that is as much as 75%. More the martensite formed will be make the material harder. However in AISI 1050 steel also has austenite residue as much as 25% where it can add the taughness of the blade products. Followed by Grain Size value is 12. Hardness value is 60.33 HRC. And the impact force is 0.0356 joules/mm².

Keywords: *Holding Time, Hardness, Metallography, Impact*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur Saya panjatkan kehadirat Allah SWT, serta tak lupa sholawat dan salam saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW, serta para sahabatnya. Berkat rahmat dan karunia Allah SWT sehingga, penulis buku ini dapat menyelesaikan seluruh pengerjaan tugas akhir dengan judul: **ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU PENAHANAN PADA PERLAKUAN PANAS PENGERASAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO, NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK PADA BAJA AISI 1050**

Penyelesaian tugas akhir ini merupakan syarat akademis yang harus ditempuh dijurusan D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Banyak dorongan dan bantuan yang penulis dapatkan selama Penyusunan Tugas Akhir ini sehingga terselesaikannya dengan beberapa kekurangan dan kelebihannya. Pada kesempatan kali ini perkenankanlah penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Eddy Widiyono, M.Sc Selaku Dosen pembimbing yang telah dengan sabar dan telaten member bimbingan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku ketua Program Studi D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS yang telah banyak memberikan bantuan dalam proses pengajuan ijin dan sebagainya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T Selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
4. Bapak Dedy Zulhidayat Noor ST,MT,PhD selaku dosen wali selama saya kuliah di jurusan D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS.
5. Bapak-Ibu Dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan

Tugas Akhir ini. Serta seluruh Dosen dan staf pengajar Program Studi D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS, yang telah memberikan ilmunya dan membantu semua selama duduk dibangku kuliah.

6. Seluruh keluarga penulis yang telah memberi dukungan moril dan materiil serta do'a yang tak pernah putus selama ini.
7. Teman-teman D3MITS 2014 khususnya Prima, Pamuji, Dicko, Idzmi, dan Tika terimakasih atas bantuan segalanya.
8. Serta semua pihak yang belum tertulis dan yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah berperan dalam pengerjaan laporan ini.

Semoga segala keikhlasan dan beribu kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Saya sebagai makhluk Allah SWT, manusia biasa, saya menyadari bahwasannya penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan serta kekurangan. Oleh karena itu , saya mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk penulis dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK INDONESIA iv
ABSTRAK INGGRIS vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL. xvi

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 3
1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II DASAR TEORI 5
2.1 Baja Karbon 5
2.1.1 Baja Karbon AISI 1050 6
2.1.2 Sifat Mekanik Material 6
2.1.3 Diagram Fase Fe-Fe_3C 8
2.2 Laku Panas 10
2.2.1 Laku Panas Kondisi Setimbang 11
2.2.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang 12
2.3 Uji Metalografi 15
2.3.1 Metode Perhitungan Uji Metalografi 16
2.3.2 Macam – macam Struktur Mikro 18
2.4 Uji Kekerasan 22
2.5 Uji Impak 23
2.5.1 Macam Pengujian Impak 25

BAB III METODOLOGI 29
3.1 Diagram Alir Penelitian 29
3.2 Bahan 30
3.3 Benda Uji..... 30
3.3.1 Benda Uji Kekerasan..... 31
3.3.2 Benda Uji impak 31
3.3.3 Benda Uji Metalografi 32
3.4 Perlakuan Panas 32
3.4.1 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas 33
3.4.2 Benda Uji Metalografi Saat Dilaku Panas 33
3.4.3 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas 34
3.5 Peralatan dan Pengujian 34
3.5.1 Peralatan dan Uji Kekerasan 34
3.5.2 Peralatan dan Uji Mealografi 35
3.5.3 Peralatan dan Uji Impak 36

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050 37
4.2 Hasil Uji Metalografi 38
4.2.1 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal 39
4.2.2 Hasil Uji Metalografi Hardening 40
4.2.3 Pembahasan Hasil Uji Metalografi 42
4.3 Hasil Uji Kekerasan 44
4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal 44
4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Hardening 45
4.3.3 pembahasan Hasil Uji Kekerasan 47
4.4 Hasil Uji Impak 47
4.4.1 Hasil Uji Impak Kondisi Awal 47
4.4.2 Hasil Uji Impak Hardening 48
4.4.3 Pembahasan Hasil Uji Impak 50

BAB V KESIMPULAN..... 51
5.1 Kesimpulan..... 51
5.2 Saran..... 51

DAFTAR PUSTAKA 53
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fe-Fe3C 10
Gambar 2.2 Daerah temperatur laku panas 12
Gambar 2.3 Transformasi fase pada saat pemanasan 13
Gambar 2.4 Diagram CCT 14
Gambar 2.5 Laju Pendinginan Media Pendingin 15
Gambar 2.6 Pantulan Sinar pada *Metalograph Test* 16
Gambar 2.7 Garis Bantu Menghitung Presentase Tiap Struktur 17
Gambar 2.8 Garis Bantu Menghitung Besar Butir 18
Gambar 2.9 Hasil metalografi fasa ferrit 19
Gambar 2.10 Hasil metalografi perlit 19
Gambar 2.11 Hasil metalografi fasa austenit 20
Gambar 2.12 Hasil metalografi fasa sementit 20
Gambar 2.13 Hasil metalografi bainit 21
Gambar 2.14 Hasil metalografi martensit 21
Gambar 2.15 Prinsip kerja *Rockwell* 22
Gambar 2.16 Hubungan temperatur dengan energi impak .. 24
Gambar 2.17 Kebutuhan enerji untuk mematahkan 25
Gambar 3.1 *Flowchart* Diagram 29
Gambar 3.2 Dimensi Benda Uji Kekerasan 31
Gambar 3.3 Dimensi Benda Uji Impak 31
Gambar 3.4 Oven 33
Gambar 3.5 Alat Uji Kekerasan Rockwell (HRC) Frank 34
Gambar 3.6 Mikroskop optik 35
Gambar 3.7 Mesin Uji Impak Charpy 36
Gambar 4.1 Grafik komposisi kimia Baja AISI 1050 38
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Metalografi 41
Gambar 4.3 Grafik Nilai Besar Butir Struktur Mikro 42
Gambar 4.4 Material uji kekerasan kondisi normal 44
Gambar 4.5 Material Uji Kekerasan Hardening 45
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Kekerasan 46
Gambar 4.7 Mesin Uji Impak Charpy 48
Gambar 4.8 Material setelah dilaku panas 48
Gambar 4.9 Diagram Hasil Uji Impak 49

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Unsur Kimia baja karbon AISI 1050 30
Tabel 3.2 Sifat Mekanik baja karbon AISI 1050 30
Tabel 3.3 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas 33
Tabel 3.4 Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas 33
Tabel 3.5 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas 34
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050 37
Tabel 4.2 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal 39
Tabel 4.3 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal 39
Tabel 4.4 Hasil Uji Metalografi Hardening 40
Tabel 4.5 Nilai Besar Butir Struktur Mikro *Hardening* 41
Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal 44
Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Hardening 45
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kondisi Normal 48
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Hardening 49

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja karbon AISI 1050 merupakan jenis baja "*Medium Carbon Steel*" atau baja dengan kandungan unsur karbon medium. Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon sebesar 0.3% - 0.6% C *(ASM Handbook. 1993).*

Pada aplikasinya baja tersebut harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mempu menahan keausan akibat bergesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat suatu gesekan Karena baja karbon sedang memiliki sifat yang dapat dimodifikasi, sedikit ulet (ductile) dan tangguh (toughness). Dengan kandungan karbon medium ini, memungkinkan baja ini untuk dikeraskan dengan perlakuan panas (*heat treatment*) untuk membentuk struktur mikro martensit yang keras. Pada umumnya ketahanan aus berbanding lurus dengan kekerasan.

Perlakuan panas (Heat Treatment) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan jalan mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan, penahanan waktu dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan tanpa/merubah komposisi kimia yang bersangkutan. Tujuan dilakukannya proses perlakuan panas yaitu untuk merekayasa atau mendapatkan kekerasan baja sesuai dengan rencana yang diinginkan.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan analisa pada material baja AISI 1050. Penelitian ini menggunakan metode perlakuan panas (Heat Treatment) dengan membedakan variasi waktu penahan (holding time) austenisasi. Tujuan dari dilakukannya variasi waktu penahanan (holding time) austenisasi tersebut yaitu untuk mengetahui perbedaan sifat mekanik berupa tingkat kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon AISI 1050, sehingga kita dapat mengetahui nilai uji kekerasan, nilai uji impak dan struktur mikro. Untuk variasi waktu penahanan (

holding time) austenisasi menggunakan 3 macam waktu yang berbeda-beda, untuk suhu yang digunakan menggunakan suhu yang konstan (suhu tetap) dan media pendingin menggunakan air agar terjadi proses pendinginan cepat. Sehingga benda menjadi lebih tangguh.

Proses produksi igrek dilakukan dengan pembakaran arang kayu atau dipanaskan didalam furnace guna untuk mempermudah proses tempa (hammer). Proses pembakaran arang kayu atau furnace dapat dilakukan sesuai dengan bahan yang akan di tempa. Pisau Igrek digunakan untuk memanen pohon kelapa sawit dengan ketinggian lebih dari 3 meter. Terdiri dari 3 jenis ukuran yaitu igrek long untuk ketinggian diatas 13 meter, igrek standart untuk ketinggian 6-13 meter dan igrek junior untuk ketinggian 3-8 meter. Berdasarkan standart SNI nilai kekerasan untuk pisau igrek minimal 45.3 HRC

1.2 Perumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang yang mendorong tugas akhir ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan tersebut adalah:

1. Bagaimana struktur mikro material baja karbon AISI 1050 dengan tiga variasi waktu penahanan *(holding time)* austenisasi
2. Bagaimana sifat mekanik material baja karbon AISI 1050 pada uji kekerasan dari pengaruh tiga variasi waktu penahanan *(holding time)* austenisasi
3. Bagaimana hasil *impact strength* material baja karbon AISI 1050 dengan tiga variasi waktu penahanan (*holding time*) austenisasi

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulihan tugas akhir ini, maka perlu kiranya diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Kondisi bahan diasumsikan homogen
2. Pengaruh lingkungan diabaikan
3. Laju temperatur selama pengeluaran spesimen dari dapur pemanas diabaikan
4. Pengaruh agitasi dan perubahan temperatur pada media pendingin diabaikan
5. Pembahasan dititik beratkan pada tingkat kekerasan, metalografi dan kekuatan impak.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1 Mengetahui struktur mikro spesimen dengan tiga variasi waktu penahanan *(holding time)* austenisasi pada material baja karbon AISI 1050

2 Mengetahui kekerasan dan ketangguhan spesimen dari pengaruh tiga variasi waktu penahanan *(holding time)* austenisasi pada material baja karbon AISI 1050.

3 Mengetahui hasil *impact strength* material baja karbon AISI 1050 dengan tiga variasi waktu penahanan (*holding time*) austenisasi

1.5 Manfaat

Dari penelitian ini, penulis mengharapkan manfaat dengan memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh variasi waktu penahanan (holding time) austenisasi pada laku panas pengerasan terhadap struktur mikro, nilai kekerasan, dan kekuatan impak pada baja karbon AISI 1045.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya:

- **BAB I PENDAHULUAN**

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

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

  Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

- **BAB III METODOLOGI**

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

- **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

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

- **BAB V PENUTUP**

  Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

❖ **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

❖ **LAMPIRAN**

Berisi tentang data tambahan yang menunjang tugas akhir.

