# Analisa Hardenability Dan Perubahan Struktur Mikro Baja AISI 1040, 1060 Menggunakan Metode Uji Jominy

(Skripsi)

Oleh:

**FAISAL MUHAMAD** 



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2019

#### **ABSTRAK**

# ANALISA HARDENABILITY DAN PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1040, 1060 MENGGUNAKAN METODE UJI JOMINY

#### **OLEH:**

#### **FAISAL MUHAMAD**

Perlakuan panas adalah salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan suatu material dan setiap material mempunyai kemampuan kekerasan yang berbeda. Alat pengujian Jominy adalah alat pengujian yang berfungsi untuk mengetahui, menentukan, dan membandingkan kemampuan baja dapat dikeraskan. Pada pengujian ini material yang digunakan adalah baja AISI 1040, 1060 dengan temperatur pemanasan 850°C dengan waktu penahanan 30 menit dan dilakukan pendinginan secara perlahan pada salah satu ujung material. Setelah itu dilakukan pengukuran kekerasan menggunakan alat kekerasan rockwell dan didapatkan nilai (51 dan 52 HRC) pada baja AISI 1040 dan untuk baja AISI 1060 (61 dan 62 HRC) dan terus menurun hingga ke 15 titik pengujian HRC dan selanjutnya dilakukan pengujian OM dimana struktur mikro yang didapatkan berupa ferrit dan pearlite pada raw dan jarak 22mm dan dominan martensit pada jarak 4mm.

Kata kunci : Perlakuan panas, Alat uji jominy, AISI 1040, 1060, uji kekerasan, uji OM

#### **ABSTRACT**

# HARDENABILITY ANALYSIS AND CHANGES IN MICRO STRUCTURE OF AISI 1040, 1060 STEEL USING JOMINY TEST METHOD

BY:

#### **FAISAL MUHAMAD**

Heat treatment is one way to increase the hardness of a material and each material has different hardness capabilities. Jominy testing tool is a testing tool that works to determine, define, and comparing steel capability can be hardened. In this test the material used is steel AISI 1040, 1060 with a heating temperature of 850°C with a holding time of 30 minutes and slowly cooling at one end of the material. After that, a measurement of violence was carried out by using rockwell hardness tool and obtained values (51 and 52 HRC) in AISI 1040 steel and for AISI 1060 steel (61 and 62 HRC) and continued to decline to 15 HRC testing points and then OM testing where microstructure obtained in the form of ferrit and pearlite in raw and a distance of 22mm and martensitic dominant at a distance of 4mm.

Keywords: Heat treatment, jominy test equipment, AISI 1040, 1060, hardness test, OM test.

# Analisa Hardenability Dan Perubahan Struktur Mikro Baja AISI 1040, 1060 Menggunakan Metode Uji Jominy

Oleh:

### **FAISAL MUHAMAD**

# **Skripsi**

# Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA TEKNIK

**Pada** 

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2019 Judul Skripsi

PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO BAJA

AISI 1040, 1060 MENGGUNAKAN

METODE UJI JOMINY

: Faisal Muhamad

Nomor Pokok Mahasiswa: 1215021035

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

#### MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Zulhanif, S.T., M.T.

NIP 19730402 200003 1 002

Dr. Sugiyanto, M.T.

NIP 19570411 198610 1 001

Ahmad Su'udi, S.T., M.T. NIP 19740816 200012 1 001

#### MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua Penguji : Zulhanif, S.T., M.T.

Anggota Penguji : Dr. Sugiyanto, M.T.

Penguji Utama · : Nafrizal, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Sunarno, M.S., M.Sc., Ph.D. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 28 Juni 2019

# PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama

: Faisal Muhamad

NPM

: 1215012035

Jurusan

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

Universitas

: Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No: 06 Tahun 2016.

Juli 2019

Faisal Muhamad NPM. 1215021035

#### RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang, Kota Bandar Lampung pada tanggal 13 Desember 1993. Yang merupakan anak dari pasangan Bapak. Amalludin bin Ahmad bin Kadir dan Ibu Lisa Sri Salma bin Aliun, penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Bandar Lampung 2 pada tahun 2006. menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 03 Bekasi Jawa Barat pada tahun 2009, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan Atas di SMKN 02 Bandar Lampung pada tahun 2012,

kemudian melanjutkan pendidikan sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung (HIMATEM UNILA). Pada Bidang Universitas Penulis mengikutin Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung (BEM U) Pada bidang akademik, penulis melakuan Kerja Praktik (KP) di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung, salah satu lembaga tentang riset dan penilitian negara Indonesia. Penulis juga menjadi asisten di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Lampung. Selanjutnya pada tahun 2018 penulis menulis skripsi dengan judul "Analisa Hardenability Dan Perubahan Struktur Mikro Baja AISI 1040, 1060 Menggunakan Metode Uji Jominy," dengan bimbingan Bpk. Zulhanif, S.T.,M.T. dan Bpk. Dr. Sugiyanto, M.T.

Bandar Lampung, Juli 2019

Faisal Muhamad

# **MOTTO**

"Anda bergerak mati dan diampun mati. Bergeraklah sejatinya waktu tak pernah menunggu"

"Jangan sia-siakan kepercayaan yang telah diberikan untukmu"

"Kalahkan dirimu sendiri sebelum orang lain yang mengalahkanmu"

"Hiduplah seperti layaknya joker yang selalu menertawai duniawi"

"Bertanggung jawablah untuk semua yang kau kerjakan"

### Bismillahirrohmanirrohim

Kuniatkan karyaku ini karena:

## **Allah SWT**

Aku persembahkan karyaku ini untuk:

Ayah Amalludin, Ibu Lisa Sri Salma, Ayek, Anyik, Datuk, Siti Umi, Saudaraku Ghozali Agasi, Ira Mariam serta keluarga besar Kadir dan Aliun, yang telah mendoakanku serta menyemangatiku sepanjang waktu.

Dosenku Zulhanif, S.T., M.T , Dr. Sugiyanto., M.T, Nafrizal, S.T., M.T. dan Mas Marta, Nanang, Dadang , yang telah membimbing, memberi semangat dan mendoakanku.

Sahabat dan teman-teman seperjuanganku.

Almamater tercinta:

Universitas Lampung

**KATA PENGANTAR** 

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan

pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisa

Hardenability Dan Perubahan Struktur Mikro Baja AISI 1040, 1060

Menggunakan Metode Uji Jominy". Tujuan penulisan skripsi adalah untuk

persyaratan menyelesaikan pendidikan strata 1 dan melatih mahasiswa berfikir

secara kreativ, inovativ serta ilmiah dalam menulis sebuah karya ilmiah.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan.

Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir

kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis,

Faisal Muhamad

#### **SANWACANA**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisa Hardenability Dan Perubahan Struktur Mikro Baja AISI 1040, 1060 Menggunakan Metode Uji Jominy". Tujuan penulisan skripsi adalah untuk persyaratan menyelesaikan pendidikan strata 1 dan melatih mahasiswa berfikir secara kreativ, inovativ serta ilmiah dalam menulis sebuah karya ilmiah.

Penulis sangat berterima kasih dan memberikan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang membantu penulis menyelesaikan penelitian dan skripsi ini. Penulis terutama ingin mengucapkan terima kasih dengan setulus hati kepada:

- Kedua orang tuaku (Ayah dan Ibu) yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan pendidikan S1 di Teknik Mesin Universitas Lampung.
- 2. Bapak Ahmad Su'udi S.T., M.T. sebagai ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

- 3. Bapak Zulhanif S.T, M.T., Dr. Sugiyanto M.T. sebagai dosen pembimbing dan penguji Bapak Nafrizal S.T, M.T. yang telah memberikan segala bantuan, pengetahuan, saran dan motivasi kepada penulis.
- 4. Ibu Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met. sebagai dosen pembimbing akademik penulis, yang telah memberikan saran dan komentar agar penulis dapat menyelesaikan kuliah sebaik mungkin.
- Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
- 6. Staf Akademik serta Asisten Laboratorium yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- 7. Teman-teman BAXIAN seperjuangan Rizki Akbari, Purnadi Sri Kuncoro, Agus Priyanto, Muhammad Yusuf, Muhammad Faris Aldi Rizaldi, Suef Supriyadi, Imam Rosyid dan Joel Aritonang yang telah menemani berbagi cerita dan pengalaman selama di masa perkuliahan.
- 8. Keluarga Group KKBNG Azriyanda, Agasi, Novrizal, Bramantio, Yudi, Ami dan Ali. Yang telah memberikan cerita selama proses penulisan.
- 9. Teman-teman MILBES Christian, Obie, Hao, M, Nur dan Doni yang telah membantu memberikan semangat selama penulisan.
- 10. Seluruh rekan-rekan teknik mesin khususnya rekan seperjuangan angkatan 2012, yang tidak dapat saya sebutkan semua, terimakasih untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2012."Salam Solidarity Forever".
- 11. Partner tugas akhir Akhmad Yasser Yasrizal

xiii

12. Partner sepengertian si buluk yang telah menemani dan mengingatkan

selama proses penulisan.

13. Keluarga besar kadir dan keluarga besar aliun yang telah memberikan

semua motivasi, semangat dan inspirasi selama proses perkuliahan dan

penulisan.

14. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini

yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan

dalam penulisan dan penyusunannya, sehingga penulis sangat mengharapkan

saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca. Penulis sangat

berharap agar laporan tugas akhir ini dapat memberi inspirasi dan bermanfaat bagi

penulis, kalangan civitas akademik Unila, dan masyarakat yang membacanya

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis,

**Faisal Muhamad** 

# **DAFTAR ISI**

	Halama	ın
ABS	TRAK	i
ABS	TRACT	ii
HAL	AMAN JUDUL i	ii
LEM	BAR PERSETUJUAN i	V
LEM	BAR PENGESAHAN	V
PERN	YATAAN PENULIS	vi
RIW	YAT HIDUPv	ii
MOT	ГО vi	ii
PERS	EMBAHAN	ix
KAT	A PENGANTAR	X
SAN	VACANA	хi
DAF	TAR ISIx	iv
DAF	TAR GAMBARx	vi
DAF	TAR TABELxv	iii
I.	PENDAHULUAN	
	A. Latar Belakang	. 1
	B. Tujuan Penelitian	. 5
	C. Batasan Masalah	. 5
	D. Sistematika Penulisan	6
II.	TINJAUAN PUSTAKA	
	A. Baja Karbon AISI 1020, 1040, 1060	.8
	B. Heat Treatment	12