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsure dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsure kimia lain seperti sulfur (S), fosfat (P), slikon (Si), mangan (Mn), dan unsure kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% - 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebngai unsure pengeras dalam struktur baja.

Baja karbon dibagi menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah memiliki kandungan unsur karbon dalam sturktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Dengan meningkatnya kadar karbon maka baja maka kekuatan baja semakin meningkat namun keuletannya menurun

Baja karbon menengah memiliki kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,6% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah.

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,61% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas.

Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga

tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan.

2.1.1 Baja Karbon AISI 1050

Baja AISI 1050 merupakan baja karbon sedang dengan kandungan karbon berkisar 0,3% C – 0,6% C. Baja ini banyak digunakan karena memiliki banyak keunggulan salah satunya adalah pada komponen automotif sebagai contoh untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja ini memiliki karakteristik : sifat mampu mesin yang baik (machinability), wear resistance-nya (keausan) baik dan sifat mekaniknya menengah. Pada aplikasinya baja ini harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat gesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat gesekan. Pada umumnya ketahanan aus ini berbanding lurus dengan kekerasan [Avner, 1974]

2.1.2 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material atau komponen untuk menerima beban, gaya dan energy tanpa menimbulkan kerusakan pada material atau komponen tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain:

a. 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.

b. Kekakuan *(stiffness)*

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi.

c. 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)*.

d. Plastisitas (plasticity*)*

Merupakan kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen *(deformasi palstis)* 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).*

e. 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. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dll

f. Ketangguhan *(toughness)*

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

g. Kegetasan *(brittleness)*

Merupakan kemampuan sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent. Material yang getas atau

rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi keregangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

h. 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.

i. Melar *(creep)*

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

j. Kekerasan *(hardness)*

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

2.1.3 Diagram Fase Fe-Fe_3C

Dalam besi cair karbon dapat larut, tetapi dalam keadaan padat kelarutan karbon dalam besi akan terbatas. Selain sebagai larutan padat, besi dan karbon juga dapat membentuk senyawa *interstisial (interstitial compound)*, eutektik dan juga eutektoid, atau mungkin juga karbon akan terpisah (sebagai grafit). Karena itu diagram fase besi-karbon ada 2 macam, diagram fase besi – karbida besi dan diagram fase besi – grafit.

Diagram keseimbangan besi – karbon cukup kompleks, tetapi hanya sebagian saja yang penting bagi dunia teknik, yaitu bagian antara besi murni sampai

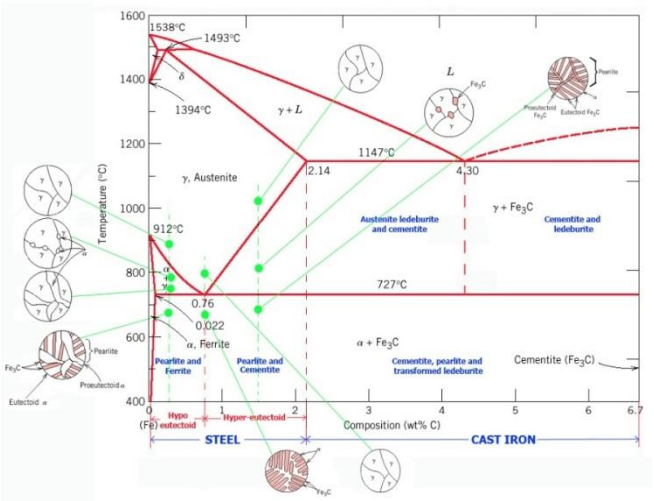
senyawa *interstitial*-nya, karbida besi Fe_3C, yang mengandung 6,67 %C. dan diagram fase yang banyak digunakan adalah diagram fase besi – karbida besi, diagram Fe – Fe_3C.

Pada keadaan yang betul – betul ekuilibrium karbon akan berupa karbon bebas (grafit), sehingga akan diperoleh diagram kesetimbangan besi - grafit. Perubahan – perubahan dalam keadaan ekuilibrium berlangsung terlalu lama. Seharusnya karbida besi akan terjadi pada temperatur kamar (pada temperatur sekitar 700^{o}C pun perubahan ini akan makan waktu bertahun – tahun). Dalam hal ini karbida besi dikatakan sebagai suatu struktur yang metastabil. Diagram fase besi – karbida dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Dari Gambar di bawah ini tampak bahwa diagram fase ini memiliki tiga garis mendatar yang menandakan adanya reaksi yang berlangsung secara *ishotermal*, yaitu :

- Pada 1496^{o}C, kadar karbon antara 0.10 – 0.50 %, terbentuk dari besi gamma yang mengalami perubahan struktur dari FCC (*Face Centered Cubic*) ke struktur BCC (*Body Centered Cubic*) akibat peningkatan temperatur berlangsung reaksi peritektik. $L + \delta \rightarrow \gamma$
- Pada 1130^{o}C, kadar karbon antara 2,0 – 6,67 %, merupakan daerah besi gamma (γ-Fe) atau austenite, pada kondisi ini biasanya austenite memiliki struktur Kristal FCC (*Face Centered Cubic*) bersifat stabil, lunak, ulet, dan mudah dibentukberlangsung reaksi eutektik. $L \rightarrow \gamma + F_{e3}C$

- Pada 723ºC, kadar karbon antara 0.025 – 6.67 %, terjadi transformasi fasa austenite menjadi fasa perlit. Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi eutectoid. L → α + Fe



Gambar 2.1 Diagram Fe-Fe3C

2.2 Laku Panas

Proses laku panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Dari sini tampak bahwa proses laku panas dapat digunakan untuk melakukan manipulasi sifat mekanik sesuai dengan kebutuhan dan keperluan.

Baja adalah paduan yang banyak diproduksi atau digunakan dan juga paling sering diberikan laku panas dalam proses produksinya. Proses laku panas pada baja pada umumnya akan melibatkan transformasi atau dekompisisi austenit inilah yang

akan menentukan sifat fisik dan mekanik baja yang mengalami proses laku panas.

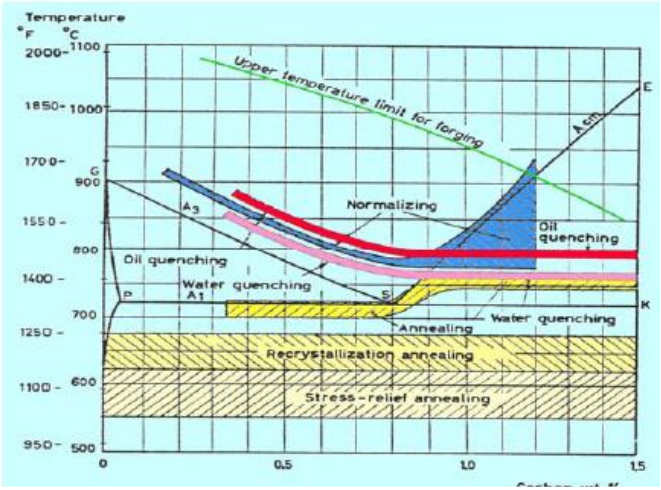
Proses laku panas pada dasarnya terdari dari beberapa tahapan dimulai dengan pemanasan sampai ketemperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu. Yang membedakan proses laku-panas dengan proses laku-panas yang lain adalah:

1. Tinggi temperatur pemanasan
2. Lamanya waktu penahanan
3. Laju pendinginan

Selama pemanasan, yang biasa dilakukan hingga mencapai daerah austenit, baja akan mengalami transformasi fase, akan terbentuk austenit. Dengan memberikan waktu penahanan yang cukup akan memberikan kesempatan kepada atom-atom untuk berdiffusi menghomogenkan austenit yang baru terbentuk itu. Pada pendinginan kembali, austenit akan bertransformasi lagi dan struktur mikro yang terbentuk tergantung pada laju pendinginan. Dengan laju pendinginan yang berbeda akan terbentuk struktur mikro yang berbeda, tentunya sifat mekaniknya pun akan berbeda.

2.2.1 Laku Panas Kondisi Setimbang

Laku panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan pada logam/paduan untuk memperoleh sifat tertentu. Salah satu dari laku panas tersebut dilakukan dengan kondisi setimbang atau paling tidak mendekati kondisi setimbang.

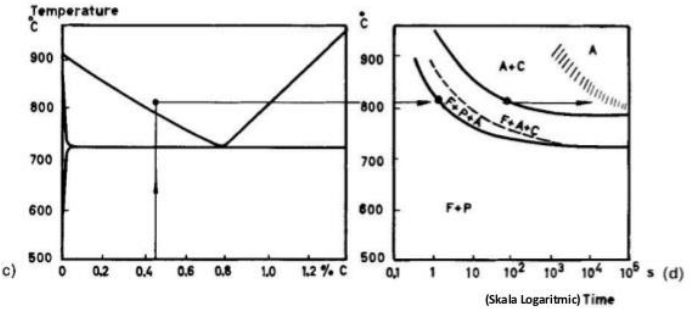


Gambar 2.2 Daerah temperatur laku panas

2.2.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang

Proses Laku Panas yang dilakukan pada keadaan yang tidak setimbang. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan pendinginan cepat pada logam yang sudah dipanaskan sehingga tidak ada kesempatan bagi material yang sudah dipanaskan untuk mencapai kondisi yang setimbang karena waktu yang dibutuhkan untuk transformasi / dekomposisi tidak cukup.

1. Temperatur austenitising:
   a. Baja hypoeutektoid 25 – 50 ^{o}C di atas temperatur kritis atas A_3
   b. Baja hypereutektoid 25 – 50 ^{o}C di atas temperatur kritis bawah A_1



Gambar 2.3 Transformasi fase pada saat pemanasan baja

Dapat dilihat bahwa laju pemanasan berpengaruh terhadap temperatur transformasi, makin tinggi laju pemanasan makin tinggi temperature transformasinya. Penahanan selama beberapa saat supaya struktur kristal dan komposisinya homogen.

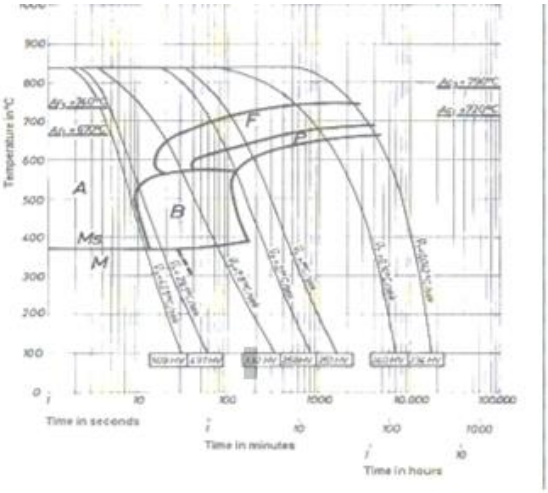
2. Waktu penahanan (holding time)

   Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses hardening dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan diffusi karbon dan unsur paduannya.