	C. Quenching	13
	D. Perubahan Fasa Pada Proses Quenching	14
	E. The Jominy End-Quench Test	16
	F. Pengerasan Pada Jominy	18
	G. Pengujian Rockwell	19
	H. Pengujian Opical Microscophy (OM)	21
	I. Standarisasi Pengujian	22
III.	METODOLOGI PENELITIAN	
	A. Tempat dan Waktu	24
	B. Bahan dan Alat	24
	C. Pelaksanaan Penelitian	31
	D. Diagram Alir	33
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	A. Hasil dan pembahasan pengujian komposisi kimia	34
	B. Hasil dan pembahasan pengujian kekerasan dengan HRC	37
	C. Hasil dan pembahasan struktur mikro	44
V.	SIMPULAN DAN SARAN	
	A. Kesimpulan	48
	B. Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

# **DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 1.	Struktur mikro pada baja karbon rendah,
	hampir seluruhnya ferrit
Gambar 2.	Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C
Gambar 3.	Diagram pendinginan CCT pada proses quenching15
Gambar 4	(1) Struktur mikro sebelum proses quenching
	(2) Struktur mikro setelah proses <i>quenching</i> 16
Gambar 5.	Spesimen baja <i>jominy end-quench test</i>
Gambar 6.	Proses pengerjaan metode jominy
Gambar 7.	Nilai kekerasan sepanjang gradien laju pendinginan18
Gambar 8.	Mikro struktur EMS-45 pada temperatur 900°C dengan
	Waktu tahan (a) 20 menit (b) 30 menit dan (c) 40 menit19
Gambar 9.	Tiga konstituen mikro dari baja karbon
Gambar 10.	Spesimen uji baja AISI
Gambar 11.	Jangka sorong mm
Gambar 12.	Alat potong perkakas
Gambar 13.	Mesin bubut
Gambar 14.	Spesimen Uji Jominy ASTM A25527
Gambar 15.	Jominy test end-quench ASTM A25528
Gambar 16.	Furnace Nabertherm tipe L 64/1428
Gambar 17.	Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C yang digunakan pada spesimen uji29
Gambar 18.	Hardness tester (rockwell)30

Gambar 19.	Grafik hardenability band pengujian 1 dan	
	nilai min hingga max	39
Gambar 20.	Grafik hardenability band pengujian 2 dan	
	nilai min hingga max	39
Gambar 21.	Grafik hardenability band pengujian 1 dan	
	nilai min hingga max	42
Gambar 22.	Grafik hardenability band pengujian 2 dan	
	nilai min hingga max	43
Gambar 23.	Struktur mikro baja AISI 4140, perbesaran 100x dengan	
	jarak A (90mm), B (22mm) dan C (5mm)	44
Gambar 24.	Struktur mikro baja AISI 1060 A (raw material),	
	B (22 mm), C (4mm) 500x perbesaran	46

# **DAFTAR TABEL**

	Halam	an
Tabel 1.	Komposisi kimia baja karbon rendah AISI 1020	9
Tabel 2.	Kandungan komposisi pada baja AISI 1040	.11
Tabel 3.	Komposisi kimia pada baja AISI 1060	.11
Tabel 4.	Skala kekerasan	.20
Tabel 5.	Komposisi kimia Baja Karbon Sedang (BKS) AISI 1040	.34
Tabel 6.	Komposisi kimia Baja Karbon Tinggi (BKT) AISI 1060	.35
Tabel 7.	BKS. Data pengujian kekerasan dengan tinggi semprotan	
	65 mm	.37
Tabel 8.	BKT. Data pengujian kekerasan dengan tinggi semprotan	
	65 mm	.41

#### I. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Baja karbon dapat dibagi menjadi tiga kriteria, baja karbon rendah, baja karbon sedang, baja karbon tinggi dan setiap baja karbon mempunyai kandungan, sifat dan aplikasi dalam persentase yang berbeda. Kandungan karbon pada baja karbon rendah biasanya kurang dari 0,25%, sedangkan kandungan 0,25% hingga 0,6% dapat dikategorikan sebagai baja karbon sedang, pada baja karbon tinggi nilai kandungannya 0,6% serta kurang dari 1,7% kandungan karbon di dalamnya. Suatu baja karbon atau komponen mempunyai sifat kemampuan kekerasan dan ketangguhan baja yang menentukan perlakuan panas dan sifat material. Sifat-sifat material tidak hanya struktur mikro tetapi juga terdapat sifat-sifat kimia, jika sebuah material memiliki sifat kimia yang sama dengan material lainnya, belum tentu struktur mikro yang terkandung sama pula. Untuk mengubah struktur mikro material maka diperlukan proses pengerjaan pada benda material, salah satunya adalah dengan proses perlakuan panas.

Proses laku panas atau juga sering disebut dengan perlakuan panas (heat treatment), adalah dengan melakukan pemanasan dan pendinginan pada logam atau baja paduan dan dilakukan dengan berbagai tahapan serta parameter yang berbeda. Parameterparameter seperti pada kecepatan pendinginan, media, serta waktu pendinginan, merupakan pembeda untuk hasil struktur mikro material. Untuk meningkatkan sifat ketangguhan serta menghilangkan tegangan dalam sebuah material menghasilkan sebuah permukaan yang kasar dengan bagian inti yang ulet pada sebuah logam ST 60, dilakukan sebuah proses perlakuan panas dengan suhu temperatur 800°C selama penahanan waktu 30 menit dan dilakukan pendinginan dengan menggunakan media air. Untuk mengetahui perubahan kekerasan logam maka dilakukan pengujian kekerasan rockwell yang dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas. Struktur mikro logam mengalami perubahan dan terjadinya peningkatan kandungan ferit yang menyebabkan bertambahnya keras pada logam, serta banyaknya pengaruh kandungan pearlite yang terdapat pada logam membuat logam ST 60 menjadi lebih lunak sehingga mudah rusak (Yani, 2008).

Dari berbagai macam proses perlakuan panas salah satu proses yang dapat dilakukan untuk menguji kemampuan keras suatu material adalah dengan menggunakan alat uji jominy. Alat uji jominy prosesnya dilakukan dengan memanaskan material hingga suhu austenit pada sebuah material dan dilakukan pendinginan secara perlahan pada salah satu bagian ujung material. Pengujian dilakukan pada sebuah material S45C dengan diameter 25 mm dan panjang 100 mm dipanaskan dengan menggunakan furnace atau tungku hingga temperatur 870°C dengan waktu penahanan selama 30

menit, lalu material diangkat dari *furnace* dan diletakkan pada lubang pemegang alat uji. Benda material dilakukan pendinginan dengan penyemprotan melalui *nozzle* dengan jarak 12.5 mm dari ujung benda material, setelah dilakukan pendinginan prosesnya selanjutnya adalah melakukan proses penghalusan permukaan material untuk dilakukan proses pengujian kekerasan brinnel. Dari hasil yang didapatkan adalah nilai kekerasan akan lebih meningkat di ujung benda yang mendapatkan pendinginan secara perlahan, uji jominy ini layak dilakukan untuk praktek kemampuan keras material (Rokhman, 2015).

Pengujian menggunakan alat uji jominy ASTM A255 pada baja EMS-45, dengan parameter waktu penahanan, suhu temperatur austenisasi dan media pendinginan menghasilkan perbedaan antara hasil prediksi dengan hasil tes yang didapatkan. Dimana kemampuan keras pada baja didapatkan pada waktu 40 menit penahanan dengan suhu austenisasi 900°C, dengan nilai kekerasan maksimum terdapat pada ujung material baja yang menghasilkan struktur mikro martensit. Jika struktur mikro berubah menjadi perlit dan nilai kekerasannya menurun ini disebabkan pendinginan secara lambat ketika jarak material jauh dari ujung pendinginan. Sedangkan suhu austenisasi dan waktu penahanan tidak memberikan pengaruh signifikan pada ujung pendinginan, serta pendinginan paling cepat menggunakan media air dengan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan pendinginan menggunakan udara atau normalizing (Hadi, 2013).

Kemampuan suatu material untuk dikeraskan dengan metode perlakuan panas pada sebuah komponen baja tahan karat 420 dengan kandungan, Cr 9,45%, C 0,100%, Mn 9,45%, P 0,0197%, Al 0,0317% dilakukan menggunakan metode uji jominy. Prosesnya yaitu dengan baja berdiameter 1,25 in dan panjang 20 mm dipanaskan di dapur panas pada temperatur 1000°C dengan waktu penahanan selama 30 menit, lalu dilakukan pendinginan menggunakan alat jominy dan dilakukan pengujian kekerasan rockwell. Pada pengujian kekerasan ini didapatkan sebuah nilai kekerasan tertinggi pada ujung pendinginan yang langsung terkena pendinginan air dengan nilai 103,9 HRC dan nilai terendah yaitu pada ujung pendinginan dengan nilai 94,28 HRC, lalu pada pengujian yang tidak mendapatkan perlakuan panas dan metode jominy didapatkan nilai kekerasan 121,76 HRC. Harga kekerasan pada sebuah baja AISI 420 mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai baja AISI 420 yang telah menggunakan pengujian metode jominy, dengan nilai kekerasan ini menjadikan baja tahan karat AISI 420 termasuk kedalam material yang tidak mampu dikeraskan dengan proses perlakuan panas quenching. Penyebabnya adalah terkandungnya beberapa unsur seperti magensium dan khromium mempunyai peran lebih dominan dibandingkan unsur karbon, yang membuat baja AISI 420 tidak menjadi keras akibat pendinginan cepat (Muqorobbin, 2015).

Berdasarkan dari beberapa literatur pengujian menggunakan metode jominy, mempunyai hasil kemampuan kekerasan dan perubahan struktur yang berbeda pada setiap material, dengan menggunakan pengujian berdasarkan variasi kadar karbon. Maka penulis memberikan judul pada tugas akhir ini adalah "Analisa Hardenability

Dan Perubahan Struktur Mikro Baja AISI 1040, 1060 Menggunakan Metode Uji Jominy". Dengan proses analisa ini diharapkan kemampuan kekerasan pada baja karbon sedang dan tinggi mendapatkan data yang valid.

# B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Untuk mengetahui hasil pengujian dengan alat uji *jominy test* pada spesimen baja karbon sedang dan tinggi.
- 2. Menentukan *hardenability* pada baja AISI 1040 dan 1060.
- 3. Membandingkan nilai kekerasan pada baja AISI 1040 dan 1060 setelah dilakukan metode *jominy test*.
- 4. Mengetahui perubahan struktur mikro pada baja AISI 1040 dan 1060.

# C. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup yang dijelaskan pada uraian yang telah dikemukakan pada latar belakang diatas, maka penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

- 1. Hardenability pada baja karbon sedang dan tinggi.
- Suhu yang digunakan pada pengujian jominy 800°C hingga 875°C pada baja karbon sedang dan karbon tinggi.
- 3. Waktu penahanan selama 30 menit.