3. Laju Pendinginan

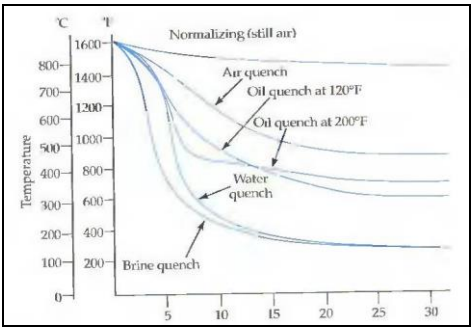
   Laju pendinginan tergantung beberapa faktor, yaitu:

   a. Jenis media pendinginnya
   b. Temperatur media pendingin
   c. Kuatnya sirkulasi



Gambar 2.4 Diagram CCT

Quenching adalah proses pemanasan logam sampai suhu austenitisasi, ditahan beberapa waktu (Holding Time) agar austenite dapat lebih homogen, kemudian didinginkan secara cepat sehingga akan membentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada struktur perlit dan ferit.. Quenching ini bertujuan menambah kekerasan baja yang biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan yang lebih baik. Tiap jenis media *quenching* akan memberikan laju pendingin yang berbeda. Kekerasan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh laju pendinginan tersebut. Laju pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat logam yang keras dan getas, sedangkan untuk laju pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat yang lunak dan ulet (Arfis A, 2012)



Gambar 2.5 Laju Pendinginan Media Pendingin

2.3 Uji Metalografi

Ilmu logam secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu metalurgi dan metalography. Metalurgi yaitu ilmu yang mempelajari tentang perpaduan logom dengan unsur-unsur tertentu seperti titanium,copper, yang bertujuan untuk memperkuat atau dan menambah ketangguhan logam, yang digunakan untuk berbagai kebutuhan khusus seperti engine blok piston dll.

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan miroskop optis dan mikroskop electron dengan perbesaran 50 – 3000 kali. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu.

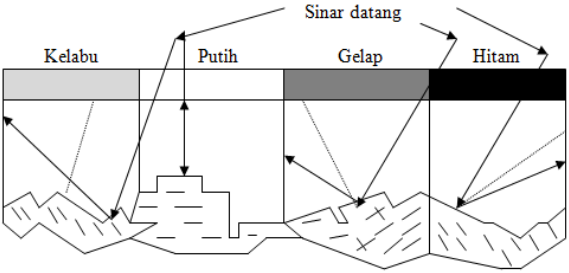
Pengujian metalography dibagi menjadi duajenis yaitu pengujian makro dan pengujian mikro

1. Pengujian makro

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu

2. Pengujian mikro

Pengujian mikro bertujuan untuk melihat butiran struktur kristal dari logam yang diuji dengan menggunakan mikroskop mulai perbesaran 50-3000 kali, sehingga dapat diketahu sifat, dan struktur dari logam tersebut.



Gambar 2.6 Pantulan sinar pada *metalograph test*

2.3.1 Metode Perhitungan Uji Metalografi

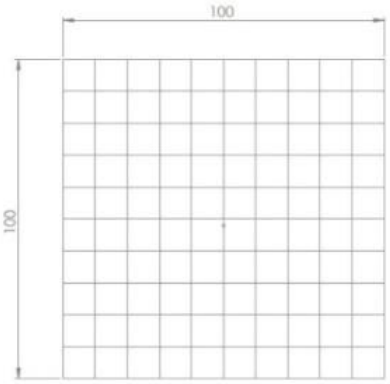
Untuk memudahkan menentukan presentase struktur mikro diperlukan garis bantu pada hasil foto *Metallography Test* baik untuk perhitungan presentase tiap struktur mikro maupun perhitungan rata-rata besar butir. Berikut ini adalah cara menghitung presentase struktur mikro, yaitu :

1. Menghitung Presentase Tiap Microstructur **(**ASTM E - 562)

Sebelumnya hasil foto *Metallography Test* di*crop* dengan dimensi (*100x100 mm).* Rumus yang digunakan untuk menentukan presentase tiap struktur mikro, yaitu:

$$P_{Ms}(\ ) = \frac{Q_{Ms}(\ )}{Q_O} \times 100\%$$

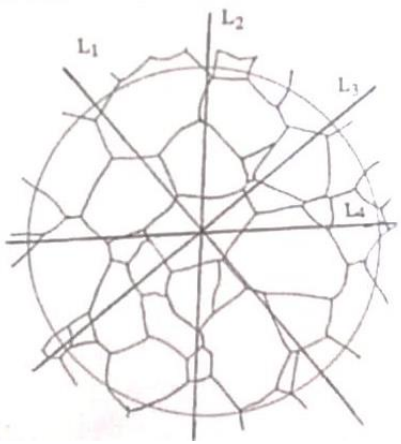
Keterangan:
$P_{Ms}(\ )$: Presentase *Microstruktur* tertentu (%)
$Q_{Ms}(\ )$: Jumlah titik *Microstruktur* tertentu
Q_o :Jumlah titik total



Gambar 2.7 Garis Bantu Menghitung Presentase Tiap Struktur

2. Menghitung Rata-rata Besar Butir (ASTM E - 112)

Dengan mengetahui besar butir suatu struktur mikro kekerasan suatu material dapat ditentukan, benda kerja degan ukuran struktur mikro yang kecil (jumlahnya banyak) akan lebih keras dibanding benda kerja dengan ukuran struktur mikro yang besar (jumlahnya sedikit). Perhitungan menggunakan Metode Perbandingan.



Gambar 2.8 Garis Bantu Menghitung Besar Butir

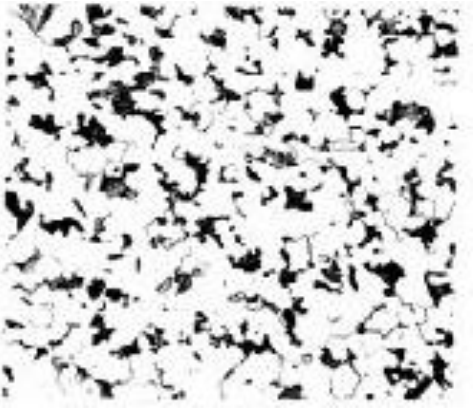
Foto mikrostruktur bahan dengan perbesaran 100X dapat dibandingkan dengan grafik ASTM E112, dapat ditentukan besar butir. Nomor besar butir ditentukan oleh rumus :

$N= 2^{n-1}$

Dimana N adalah jumlah butir per inch2 dengan perbesaran 100x. Metode ini cocok untuk sampel dengan butir beraturan.

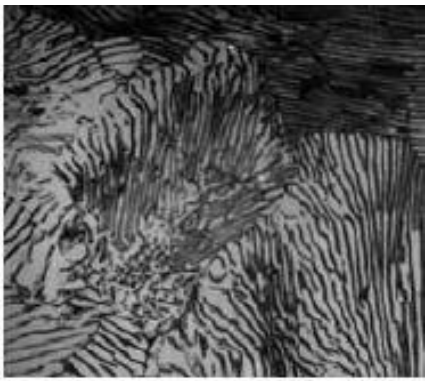
2.3.2 Macam-Macam Struktur Mikro

Berikut ini adalah penjelasan dari berbagai gambar struktur mikro yang terkandung dalam logam



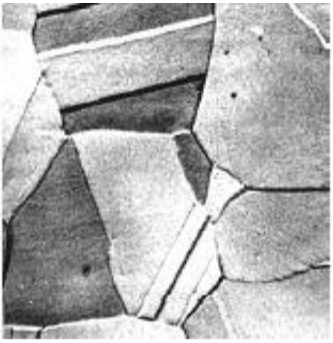
Gambar 2.9 Hasil metalografi fasa ferrit

Ferrit yaitu larutan padatan interstisial karbon dalam besi α dengan kadar karbon 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar. Berbentuk butir-butir kristal yang padat. Berwarna putih terang. Sifat mekanis lunak dan ulet (kondisi annealing).



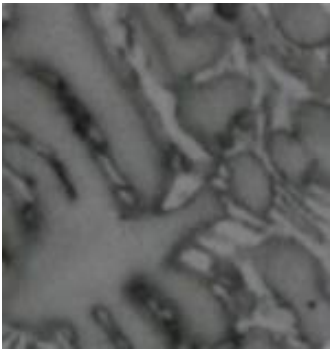
Gambar 2.10 Hasil metalografi perlit

Pearlite yaitu suatu eutectoid mixture dari cementite dan ferrite terdiri dari lapisan alpha-ferrit (88%) dan cementite (12%) dengan kadar karbon 0,8%. Berbentuk pipih atau berlapis. Berwarna kehitaman. Sifat mekanis lunak.



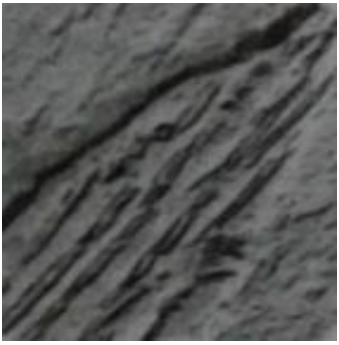
Gambar 2.11 Hasil metalografi fasa austenit

Autenite yaitu larutan padat interstisial karbon dalam besi ɣ dengan kadar karbon 2%. Berbentuk padatan seperti plat. Berwarna abu-abu terang. Sifat mekanis lunak dan ulet (kondisi besi murni).



Gambar 2.12 Hasil metalografi fasa sementit

Sementit yaitu karbida besi Fe_3C merupakan senyawa interstisial dengan kadar karbon 6,67%. Berbentuk jaringan (network). Sifat mekanis sangat keras dan getas.



Gambar 2.13 Hasil metalografi bainit

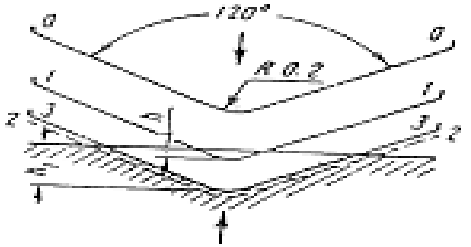
Bainite yaitu aciculer mikro yang berbentuk pada baja pada suhu sekitar 250-550°C dengan kadar karbon <0,5%. Berbentuk jarum-jarum aciculer yang tidak sejajar satu sama lain. Berwarna abu-abu gelap. Sifat mekanis sangat keras dan getas. Terjadi karena adanya pndinginan cepat dan disrtai penahanan temperature.

Gambar 2.14 Hasil metalografi martensit

Martensite yaitu struktur metastabil yang terbentuk karena proses pendinginan yang cepat atau sangat cepat pada temperatur austenitisasinya dengan kadar karbon >0,5%. Berbentuk jarum-jarum pendek. Berwarna hitam pekat. Sifat mekanis sangat keras.

2.4 Uji Kekerasan

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).* Nilai kekerasan diperoleh berdasarkan perbedaan kedalaman dari beban mayor dan beban minor. Beban mayor adalah beban yang diberikan pada material uji sampai mencapai kedalaman tertentu setelah diberi penekanan pada material uji. Sedangkan beban minor merupakan beban pertama yang diberikan oleh penekan kepada material uji saat mencapai permukaan yang berfungsi sebagai landasan untuk beban mayor. Nilai kekerasan dari metode Rockwell diperoleh berdasarkan bekas kedalaman penekan atau indentor. Makin keras material yang diuji maka semakin dangkal kedalaman yang
terbentuk, sebaliknya semakin dalam masuknya penekan pada material menunjukkan material yang diuji memiliki nilai kekerasan yang rendah.



Gambar 2.15 Prinsip kerja *Rockwell*

Keterangan :

0-0 Posisi sebelum indentasi

1-1 Penetrasi pada saat beban awal P1

2-2 Penetrasi pada pada saat beban penuh (P1+P)

3-3 Penetrsai setelah beban utam dilepas P1

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi dengan satu huruf depan seperti pada tabel 2.1 yang menyatakan kondisi pengujian. Angka skala pada mesin terdiri dari dua skala, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi 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.

$$R_B = 130 - \frac{kedalaman\ identasi\ (mm)}{0.002}$$

$$R_c = 100 - \frac{kedalaman\ identasi\ (mm)}{0.002}$$

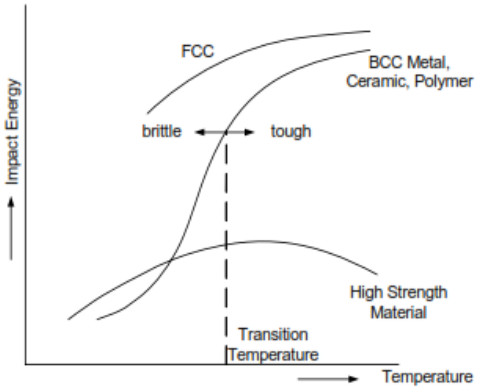
2.5 Uji Impak

Uji impak bisa diartikan sebagal suatu test yang mengukur toughness atau kekenyalan suatu material; yaitu kemampuan suatu material untuk menyerap energi sebelum terjadinya ke patahan. Pada uji impak terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Dasar pengujiannya yakni penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Pada pengujian impak ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut.

Facture atau kepatahan pada suatu material bisa digolongkan sebagai brittle atau ductile fracture. Suatu

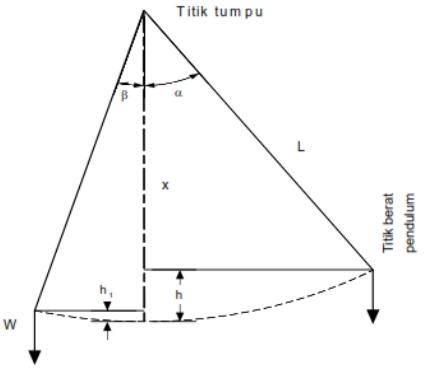
material yang mengalami kepatahan tanpa mengalami suatu deformasi plastis dikatakan patah secara brittle, sedang apabila kepatahan didahului dengan suatu deformasi plastis dikatakan mengalami ductile fracture. Material yang mengalami brittle facture hanya mampu menahan energi yang kecil saja sebelum mengalami kepatahan.

Ketahanan suatu material menahan energi impak sangat dipengaruhi juga oleh temperatur. Efek dari temperatur terhadap kekuatan impak berbeda jenis material. FCC material dapat menahan energi impak yang relative tinggi, walaupun pada temperatur rendah. Sedang high strength material menunjukkan ketahanan. Impak yang rendah pada range temperatur yang luas. Material-material seperti polymer, ceramic dan logam BCC mempunyai suatu range temperatur tertentu yang menunjukkan perubahan kekuatan impak yang menyolok dengan berubahnya temperatur.



Gambar 2.16 Hubungan antara temperatur dengan energi impak

Kekuatan Impak suatu bahan didefinisikan sebagai energi yang digunakan untuk mematahkan batang uji dibagi dengan luas penampang pada daerah takikan. energi untuk mematahkan batang uji dihitung berdasarkan berat dan ketinggian ayunan pendulum sebelum dan setelah Impak. Tanpa memperhatikan kehilangan energi.



Gambar 2.17 Kebutuhan enerji untuk mematahkan

2.5.1 Macam Pengujian Impak

Ada dua macam metode uji impact, yakni metode charpy dan izod, perbedaan mendasar dari metode itu adalah pada peletakan spesimen, Pengujian dengan menggunkan charpy lebih akurat karena pada izod pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.

1. Pengujian Impact Metode Charpy :

Batang uji Charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, Benda uji Charpy memiliki luas penampang lintang bujur sangkar (10 x 10 mm) dan memiliki takik (notch) berbentuk V dengan sudut 45o, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impak dari ayunan bandul, Serangkaian uji Charpy pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai temperature sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi prinsip dasar pengujian charpy ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul Charpy disetel dibagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah Jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukkan bawah (tinggi ayun). Segera setelah benda uji diletakkan, kemudian bandul dilepaskan sehingga batang uji akan melayang (jatuh akibat gaya gravitasi). Bandul ini akan memukul benda uji yang diletakkan semula dengan energi yang sama. Energi bandul akan diserap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah tanpa deformasi (getas) atau pun benda uji tidak sampai putus yang berarti benda uji mempunyai sifat keuletan yang tinggi.

Permukaan patah membantu untuk menentukan kekuatan impact dalam hubungannya dengan temperatur transisi bahan. Daerah transisi yaitu daerah dimana terjadi perubahan patahan ulet ke patahan getas. Bentuk perpatahan dapat dilihat langsung dengan mata telanjang atau dapat pula dengan bantuan mikroskop.

2. Pengujian Impact Metode Izod

Metode uji Izod lazim digunakan di Inggris dan Eropa, Benda uji Izod mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat ujung yang dijepit, kemudian uji impak dengan metode ini umumnya juga dilakukan hanya pada temperatur ruang dan ditujukan untuk material-material yang didisain untuk berfungsi sebagai cantilever,

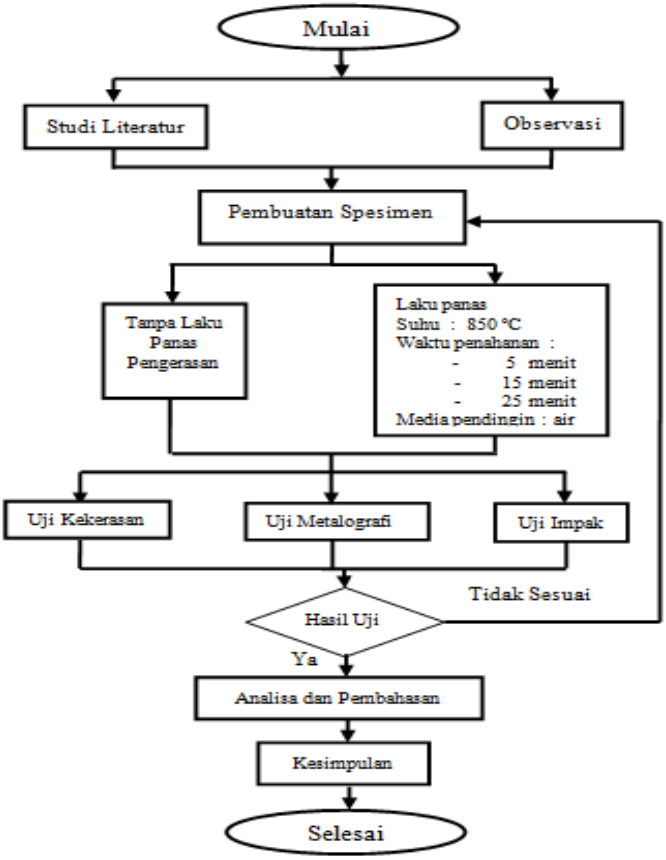
Perbedaan mendasar charpy dengan izod adalah peletakan spesimen. Pengujian dengan menggunkan izod tidak seakurat pada pengujian charpy, karena pada izod pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pengerjaan yang akan dilakukan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan diagram alir yang telah dibuat, dapat dilihat pada gambar 3.1 pada diagram di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Diagram

3.2 Bahan

Bahan material yang digunakan adalah baja karbon AISI 1050. jenis baja yang tergolong dalam baja karbon sedang, yang memiliki kadar karbon berkisar antara 0,48%-0.5% . Material ini masih banyak mengandung unsur lainnya. Seperti terlihat pada tabel 3.1 dan untuk mengetahui sifat mekanik dari baja karbon AISI 1050 seperti terlihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 1 Unsur Kimia baja karbon AISI 1050

Unsur	**C**	**Si**	**Mn**
%	0.50	0.30	0.60

Tabel 3. 2 Sifat Mekanik baja karbon AISI 1050

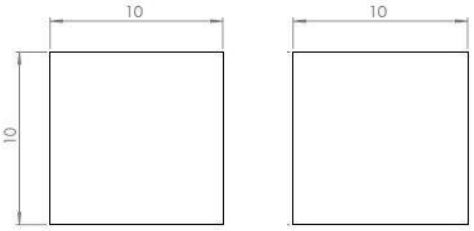
Impact Strength (IS)	0.342 j/mm²
Kekerasan	92,8 HRB
Komposisi struktur mikro	62 % perlite 38 % ferrite

3.3 Benda Uji

Benda uji berjumlah 34 buah. Benda uji : material awal (3 benda uji Impak dan 1 benda Uji Kekerasan dan Metallografi) dan material yang dilaku panas (27 benda uji Impak dan 3 benda uji Kekerasan dan Metallografi).

3.3.1 Benda Uji Kekerasan

Benda uji dipotong dengan dimensi yang sudah ditentukan, yaitu 10 mm x 10 mm serta tebal 10 mm. seperti pada gambar 3.2. Dilakukan uji kekerasan sesuai standard uji Kekerasan ASTM E – 18 :

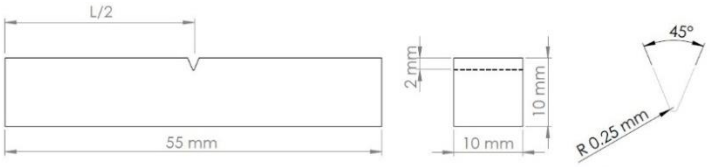


Gambar 3.2 Dimensi Benda Uji Kekerasan

3.3.2 Benda Uji Impact

Benda uji berbentuk sesuai standart dimensi uji Impak ASTM A370 – 07a yang merujuk pada ASTM E23, dapat dilihat pada gambar 3.4. Dengan dimensi benda uji 55 mm x 10 mm x10 mm

- Dalam takikan = 2 mm
- Jari – jari Takikan = 0.25 mm
- Sudut Takikan 45^{o}



Gambar 3.3 Dimensi Benda Uji Impak

3.3.3 Benda Uji Metallografi

Benda uji yang digunakan adalah benda uji bekas uji kekerasan. Pengujian ini didasarkan pada ASTM E3 – 95. Langkah – langkah pengujian ini adalah :

1. Spesimen di grinding menggunakan kertas gosok dengan grid 120, 180, 240, 320, 360, 400, 600, 800,1000,1200,1500 dan 2000 pada mesin *grinding* yang dialiri air pada mesin *grinding – polishing.*
2. Spesimen dipoles menggunakan kain bludru dan serbuk alumina 0,05 mikron hingga diperoleh spesimen yang bebas dari goresan.
3. Spesimen di *etsa* menggunakan campusan *2 %* HNO3 *dan 98% alkohol* selama beberapa detik lalu spesimen segera dicuci dengan menggunakan *alkohol* untuk diamati fasa yang terjadi.
4. Spesimen diamati struktur mikro dan fase yang terjadi menggunakan mikroskop optis.