#### D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### I. PENDAHULUAN

Bab I membahas latar belakang tentang perbedaan baja karbon rendah, sedang dan tinggi, perlakuan panas pada logam, kemampuan kekerasan material pada metode *jominy test*, perubahan sifat material dan struktur mikro terhadap perlakuan panas dan metode *jominy test*, kemudian penjelasan mengenai tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang literatur-literatur pada tentang perlakuan panas, metode *jominy test*, baja dan sifat-sifat baja, kekerasan, kemampuan kekerasan pada material

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur pengujian, parameter pengujian dan diagram alur pelaksanaan penelitian.

#### IV. DATA DAN PEMBAHASAN

Bab IV membahas tentang hasil dari pengujian kekerasan, dan kemampuan kekerasan baja, serta observasi perubahan struktur mikro pada baja karbon AISI 1040 dan 1060 setelah menggunakan metode *jominy test*.

#### V. PENUTUP

Penutup terdiri dari beberapa kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengujian kekerasan, sifat kemampuan kekerasan pada baja karbon tinggi, sedang dan rendah, perubahan struktur mikro pada baja, serta saran diberikan untuk penelitian selanjutnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisikan mengenai literatur-literatur dan jurnal nasional atau internasional yang didapat penulis demi mendukung dalam penyusunan penelitian ini.

### **LAMPIRAN**

Berisikan data-data, hal-hal, dan hasil perhitungan penelitian yang mendukung penelitian.

#### II. TINJAUAN PUSTAKA

# A. Baja Karbon AISI 1020, 1040, 1060

Setiap bahan material mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu begitu pula dengan baja karbon berstandar *American Institute and Steel Iron* (AISI) baik pada baja karbon rendah AISI 1020, baja karbon sedang AISI 1040, maupun baja karbon tinggi AISI 1060, yang mempunyai keunggulan berbeda-beda, jika baja dengan kekuatan tarik yang tinggi dan rendahnya keuletan pada baja, sehingga menjadi lebih getas merupakan salah satu sifat pada baja karbon tinggi. Lalu sifat pada baja karbon sedang yang keuletan nya lebih rendah dan mempunyai ketahanan aus yang keras, sedangkan pada baja karbon rendah sifatnya relatif lemah dan lunak, hanya saja baja ini mempunyai harga yang relatif murah sehingga mudah didapatkan. Oleh karena itu baja karbon sering dipergunakan di berbagai industri terutama pada alat-alat perkakas, alat kebutuhan rumah tangga hingga komponen otomotif, perbedaan pada baja karbon juga dapat dilihat dari kadar kandungan karbonnya yaitu:

#### 1. Baja AISI 1020

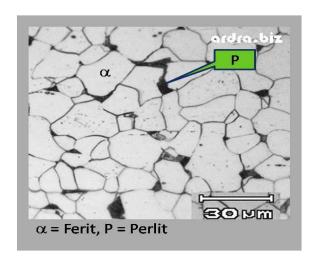
Baja ini dapat dikategorikan sebagai baja berkarbon rendah dengan kandungan karbon 0,20%, baja AISI 1020 mempunyai sifat kekerasan yang rendah, mudah

dibentuk dan keuletan yang tinggi. Aplikasi baja AISI 1020 dapat dipergunakan untuk roda gigi, poros, pelat baja, tenaga pembangkit pada pipa uap panas dan digunakan juga pada sistem boiler pada suhu tertentu. Berikut adalah struktur mikro dan kandungan pada baja AISI 1020 dapat dilihat pada **tabel 1** dan **gambar 1** (Eka, 2013)

**Tabel 1**. Komposisi kimia baja karbon rendah AISI 1020 (Eka, 2013)

Unsur	Kadar %
С	0,17-0,23
Mn	0,30
Ni	0,036
Cr	0,10
S	< 0,050
P	< 0,040
Fe	99,08

Menurut Warlinda Eka kandungan unsur karbon dan unsur transisi seperti mangan, menjadi unsur yang sangat penting dalam sebuah baja karbon. Dapat dilihat pada **gambar 1** struktur mikro baja karbon banyak mengandung *ferrite*, banyaknya kandungan *ferrite* disebabkan oleh jumlah atom karbon pada baja AISI 1020, masih berada di dalam batas kelarutannya, pada larutan padat. Fasa *ferrite* ini kemudian dieksploitasi dalam pengaplikasiannya, fasa jenis ini menjadi sangat penting di dalam baja dengan sifat yang ulet dan lunak.



**Gambar 1**. Struktur mikro pada baja karbon rendah, hampir seluruhnya *ferrite* (Eka, 2013)

# 2. Baja AISI 1040

Kandungan karbon baja AISI 1040 mempunyai nilai sekitar 0,40 atau di bawah 0,40 nilai karbon, sehingga baja jenis ini digolongkan ke dalam baja kandungan karbon menengah. Aplikasi pada baja ini biasa digunakan untuk roda gigi, bantalan dan poros, berdasarkan aplikasinya baja ini harus mempunyai sifat tahan aus di dalam keadaan gesekan, sifat tahan aus ini juga sering didefinisikan ketahanan terhadap pemakanan dimensi material akibat suatu gesekan, sifat tahan aus ini berbanding lurus dengan nilai kekerasan, kandungan unsur pada baja AISI 1040 dapat dilihat pada **tabel 2** (Sebayang, 2016).