3.4 Perlakuan Panas

Pada perlakuan panas ini dilakukan dengan proses *austenitizing temperature*. Dengan menggunakan temperatur 850˚C serta dilakukan pendinginan menggunakan air dengan waktu penahanan yang bervariasi yaitu 5 menit, 15 menit, dan 25 menit

Gambar 3.4 Oven

3.4.1 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas

T= 850˚C, media pendingin : air

Tabel 3.3 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas

Impak	**5 menit**			**15 menit**			**25 menit**		
A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9

3.4.2 Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas

T= 850˚C , Media pendingin = air

Tabel 3.4 Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas

Metallografi	**5 menit**	**15 menit**	**25 menit**
B	B_1	B_2	B_3

3.4.3 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas

T= 850˚C , Media Pendingin = air

Tabel 3.5 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas

Kekerasan	5 menit	15 menit	25 menit
C	C_1	C_2	C_3

3.5 Peralatan Dan Pengujian

3.5.1 Peralatan Dan Uji Kekerasan

Hardenability Test yang digunakan adalah kekerasan *Rockwell* skala C dengan acuan standart uji kekerasan ASTM E – 18, yang dinyatakan dalam HRC. Indentor yang digunakan intan dengan sudut 120^o dan beban 150 Kg. Dilakukan identasi sebanyak 3 kali di tempat yang berbeda pada setiap benda uji.

Gambar 3.5 Alat Uji Kekerasan Rockwell (HRC) Frank

3.5.2 Peralatan Dan Uji Metallografi

Peralatan *Metallography*

Pengamatan metalografi menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Mesin grinding dan polishing
2. Kertas gosok grid 100 - 2000
3. Kain bludru dan serbuk alumina 0,05 mikron
4. Digunakan etsa *nital* dan *alkhohol 95%*
5. Mikroskop optik

Gambar 3.6 Mikroskop optic

- **Menghitung Presentase Tiap Microstructur**
  Berdasarkan pada ASTM E562 tentang standar pengujian untuk menentukan fraksi dengan system perhitungan manual (point counting) yaitu menghitung kandungan ferrite dan austenite pada benda uji. Sebelumnya harus dilakukan foto mikro pada daerah *base metal* dan *weld*

- **Menghitung Rata-rata Besar Butir**
  Berdasarkan pada ASTM E112 tentang standar pengujian untuk menentukan ukuran butir rata – rata dalam suatu bahan

3.5.3 Peralatan Dan Uji Impak

Metode yang digunakan adalah Uji Impak *Charpy* sesuai standard ASTM A370-07a yang merujuk pada ASTM E23. Benda uji yang digunakan di setiap pengujian berjumlah sebanyak 3

Gambar 3.7 Mesin Uji Impak Charpy

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

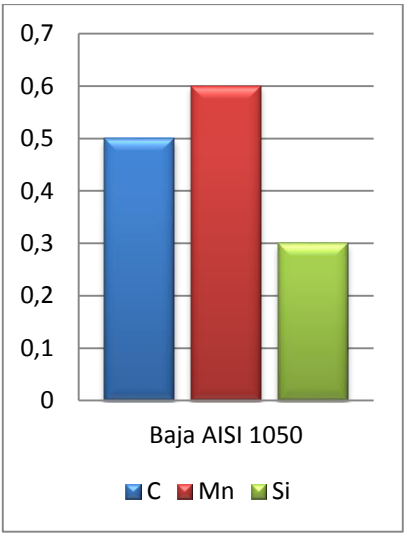
Pengujian yang dilakukan di Lab. Metalurgi D3 Teknik Mesin FTI – ITS dengan material baja AISI 1050 didapatkan hasil pengujian antara lain stuktur mikro, nilai kekerasan, dan nilai *impact strength.* Didapat nilai pada kondisi awal dan nilai pada material yang telah di laku panas dengan waktu penahanan *(holding time)* selama 5 menit, 15 menit, dan 25 menit. Dengan suhu sebesar 850˚C dan laju pendinginan cepat menggunakan media pendingin air

4.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050

Komposisi kimia pada baja akan mempengaruhi sifat mekanik material. Pada penelitian ini mengunakan logam baja AISI 1050. Berdasarkan sertifikat dari PT. ASSAB (terlampir). Dengan nomor sertifikat : 760 / 618 T / 17 .

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050

Benda Uji	**Komposisi (%)**		
	C	**Mn**	**Si**
Baja AISI 1050	0,5	0,6	0,3



Gambar 4.1 Grafik komposisi kimia Baja AISI 1050

Komposisi kimia pada baja AISI 1050 termasuk dalam katagori baja karbon sedang karena memiliki kadar karbon (C) sebesar 0.5% C. Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon sebesar 0.3% - 0.6% C *(ASM Handbook. 1993).* Karbon memiliki sifat keras dan getas. Komposisi penyusun lainnya adalah Mangan (Mn) sebesar 0.6% . Mangan memiliki sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan terhadap tekanan. Komposisi lainnya adalah Silicon (Si) sebesar 0.3%. yang akan menambah kekerasan dan ketajaman pada baja.

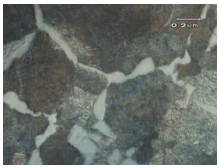
4.2 Hasil Uji Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dari material uji yang dapat mempengaruhi sifat mekanik material. Pengambilan gambar menggunakan microskop dengan perbesaran 100x

4.2.1 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal

Pada pengujian metalografi baja AISI 1050 kondisi awal ini diambil gambar dengan perbesaran 100x. Hasil pengujian seperti pada tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Metalografi Kondisi Awal

Benda Uji	**Hasil Metalografi**	**Keterangan (%)**
Baja AISI 1050		Perlit = 62 % Ferrit = 38 %

Baja AISI 1050 kondisi normal memiliki struktur mikro berupa perlit dan ferrit. Dengan prosentase 62% perlit dan 38% ferrit.

Hasil pengujian metalografi di atas, berdasarkan ASTM E112 maka didapat besar butir *(Grain Size)* yang terbentuk sebagai berikut :

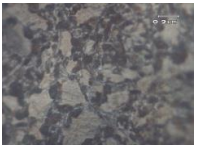
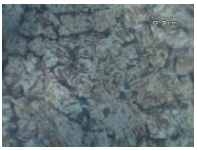
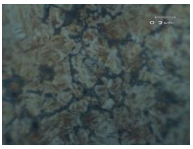
Tabel 4.3 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal

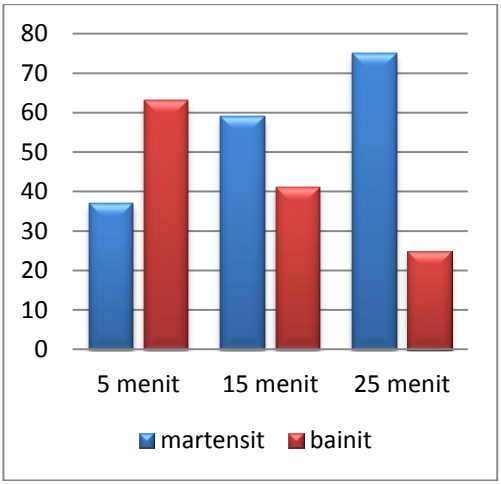
Benda Uji	**Grain Size Number (G) (ASTM E112)**	**Average Diameter (mm) (ASTM E112)**
Kondisi Awal	8	0.0225

4.2.2 Hasil Uji Metalografi Hardening

Pada pengujian metalografi baja AISI 1050 yang telah di laku panas dengan variasi waktu penahan *(holding time)* selama 5 menit, 15 menit, dan 25 menit. Dengan suhu 850˚C dan media pendingin air seperti pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil Uji Metalografi Hardening

Benda Uji	Waktu	Hasil Uji Metalografi	Keterangan (%)
Baja AISI 1050	5 menit		Martensit = 37% Bainit = 63%
	15 menit		Martensit = 59% Bainit = 41%
	25 menit		Martensit = 75% Bainit = 25%

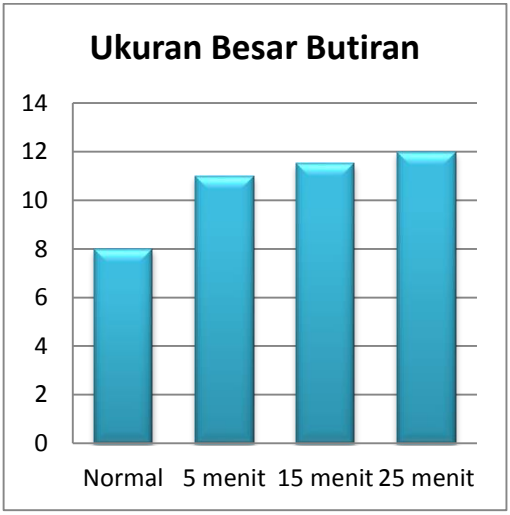


Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Metalografi

Pada tabel dapat dilihat bahwa baja AISI 1050 yang dipanaskan selama 5 menit tersusun atas struktur mikro martensit sebanyak 37% dan bainit sebanyak 63%. Untuk waktu penahanan selama 15 menit tersusun atas 59% martensit dan 41% bainit. Dan untuk waktu penahanan selama 25 menit tersusun atas 75% martensit dan 25% bainit.

Tabel 4.5 Nilai Besar Butir Struktur Mikro *Hardening*

Waktu Penahanan	**Ukuran Besar Butiran (G) (ASTM E112)**	**Diameter Rata-rata (mm) (ASTM E112)**
5 menit	11	0.0079
15 menit	11.5	0.0067
25 menit	12	0.0056



Gambar 4.3 Grafik Nilai Besar Butir Struktur Mikro

Dari hasil yang diperoleh didapat data Grain Size Number untuk benda uji normal sebesar 8 lalu di ikuti dengan benda uji yang telah di laku panas dengan waktu penahanan 5 menit yaitu sebesar 11 kemudian waktu penahanan 15 menit yaitu 11.5 dan grain size number terbesar di miliki oleh waktu penahanan terlama selama 25 menit yaitu 12

4.2.3 Pembahasan Hasil Uji Metalografi

Fasa yang terbentuk pada spesimen hasil pengerasan yang mempunyai parameter temperatur dan media pendingin yang sama dengan *holding time* berbeda mempunyai perbedaan, dengan presentasi terbentuknya matensit terendah terdapat pada *holding time* 5 menit kemudian diikuti dengan *holding time* 15 menit dan yang terakhir adalah pada *holding time* 25 menit hal ini

dikarenakan semakin lama *holding time* yang diberikan pada suatu spesimen diagram CCT akan bergeser ke kiri dan kebawah hal ini mengakibatkan pergeseran garis Ms dan Mf yang kemudian akan bertambahnya martensit dan berkurangnya austenite sisa, itulah mengapa semakin lama *holding time* yang diberikan maka semakin meningkat nilai kekerasan suatu spesimen tersebut. Dan juga semakin tinggi kadar karbon dalam suatu baja maka semakin keras baja tersebut dan ini sesuai dengan diagram *hardenability*. Fasa yang terbentuk pada spesimen yang diuji tersebut sudah sesuai dengan teori dan sudah sesuai dengan data komposisi kimia yang ada.

Dari hasil pengujian di dapat data untuk benda uji yang mengalami waktu penahanan selama 5 menit memiliki kadar martensi sebanyak 37% dan bainit sebanyak 63%. Sedangkan pada waktu penahan selama 15 menit memiliki kadar martensit lebih banyak yaitu sebanyak 59% dan bainit sebesar 41%. Untuk waktu penahan paling lama yaitu selama 25 menit didapat martensit paling banyak yaitu sebanyak 75% dan bainit sebanyak 25%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan semakin lama waktu penahanan dilakukan maka semakin banyak austenite yang akan terbentuk. Dan ketika di lakukan pendingan cepat menggunakan air maka akan banyak pula martensit yang akan terbentuk. Semakin banyak martensit yang terbentuk maka benda tersebut akan memiliki sifat keras dan getas.

Dari perhitungan nilai besar butir stuktur mikro didapat g*rain size number* terbesar dimiliki oleh benda kerja yang telah dilaku panas dengan waktu penahanan selama 25 menit yaitu 12 dan selanjutnya di ikuti dengan waktu penahanan 15 menit yaitu 11.5 dan untuk waktu penahanan selama 5 menit nilai grain size number sebesar 11 dan nilai grain size number terkecil dimiliki oleh benda uji kondisi normal. Semakin besar nilai grain size

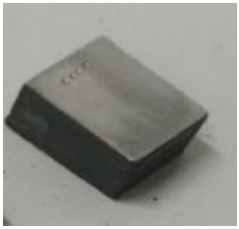
suatu benda maka semakin kecil ukuran besar butir struktur mikro. Apabila ukuran butiran semakin kecil maka benda memiliki sifat yang lebih keras di banding dengan yang memiliki ukuran besar butir yang lebih besar.

4.3 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe HRC, 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 kekkerasan konvensional tipe HRC. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga titik. Data yang di dapat dapat dilihat pada tabel 4.4



Gambar 4.4 material uji kekerasan kondisi normal

Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal

Material	Titik	Nilai (HRC)	Rata-rata Nilai (HRC)
Baja AISI 1050	1	7	7.67
	2	8	
	3	8	

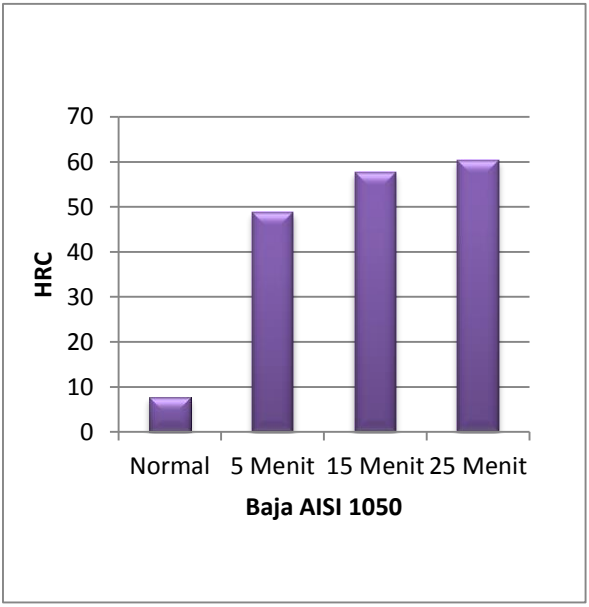
4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Hardening

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

Gambar 4.5 Material Uji Kekerasan Hardening

Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Hardening

Material	Waktu Penahanan	Titik	Nilai (HRC)	Rata-Rata Nilai (HRC)
Baja AISI 1050	5 menit	1	48	48.73
		2	50	
		3	48.2	
	15 menit	1	57.8	57.67
		2	57.8	
		3	57.4	
	25 menit	1	60	60.33
		2	60	
		3	61	



Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Kekerasan

Dari data yang didapat setelah dilakukan pengujian kekerasan dapat di lihat pada tabel 4.6 dan 4.7 dan pada gambar 4.6. Dengan melakukan perlakuan panas menggunakan temperatur 850˚C, media pendingin air dan waktu penahan *(holding time)* yang bervariasi yaitu 5 menit, 15 menit dan 25 menit. Untuk material dalam kondisi normal didapat nilai kekerasan sebesar 7.67 HRC. Untuk waktu penahanan selama 5 menit didapat nilai sebesar 48.73 HRC , untuk waktu penahanan 15 menit nilai kekerasan sebesar 57.67 HRC dan untuk waktu penahanan 25 menit didapat nilai sebesar 60.33 HRC.

4.3.3 Pembahasan Hasil Uji Kekerasan

Dalam uji kekerasan yang dilakukan pada baja AISI 1050 dengan variasi waktu penahanan selama 5 menit, 15 menit, dan 25 menit dapat dilihat bahwa nilai kekerasan yang paling tinggi jatuh pada waktu penahanan selama 25 menit sebesar 60.33 HRC. Selanjutnya di ikuti waktu penahanan sebesar 15 menit sebesar 57.67 HRC lalu yang ketiga waktu penahanan selama 5 menit sebesar 48.73 HRC dan yang terendah adalah kondisi normal sebesar 7.67 HRC. Apabila nilai kekerasan suatu benda semakin besar maka sifat yang di miliki benda semakin keras dan getas. Sifat tersebut yang diinginkan dalam pengujian kali ini.

Hal ini dapat di kaitkan dengan hasil metalografi yang menunjukkan jumlah martensit terbanyak dimiliki oleh baja AISI 1050 yang dilaku panas dengan suhu 850˚C , media pendingin air dan waktu penahanan selama 25 menit. Dari hasil uji metalografi dan uji kekerasan di dapatkan data yang sesuai dengan teori yang ada. Dan juga semakin memperkuat bahwa waktu penahanan *(holding time)* menjadi salah satu faktor kekerasan suatu benda uji yang dilaku panas

4.4 Hasil Uji Impak

Pengujian mengunakan mesin impak Charpy tipe HT-8041A. Dengan sudut $\alpha = 140^{\circ}$ dan panjang lengan 0.45 m.

4.4.1 Hasil Uji Impak Kondisi Awal

Material di uji mengunakan mesin impak charpy. Dan benda tidak di laku panas.

Gambar 4.7 Material kondisi normal

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kondisi Normal

Material	**Pengujian ke -**	**Sudut (β)**	**IS (J/mm²)**	**Rata – Rata (J/mm²)**
Baja AISI 1050	1	107˚	0.344	0.340
	2	108˚	0.332	
	3	107˚	0.344	

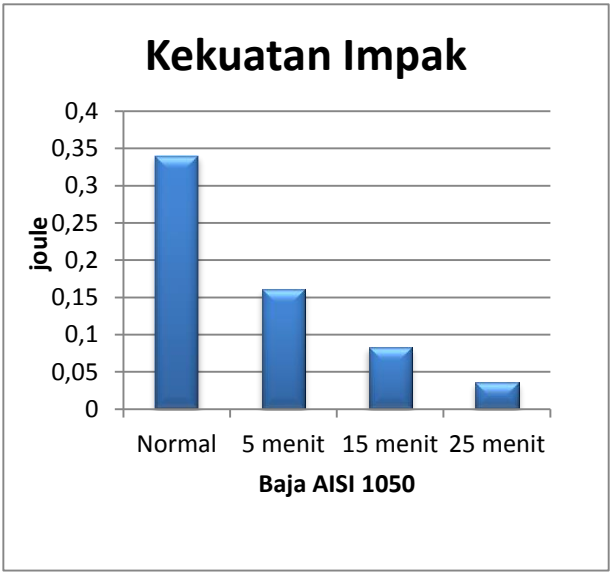
4.4.2 Hasil Uji Impak Hardening

Pengujian menggunakan mesin impak charpy dengan sudut α = 140˚. Material telah di laku panas.

Gambar 4.8 Material setelah dilaku panas

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Hardening

Material	waktu	Pengujian ke -	Sudut (β)	IS (J/mm²)	Rata-rata (J/mm²)
Baja AISI 1050	5 menit	1	122	0.171	0.161
		2	122	0.171	
		3	125	0.140	
	15 menit	1	130	0.089	0.083
		2	131	0.080	
		3	131	0.080	
	25 menit	1	136.5	0.030	0.0356
		2	136	0.034	
		3	135	0.043	



Gambar 4.9 Diagram Hasil Uji Impak

Setelah dilakukan uji impak menggunakan mesin impak charpy didapatkan hasil untuk waktu penahanan selama 5 menit didapat *impact strength* rata-rata sebesar 0.161 joule/mm² sedangkan untuk waktu penahanan selama 15 menit didapat *impact strength* sebesar 0.083 joule/mm². Dan selama 25 menit *impact strength* diperoleh rata – rata sebesar 0.0356 joule/mm²

4.4.3 Pembahasan Hasil Uji Impak

Baja AISI 1050 yang telah di laku panas dengan suhu sebesar 850˚C , media pendingin air dan variasi waktu penahanan *(holding time)* selama 5 menit, 15 menit, dan 25 menit dan telah dilakukan uji Impak menggunakan mesin impak charpy memiliki nilai *impact strength* yang berbeda- beda. Semakin lama waktu penahan yang dilkaukan saat laku panas maka kekuatan *impact strength* yang di miliki semakin kecil. Seperti data yang di peroleh, pada waktu penahanan selama 25 menit di dapat nilai *impact strength* sebesar 0.0356 joule/mm² sedangkan waktu penahanan selama 15 menit menghasilkan *impact strength* sebesar 0.083 joule/mm² dan *impact strength* terbesar di miliki oleh benda dengan waktu penahanan sebesar 5 menit yaitu 0.161 joule/mm². Berbeda jauh dengan saat benda uji masih dalam kondisi normal yang memiliki *impact strength* sebesar 0.340 joule. Semakin kecil *impact strength* menunjukkan bahwa benda uji semakin getas dan keras. Dan semakin besar *impact strength* maka menunjukkan bahwa benda uji semakin ulet. Dapat dilihat juga dari hasil uji kekekrasan dan uji metalografi benda uji dengan waktu penahanan yang lebih lama menghasilkan benda uji yang lebih keras dan getas di banding benda uji yang mengalami waktu penahanan lebih sebentar.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pengaruh variasi waktu penahanan austenisasi pada perlakuan panas pengerasan terhadap struktur mikro, nilai kekerasan dan kekuatan impak pada baja karbon AISI 1050 dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil uji metalografi dengan variasi waktu penahanan 25 menit memiliki martensit paling banyak yaitu sebesar 75% dan 25% bainit dan nilai yang paling besar yaitu 12.
2. Nilai kekerasan paling tinggi dengan variasi waktu 25 menit adalah 60,33 HRC. Hasil yang didapat adalah semakin lama *holding time* yang diberikan maka semakin tinggi nilai kekerasan dan semakin bertambah nilai kegetasan suatu baja tersebut.
3. Hasil *impact strength* terkecil dimiliki oleh variasi 25 menit yaitu 0.0356 joule/mm². Semakin kecil *impact strength* yang dihasilkan maka semakin getas dan keras begitu pula sebaliknya apabila *impact strength* semakin tinggi maka semakin ulet.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian kali ini menggunakan metode impak charpy. Selanjutnya dapat menggunakan metode izod agar dapat dibandingkan dengan hasil dari metode charpy.
2. Baja AISI 1050 dengan waktu penahanan austenisasi selama 15 menit yang lebih baik digunakan sebagai bahan sisi potong pisau igrek karena telah melampaui batas minimum nilai kekerasan sesuai standart SNI yaitu 45.3 HRC

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Amanto, Hari. 1999. *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara, Jakarta

ASTM E18. 2004. *Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*. USA: ASTM International.