**Tabel 2**. Kandungan komposisi pada baja AISI 1040 (Matweb, 2018)

0,37-0,44%
0,60-0,90%
98,51%
Min 0,040%
Min 0,050%

# 3. Baja AISI 1060

Baja AISI 1060 digolongkan di dalam kelompok *high carbon steel*, baja ini memiliki kandungan karbon sebesar 0,60% hingga 0,75%, jika kandungan melebihi nilai 0,75% dan kurang dari 1,90% digolongkan kedalam *very high carbon steel*. Sifat-sifat baja AISI 1060 yaitu mempunyai kesulitan dalam pengelasan, dibengkokkan dan dipotong yang disebabkan oleh kandungan-kandungan baja yang dapat dilihat pada **tabel 3** dan biasanya baja ini di aplikasikan untuk komponen seperti sekrup, palu dan gergaji. (Sinaga, 2016)

**Tabel 3**. Komposisi kimia pada baja AISI 1060 (Matweb, 2018)

Komponen	Nilai%
С	0,55 - 0,66%
Fe	98,35%
Mn	0,60 - 0,90%
bP	Min 0,040%
S	Min 0,050%

#### B. Heat Treatment

Proses perlakuan panas pada setiap material berbeda pada dasar-dasar prosesnya, perbedaannya adalah pada temperatur panas atau di atas temperatur daerah kritis setiap material hingga membentuk fasa austenitnya dengan waktu penahanan tertentu dan dilakukan pendinginan dengan media seperti air, minyak dan udara, proses ini bertujuan untuk merubah nilai karbon dan sifat-sifat material. Untuk melakukan proses laku panas dengan baik, maka harus diketahui kandungan-kandungan pada baja, agar dapat diketahui efesiensi temperatur pemanasan pada setiap material, proses ini dapat dibedakan dan dikenal dengan berbagai macam cara seperti pernomalan (*Normallizing*) dan pelunakan (*Annealing*)(Asmara, 2005).

### 1. Anil atau *annealing*

Biasa dikenal sebagai pelunakkan material, prosesnya adalah membulatkan sementit (*preutectoid*) atau karbida lain agar dapat memperbaiki keuletan, dengan cara mendinginkan material secara perlahan, setelah dilakukan pemanasan diatas suhu temperatur austenit, proses *annealing* juga bisa dilakukan untuk menghilangkan tegangan, menghilangkan terjadinya retak panas material, memperhalus ukuran butir dan menghilangkan tegangan dalam untuk perlakuan panas, proses ini mempunyai waktu penahanan dan pendinginan yang bervariasi pada material yang berbeda (Abbasi, 2018).

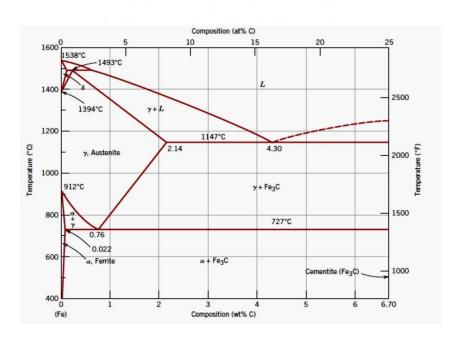
#### 2. Normallizing

Proses *normallizing* dilakukan dengan cara memanaskan material pada suhu 55°C, pemanasan menghasilkan fasa austenit dengan struktur kristal FCC secara homogen, lalu pendinginan dilakukan melalui udara bebas. *Normalizing* atau

dikenal dengan pernormalan suatu material bertujuan untuk memperoleh sifat fisis yang diinginkan, menghilangkan tegangan dalam, memperbaiki butir dan menurunkan atau menaikkan nilai kekerasan dan kekuatan pada baja (Nukman, 2009).

# C. Quenching

Selain normalizing dan annealing perlakuan panas juga bisa dilakukan secara langsung pada proses pendinginannya dengan menggunakan media seperti minyak, air, dll, proses ini biasa disebut dengan proses quenching. Tahap pemanasan pada quenching dilakukan sampai proses austenisasi pada suhu temperatur yang relatif biasanya 800°C hingga 875°C lalu proses pendinginan dilakukan. Saat mencapai suhu austenit, material akan menghasilkan martensit yang keras, penyebabnya adalah hanya austenit yang dapat berubah menjadi martensit, ini dilakukan untuk memperoleh kekerasan yang baik, jika saat pemanasan terdapat struktur lain yang bersifat lunak atau ferrit, maka setelah di *quenching* kekerasan tidak akan maksimum dan struktur yang didapat tidak seluruhnya martensit. Dapat dilihat pada gambar 2 diagaram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C merupakan diagram untuk kombinasi karbon dan besi pada keadaan solid solution, diagram ini menunjukkan hubungan antara temperatur dengan karbon selama pemanasan. Tujuan diagram ini untuk memperoleh informasi seperti temperatur cair pada masing-masing paduan, fasa yang terjadi pada komposisi dan temperatur yang berbeda pada kondisi pendinginan tertentu dan reaksi-reaksi metalurgis yang terjadi yaitu eutektoid, eutektik dan paritektik (Purwanto, 2011).

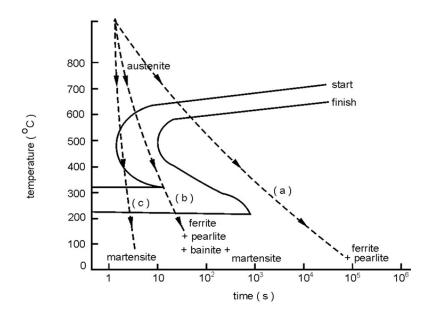


**Gambar 2**. Diagram Fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C (Purwanto, 2011)

# D. Perubahan Fasa Pada Proses Quenching

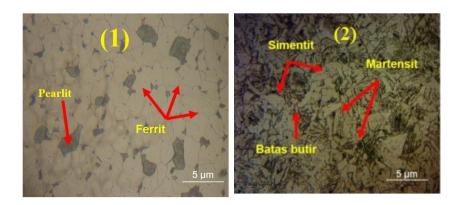
Menurut Nasmi Sari, pada proses perlakuan panas dan pendinginan secara langsung menggunakan media seperti minyak, air dll serta laju pendinginan, mempunyai pengaruh yang besar pada sebuah material. Seperti yang didapatkan pada proses pendinginan *quenching* yang dilakukan secara *continue* setelah dilakukan pemanasan, yang dapat mempengaruhi struktur perubahan di dalam material. Perubahan fasa ini dapat dilihat pada **gambar 3** diagram *Continuos Cooling Transformation* (CCT). Dimana pada garis (a) dilakukan pendinginan secara perlahan dan menghasilkan struktur mikro berupa ferit dan perlit, lalu pada pendinginan menengah atau sedang struktur mikro nya berupa perlit dan bainit dilihat pada garis (b) sedangkan pada pendinginan cepat struktur mikronya berupa martensit pada garis (c). Biasanya temperatur yang digunakan pada setiap pemanasan berbeda tergantung pada material

dan kandungan komposisi yang digunakan, temperatur dimulai dari 100-850°C dengan waktu yang bervariasi.



**Gambar 3**. Diagram pendinginan CCT pada proses *quenching* (Lawrence, 2004)

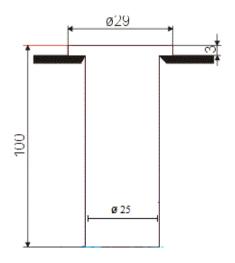
Pada pengujian struktur mikro hasil yang didapatkan pada baja karbon sedang, sebelum dilakukan proses *quenching* hasilnya adalah struktur ferrit dalam jumlah yang besar dan sedikit pearlit pada material. Sedangkan baja karbon sedang, setelah dilakukan proses *quenching* dengan suhu temperatur yang telah ditentukan dapat menghasikan struktur mikro berupa sementit dan martensit yang lebih dominan dan hasil pearlit yang lebih kecil dengan batas butir terlihat lebih besar, hasil struktur mikro dapat dilihat dengan pengujian struktur mikro, yang sebelumnya telah dilakukan *mounting* dengan ukuran tertentu hasilnya dapat dilihat seperti pada **gambar 4**. (Sari, 2017).



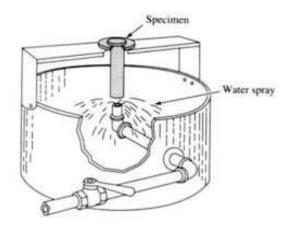
**Gambar 4**. (1) Struktur mikro sebelum proses *quenching* (2) Struktur mikro setelah proses *quenching* (Sari, 2017)

# E. The Jominy End-Quench Test

Salah satu metode pengerasan *quench* adalah menggunakan metode jominy, metode jominy sendiri berfungsi untuk mengetahui kemampuan baja dapat dikeraskan, dikarenakan setiap baja mempunyai *hardenabillity* yang berbeda baik baja rendah, sedang maupun tinggi. Perbedaan metode jominy adalah pada proses pendinginan yang dilakukan pada salah satu ujung benda material dengan menggunakan media pendingin yang dikeluarkan melalui *nozzle*. Prosesnya dilakukan menggunakan spesimen baja berukuran, panjang 100 mm, dan berdiameter 25 mm, dengan bentuk baja silinder dan pada salah satu ujungnya diperlebar dengan diameter 29 mm atau lebih, untuk memudahkan disaat menggantukan spesimen pada alat uji. Dapat dilihat pada **gambar 5** spesimen *jominy end-quench test* (*Lapin*, 2017).



Gambar 5. Spesimen baja jominy end-quench test (Lapin, 2017)



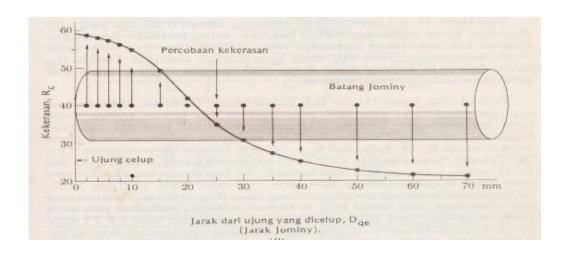
Gambar 6. Proses pengerjaan metode jominy (Lapin, 2017)

Selanjutnya dapat dilihat pada **gambar 6**, baja spesimen yang telah disiapkan diletakkan pada meja dapur *furnace* hingga temperatur austenisasi setiap material, lalu ditahan sekitar 30 hingga 45 menit agar homogen, panas tungku harus dijaga netral agar tidak terjadi pembentukan terak dan karburasi, lalu spesimen dikeluarkan dari *furnace* dengan cepat lalu di dudukkan di atas gantungan tempat jominy,

selanjutnya dilakukan penyemprotan di bagian salah satu ujung spesimen yang telah dipanaskan (Lapin, 2017).