ASTM E23. 2007. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. USA: ASTM International.

ASTM E562. 2000. *Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count.* USA: ASTM International.

ASTM A681. 2008. *Standard Specification for Tool Steels Alloy*. USA: ASTM International.

ASTM E3-95. 2008. *Standard Practice for Preparation of Metallographic Spcimens.* USA: ASTM International.

ASTM E112. 2000. *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size.* USA: ASTM International.

ASM Handbook Vol 9. 2004. Metallography and Microstructures. USA: ASM International.

Avner, 1974, Sidney H., *Introduction to Physical Metallurgy second edition,* New York

Handoyo, Yopi. 2013. *Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule*. Bekasi: Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi.

Hoganas Handbook. 2015. Metallography. Sweden

Rina Dwi Yani, Tri Pratomo, Hendro Cahyono. 2008. *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Logam ST 60.* Pontianak: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak.

Rusmardi, Feidihal. 2006. *Analisa Presentase Kandungan Karbon pada Logam Baja.* Padang : Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.

Streeter. 1992. *Fluid Mechanics*, McGraw Hill, New York

Thelning, Karl-Erik.1975. *Steel and Its Heat Treatment*. London: Butterworths.

Wahid Suherman. 2001. *Perlakuan Panas*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Lampiran 1
Sertifikat Baja AISI 1050

ASSAB

PT. ASSAB STEELS INDONESIA

CERTIFICATE

No: 585 / 760 / 17

Issuing date : 25 – 04 – 2017
Validity : One year upon date of issue
If attached with " Surat Keterangan Material "

This is to certify that **ASSAB 760** we supply to **Ismah Fawaiz, Septa Ria Nurmalisari, & Adelina Irawati** is guaranteed to meet the specifications as mentioned below :

Typical Chemical Analysis :
C 0.50 – Si 0.30 – Mn 0.60

Delivery condition :
Unannealed to approx. 200 HB

Typical Microstructure :

Issued by,

PT. ASSAB STEELS INDONESIA
TS/QA

Susanti Dian Pertiwi
Technical Manager

Jl. Rawagelam III No. 5 | Jakarta Industrial Estate Pulogadung | Jakarta Timur | 13930 Indonesia
Ph: +62-21-461 1314 | Fax: +62-21-461 1306 | Email: assab@assabindonesia.co.id

Lampiran 2
Tanda Bukti Pembelian Material Baja AISI 1050

ASSAB

PT. ASSAB STEELS INDONESIA

SURAT KETERANGAN MATERIAL

No DO : S 004623

Tanggal kirim : 25 – 04 – 2017

Dengan ini menerangkan bahwa material yang dikirim ke **Ismah Fawaiz, Septa Ria Nurmalisari, & Adelina Irawati** telah **memenuhi spesifikasi** sesuai dengan sertifikat material masing-masing yang berlaku yaitu :

MATERIAL	NOMOR SERTIFIKAT	TANGGAL SERTIFIKAT	NOMOR PO
ASSAB 760	760 / 618 T / 17	25 APRIL 2017	P-01

Issued by,

PT. ASSAB STEELS INDONESIA
TS/QA

Susanti Dian Pertiwi
Technical Manager

Jl. Rawagelam III No. 5 | Jakarta Industrial Estate Pulogadung | Jakarta Timur | 13930 Indonesia
Ph: +62-21-461 1314 | Fax: +62-21-461 1306 | Email: assab@assabindonesia.co.id

Lampiran 3
Chemical Requirements

TABLE 1 Chemical Requirements, %[A]

UNS Designation[B]	Type	Carbon		Manganese[C]		Phosphorus, max	Sulfur,[D] max	Silicon		Chromium		Vanadium		Tungsten		Molybdenum		
		min	max	min	max			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
T20810	H10	0.35	0.45	0.20	0.70	0.030	0.030	0.80	1.25	3.00	3.75	0.25	0.75	...	...	2.00	3.00	
T20811	H11	0.33	0.43	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	0.30	0.60	...	...	1.10	1.60	
T20812	H12	0.30	0.40	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	0.20	0.50	1.00	1.70	1.25	1.75	
T20813	H13	0.32	0.45	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	0.80	1.20	...	...	1.10	1.75	
T20814	H14	0.35	0.45	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	...	...	4.00	5.25	...	...	
T20819	H19	0.32	0.45	0.20	0.50	0.030	0.030	0.15	0.50	4.00	4.75	1.75	2.20	3.75	4.50	0.30	0.55	Co 4.00–4.50
T20821	H21	0.26	0.36	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.50	3.00	3.75	0.30	0.60	8.50	10.00	...	...	
T20822	H22	0.30	0.40	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	1.75	3.75	0.25	0.50	10.00	11.75	...	...	
T20823	H23	0.25	0.35	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.60	11.00	12.75	0.75	1.25	11.00	12.75	...	...	
T20824	H24	0.42	0.53	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	2.50	3.50	0.40	0.60	14.00	16.00	...	...	
T20825	H25	0.22	0.32	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	3.75	4.50	0.40	0.60	14.00	16.00	...	...	
T20826	H26	0.45	0.55[E]	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	3.75	4.50	0.75	1.25	17.25	19.00	...	...	
T20841	H41	0.60	0.75[E]	0.15	0.40	0.030	0.030	0.20	0.45	3.50	4.00	1.00	1.30	1.40	2.10	8.20	9.20	
T20842	H42	0.55	0.70[E]	0.15	0.40	0.030	0.030	0.20	0.45	3.75	4.50	1.75	2.20	5.50	6.75	4.50	5.50	
T20843	H43	0.50	0.65[E]	0.15	0.40	0.030	0.030	0.20	0.45	3.75	4.50	1.80	2.20	...	...	7.75	8.50	
T30102	A2	0.95	1.05	0.40	1.00	0.030	0.030	0.10	0.50	4.75	5.50	0.15	0.50	...	...	0.90	1.40	
T30103	A3	1.20	1.30	0.40	0.60	0.030	0.030	0.10	0.70	4.75	5.50	0.80	1.40	...	...	0.90	1.40	
T30104	A4	0.95	1.05	1.80	2.20	0.030	0.030	0.10	0.70	0.90	2.20	...	...	...	...	0.90	1.40	
T30105	A5	0.95	1.05	2.80	3.20	0.030	0.030	0.10	0.70	0.90	1.40	...	...	...	...	0.90	1.40	
T30106	A6	0.65	0.75	1.80	2.50	0.030	0.030	0.10	0.70	0.90	1.40	...	...	...	...	0.90	1.40	
T30107	A7	2.00	2.85	0.20	0.80	0.030	0.030	0.10	0.70	5.00	5.75	3.90	5.15	0.50	1.50	0.90	1.40	
T30108	A8	0.50	0.60	0.20	0.50	0.030	0.030	0.75	1.10	4.75	5.50	...	...	1.00	1.50	1.15	1.65	
T30109	A9	0.45	0.55	0.20	0.50	0.030	0.030	0.95	1.15	4.75	5.50	0.80	1.40	...	...	1.30	1.80	Ni 1.25–1.75
T30110	A10	1.25	1.50	1.60	2.10	0.030	0.030	1.00	1.50	...	...	...	...	...	...	1.25	1.75	Ni 1.55–2.05
T30402	D2	1.40	1.60	0.10	0.60	0.030	0.030	0.10	0.60	11.00	13.00	0.50	1.10	...	...	0.70	1.20	...
T30403	D3	2.00	2.35	0.10	0.60	0.030	0.030	0.10	0.60	11.00	13.50	...	1.00	...	1.00	...	...	
T30404	D4	2.05	2.40	0.10	0.60	0.030	0.030	0.10	0.60	11.00	13.00	0.15	1.00	...	...	0.70	1.20	
T30405	D5	1.40	1.60	0.10	0.60	0.030	0.030	0.10	0.60	11.00	13.00	...	1.00	...	...	0.70	1.20	Co 2.50–3.50
T30407	D7	2.15	2.50	0.10	0.60	0.030	0.030	0.10	0.60	11.50	13.50	3.80	4.40	...	...	0.70	1.20	
T31501	O1	0.85	1.00	1.00	1.40	0.030	0.030	0.10	0.50	0.40	0.70	...	0.30	0.40	0.60	...	...	
T31502	O2	0.85	0.95	1.40	1.80	0.030	0.030	...	0.50	...	0.50	...	0.30	...	...	...	0.30	
T31506	O6	1.25	1.55	0.30	1.10	0.030	0.030	0.55	1.50	...	0.30	...	...	...	...	0.20	0.30	
T31507	O7	1.10	1.30	0.20	1.00	0.030	0.030	0.10	0.60	0.35	0.85	0.15	0.40	1.00	2.00	...	0.30	
T41901	S1	0.40	0.55	0.10	0.40	0.030	0.030	0.15	1.20	1.00	1.80	0.15	0.30	1.50	3.00	...	0.50	
T41902	S2	0.40	0.55	0.30	0.50	0.030	0.030	0.90	1.20	...	...	...	0.50	...	...	0.30	0.60	
T41904	S4	0.50	0.65	0.60	0.95	0.030	0.030	1.75	2.25	0.10	0.50	0.15	0.35	...	...	...	...	... ...
T41905	S5	0.50	0.65	0.60	1.00	0.030	0.030	1.75	2.25	0.10	0.50	0.15	0.35	...	...	0.20	1.35	... ...
T41906	S6	0.40	0.50	1.20	1.50	0.030	0.030	2.00	2.50	1.20	1.50	0.20	0.40	...	...	0.30	0.50	... ...
T41907	S7	0.45	0.55	0.20	0.90	0.030	0.030	0.20	1.00	3.00	3.50	...	0.35	...	...	1.30	1.80	... ...
T61202	L2	0.45	1.00	0.10	0.90	0.030	0.030	0.10	0.50	0.70	1.20	0.10	0.30	...	...	...	0.25	... ...
T61203	L3	0.95	1.10	0.25	0.80	0.030	0.030	0.10	0.50	1.30	1.70	0.10	0.30	...	...	...	...	... ...
																		Nickel
T61206	L6	0.65	0.75	0.25	0.80	0.030	0.030	0.10	0.50	0.60	1.20	...	...	...	...	...	0.50	1.25 2.00
T60601	F1	0.95	1.25	...	0.50	0.030	0.030	0.10	0.50	...	...	...	...	1.00	1.75	...	...	... ...
T60602	F2	1.20	1.40	0.10	0.50	0.030	0.030	0.10	0.50	0.20	0.40	...	...	3.00	4.50	...	...	... ...
T51602	P2	...	0.10	0.10	0.40	0.030	0.030	0.10	0.40	0.75	1.25	...	...	...	...	0.15	0.40	0.10 0.50
T51603	P3	...	0.10	0.20	0.60	0.030	0.030	...	0.40	0.40	0.75	...	...	...	...	...	...	1.00 1.50
T51604	P4	...	0.12	0.20	0.60	0.030	0.030	0.10	0.40	4.00	5.25	...	...	...	...	0.40	1.00	... ...
T51605	P5	0.06	0.10	0.20	0.60	0.030	0.030	0.10	0.40	2.00	2.50	...	...	...	...	...	...	... 0.35
T51606	P6	0.05	0.15	0.35	0.70	0.030	0.030	0.10	0.40	1.25	1.75	...	...	...	...	...	...	3.25 3.75
T51620	P20	0.28	0.40	0.60	1.00	0.030	0.030	0.20	0.80	1.40	2.00	...	...	...	...	0.30	0.55	... ...
T51621	P21[F]	0.18	0.22	0.20	0.40	0.030	0.030	0.20	0.40	0.20	0.30	0.15	0.25	...	...	...	...	3.90 4.25

[A] Chemistry limits include product analysis tolerances. Unless otherwise specified, nickel plus copper equal 0.75 % max for all types.
[B] New designation established in accordance with Practice E 527 and SAE/J1086.
[C] Manganese limit is 1.0 % max for H13 resulfurized.
[D] Where specified, sulfur may be 0.06 to 0.15 % to improve machinability.
[E] Available in several carbon ranges.
[F] Also contains 1.05–1.25 % aluminum.

Lampiran 4
Austenitizing Temperature

Type	Preheat Temperature, °F (°C)	Austenitizing Temperature, °F (°C)		Austenitiz-ing Time (minutes)	Quench Medium	Tempering Temperature, °F (°C)	Minimum Hardness, RC
		Salt Bath	Controlled Atmosphere Furnaces				
H10	1450 (788)	1850 (1010)	1875 (1024)	5–15	Air	1025 (552)	55
H11	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5–15	Air	1025 (552)	53
H12	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5–15	Air	1025 (552)	53
H13	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5–15	Air	1025 (552)	52
H14	1450 (788)	1900 (1038)	1925 (1052)	5–15	Air	1025 (552)	55
H19	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5–15	Air	1025 (552)	55
H21	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5–15	Air	1025 (552)	52
H22	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5–15	Air	1025 (552)	53
H23	1500 (816)	2275 (1246)	2300 (1260)	5–15	Oil	1200 (649)	42
H24	1450 (788)	2200 (1204)	2225 (1218)	5–15	Air	1025 (552)	55
H25	1450 (788)	2250 (1232)	2275 (1246)	5–15	Air	1025 (552)	44
H26	1550 (843)	2275 (1246)	2300 (1260)	5–15	Air	1025 (552)	58
H41	1450 (788)	2125 (1163)	2150 (1177)	5–15	Air	1025 (552)	60
H42	1450 (788)	2175 (1191)	2200 (1204)	5–15	Air	1025 (552)	60
H43	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5–15	Air	1025 (552)	58
A2	1450 (788)	1725 (941)	1750 (954)	5–15	Air	400 (204)	60
A3	1450 (788)	1775 (968)	1800 (982)	5–15	Air	400 (204)	63
A4	1250 (677)	1550 (843)	1575 (857)	5–15	Air	400 (204)	61
A6	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5–15	Air	400 (204)	58
A7	1500 (816)	1750 (954)	1775 (968)	5–15	Air	400 (204)	63
A8	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5–15	Air	950 (510)	56
A9	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5–15	Air	950 (510)	56
A10	1200 (649)	1475 (802)	1500 (816)	5–15	Air	400 (204)	59
D2	1500 (816)	1825 (996)	1850 (1010)	10–20	Air	400 (204)	59
D3	1500 (816)	1750 (954)	1775 (968)	10–20	Oil	400 (204)	61
D4	1500 (816)	1800 (982)	1825 (996)	10–20	Air	400 (204)	62
D5	1500 (816)	1825 (996)	1850 (1010)	10–20	Air	400 (204)	61
D7	1500 (816)	1925 (1052)	1950 (1066)	10–20	Air	400 (204)	63
O1	1200 (649)	1450 (788)	1475 (802)	5–15	Oil	400 (204)	59
O2	1200 (649)	1450 (788)	1475 (802)	5–15	Oil	400 (204)	59
O6	...	1450 (788)	1475 (802)	5–15	Oil	400 (204)	59
O7	1200 (649)	1575 (857)	1600 (871)	5–15	Oil	400 (204)	62
S1	1250 (677)	1725 (941)	1750 (954)	5–15	Oil	400 (204)	56
S2	1250 (677)	1625 (885)	1650 (899)	5–15	Brine	400 (204)	58
S4	1250 (677)	1625 (885)	1650 (899)	5–15	Oil	400 (204)	58
S5	1250 (677)	1625 (885)	1650 (899)	5–15	Oil	400 (204)	58
S6	1450 (788)	1700 (927)	1725 (941)	5–15	Oil	400 (204)	56
S7	1250 (677)	1725 (941)	1750 (954)	5–15	Air	400 (204)	56
L2	1200 (649)	1575 (857)	1600 (871)	5–15	Oil	400 (204)	53[A]
L3	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5–15	Oil	400 (204)	62
L6	1200 (649)	1500 (816)	1525 (829)	5–15	Oil	400 (204)	58
F1	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5–15	Brine	400 (204)	64
F2	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5–15	Brine	400 (204)	64

Lampiran 5
Tabel Konversi Kekerasan

Hardness Conversion Table				
Tensile Strength ($N/mm^{2)}$	**Brinell Hardness (BHN)**	**Vickers Hardness (HV)**	**Rockwell Hardness (HRB)**	**Rockwell Hardness (HRC)**
285	86	90		
320	95	100	56.2	
350	105	110	62.3	
385	114	120	66.7	
415	124	130	71.2	
450	133	140	75.0	
480	143	150	78.7	
510	152	160	81.7	
545	162	170	85.0	
575	171	180	87.1	
610	181	190	89.5	
640	190	200	91.5	
675	199	210	93.5	
705	209	220	95.0	
740	219	230	96.7	
770	228	240	98.1	
800	238	250	99.5	
820	242	255		23.1

850	252	265		24.8
880	261	275		26.4
900	266	280		27.1
930	276	290		28.5
950	280	295		29.2
995	295	310		31.0
1030	304	320		32.2
1060	314	330		33.3
1095	323	340		34.4
1125	333	350		35.5
1155	342	360		36.6
1190	352	370		37.7
1220	361	380		38.8
1255	371	390		39.8
1290	380	400		40.8
1320	390	410		41.8
1350	399	420		42.7
1385	409	430		43.6
1420	418	440		44.5
1455	428	450		45.3
1485	437	460		46.1
1520	447	470		46.9
1555	456	480		47.7

1595	466	490		48.4
1630	475	500		49.1
1665	485	510		49.8
1700	494	520		50.5
1740	504	530		51.1
1775	513	540		51.7
1810	523	550		52.3
1845	532	560		53.0
1880	542	570		53.6
1920	551	580		54.1
1955	561	590		54.7
1995	570	600		55.2
2030	580	610		55.7
2070	589	620		56.3
2105	599	630		56.8
2145	608	640		57.3
2180	618	650		57.8

Lampiran 6

PERHITUNGAN

PERHITUNGAN BESAR BUTIR

Rumus :

$$G = \left(-6{,}645 \log \frac{L_t}{\text{N x M}} \right) - \ 3{,}298$$

Waktu Penahanan 5 menit

$$G = \left(-6{,}645 \log \frac{500}{73 \text{ x } 1000} \right) - \ 3{,}298$$

$$G = \ 11$$

Waktu Penahanan 15 menit

$$G = \left(-6{,}645 \log \frac{500}{84 \text{ x } 1000} \right) - \ 3{,}298$$

$$G = 11.5$$

Waktu Penahanan 25 menit

$$G = \left(-6{,}645 \log \frac{500}{102 \text{ x } 1000}\right) - \ 3{,}298$$

$$G = 12$$

PERHITUNGAN KEKUATAN IMPAK

Rumus :

$$\Delta Ep = W\ L\ (\cos\beta - \ \cos\alpha\ )$$

$$I_s = \frac{\Delta Ep}{A}$$

Waktu Penahanan 5 menit

Benda Uji 1

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 122 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 13.714\ joule$$

$$I_s = \frac{13.714\ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.171\ \mathrm{J/mm^2}$$

Benda Uji 2

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 122 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 13.714\ joule$$

$$I_s = \frac{13.714\ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.171\ \mathrm{J/mm^2}$$

Benda Uji 3

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 125 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 11.178\ joule$$

$$I_s = \frac{11.178\ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.140\ \mathrm{J/mm^2}$$

Rata – Rata

$$I_s = \frac{0.171 + 0.171 + 0.140}{3}$$

$$I_s = 0.161\ \mathrm{J/mm^2}$$

Waktu Penahanan 15 menit

Benda Uji 1

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 130 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 7.159\ joule$$

$$I_s = \frac{7.159\ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.089\ \mathrm{J/mm^2}$$

Benda Uji 2

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 131 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 6.388\ joule$$

$$I_s = \frac{6.388\ \ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.080\ \mathrm{J/mm^2}$$

Benda Uji 3

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 131 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 6.388\ joule$$

$$I_s = \frac{6.388\ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.080\ \mathrm{J/mm^2}$$

Rata – Rata

$$I_s = \frac{0.089 + 0.080 + 0.080}{3}$$

$$I_s = 0.083\ \mathrm{J/mm^2}$$

Waktu Penahanan 25 menit

Benda Uji 1

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 136.5 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 2.362\ joule$$

$$I_s = \frac{2.362\ joule}{80\ mm^2}$$

$I_s = 0.030\ \mathrm{J/mm^2}$

Benda Uji 2

$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 136 - \cos 140\ )$

$\Delta Ep = 2.712\ joule$

$I_s = \dfrac{2.712\ \ joule}{80\ mm^2}$

$I_s = 0.034\ \mathrm{J/mm^2}$

Benda Uji 3

$$\Delta Ep = 129.066\ N\ x\ 0.45\ m\ (\cos 135 - \cos 140\ )$$

$$\Delta Ep = 3.423\ joule$$

$$I_s = \frac{3.423\ joule}{80\ mm^2}$$

$$I_s = 0.043\ \mathrm{J/mm^2}$$

Rata – Rata

$$I_s = \frac{0.030 + 0.034 + 0.043}{3}$$

$$I_s = 0.0356\ \mathrm{J/mm^2}$$

Lampiran 7

Standar Nasional Indonesia

Nomor SNI : SNI 02-4874-1998

Judul : Pisau igreg

Abstraksi : Syarat mutu pisau igrek sebagai alat pemotong tandan buah kelapa sawit meliputi; tampak luar tidak cacat; sisi potong tajam; bahan baku dari baja karbon menengah, dan; kekerasan sisi potong dilakukan perlakuan panas minimal 45,3 HRC.

Panitia Teknis :

SK Penetapan : 1219/BSN-I/HK.24/12/1998

ICS

No	Kode ICS	Judul
1	65.060.50	Peralatan panen

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Adelina Irawati adalah anak kedua dari dua bersaudara. Lahir di kota Bangkalan pada tanggal 24 Juni 1995. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu TK NU Siti Khotidjah, SDN Kemayoran 1 Bangkalan, SMPN 1 Bangkalan, SMAN 1 Bangkalan. Dan pada tahun 2014 menempuh pendidikan di D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS .

Selama menempuh kuliah di D3 Teknik Mesin Industri penulis mengikuti kegiatan dan organisasi. Kegiatan yang pernah di ikuti adalah menjadi staff Badan Semi Otonom Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS 2014-2015.

Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan yang di adakan baik di jurusan maupun di lingkup ITS yaitu Pelatihan LKMM Pra - TD FTI- ITS tahun 2014, Pelatihan LKMM TD VII HMDM tahun 2014, LKMW TD – BEM ITS tahun 2015

E-mail : *irawatiadelina@gmail.com*