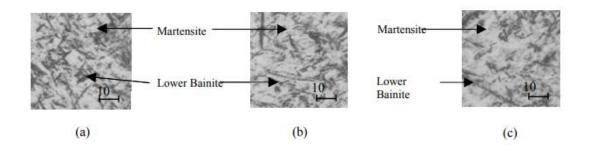
### F. Pengerasan Pada Jominy

Pengukuran pengaruh pendinginan pada metode jominy pada nilai kekerasan dapat dilihat pada **gambar 7**, pengukuran dilakukan menggunakan alat pengukur kekerasan *rockwell*. Dimana nilai tertinggi pada batang sepanjang 70 mm kekerasan nilai tertinggi berada ujung pendinginan dengan nilai 60 HRC, pada panjang 20 mm nilai 40 HRC, terus menurun hingga bagian sebelah sisi dengan nilai kekerasan 20 HRC (Rokhman, 2015).



**Gambar 7**. Nilai kekerasan sepanjang gradien laju pendinginan (Rokhman, 2015)

Menurut Hadi, dkk, laju pendinginan pada saat penyemprotan jominy yang berbeda akan menghasilkan kekerasan yang berbeda pada setiap material dimana unsur karbon pada material mempunyai pengaruh pada laju pendinginannya, efek dari pendinginan ini akan meningkatkan nilai kekerasan material. Alur pendinginan yang terjadi di bagian salah satu ujung jominy menyebabkan tidak meratanya pendinginan di sisi-sisi material, yang dimulai dari tempat penyemprotan spesimen dan menurun perlahan, nilai kekerasan berbanding lurus pada tempat berakhirnya pengerasan. Selain pendinginan, waktu tahan pada proses metode jominy akan berpengaruh juga pada hasil struktur mikro ini dapat dilihat pada **gambar 8**, dimana hasil strutkur mikro pada baja EMS-45 dengan waktu tahan 20, 30 dan 40 menit pada temperatur 900°C terdiri dari martensit dan bainit dengan nilai kekerasan 55,7 HRC, martensitnya 80%, 57,1 HRC dengan martensit 82% dan pada nilai kekerasan 58,3 HRC didapatkan 85% martensit pada material (Hadi, 2013).



**Gambar 8**. Mikrostruktur EMS-45 pada temperatur 900°C dengan waktu tahan (a) 20 menit, (b) 30 menit dan (c) 40 menit (Hadi, 2013)

#### G. Pengujian Rockwell

Untuk mengukur ketahanan plastis pada permukaan material, dapat dilakukan dengan spesimen *standard* terhadap penetrator yang biasa dikenal dengan 3 cara yaitu

paling effisien adalah metode *rockwell*, metode ini paling umum digunakan dengan cara kombinasi variasi indenter dan beban untuk sebuah material dari lunak hingga keras. Pengujian *rockwell* dilakukan dengan indentasi dalam keadaan beban konstan dan memperhitungkan kedalaman indentasi terhadap suatu material untuk penentu nilai kekerasan. Peletakkan spesimen pada alat dilakukan secara bergantian lalu di lakukan perhitungan nilai kekerasannya menggunakan h<sub>2</sub>—h<sub>0</sub> = (130—TH) 0,02, lalu benda uji pertama ditekan oleh indentor dengan beban minor dan dilanjutkan dengan penekanan beban mayor, setelah itu beban mayor diambil sehingga hanya beban minor yang tersisa. Uji kekerasan dibedakan pada bola baja keras dan intan kerucut yang dapat dibagi menjadi *rockwell* (dengan beban minor 10 Kg, mayor 60, 100, 150Kg) dan *rockwell superficial* (dengan beban minor 3 Kg, mayor 15, 30, 45 Kg) didasari beban minor dan mayor, skala kekerasan dapat dilihat pada **tabel 3** (Wahyuni, 2013).

**Tabel 4**. Skala kekerasan (Wahyuni, 2013)

Simbol	Indenter	Beban Mayor (Kg)
A	Intan	60 Kg
В	Bola $\frac{1}{6}$ inch	100 Kg
С	Intan	150 Kg
D	Intan	100 Kg
Е	Bola <sup>1</sup> / <sub>8</sub> Inch	100 Kg

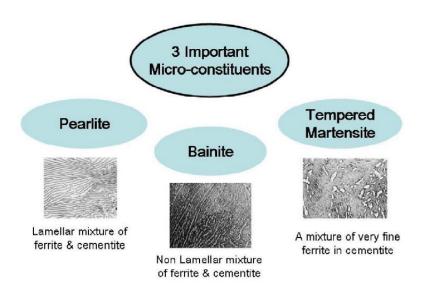
Simbol	Indenter	Beban Mayor (Kg)
F	Bola 1/16 Inch	60 Kg
G	Bola 1/16 Inch	150 Kg
Н	Bola <sup>1</sup> / <sub>8</sub> Inch	60 Kg
I	Bola 1/16 Inch	160 Kg

Menurut Nugraheni, dkk, pada pengujian *rockwell* jika pembebanan diberikan melalui indenter setelah gaya yang diberikan dilepaskan maka berdampak pada nilai yang ditunjukkan oleh penyimpangan jarum, semakin tinggi penyimpangan maka nilai kekerasan pada material cukup tinggi. karena dapat tahan oleh penekanan tiga titik. Pada nilai kekerasan metode *rockwell* perbedaan ditentukan oleh kedalaman penetrasi indenter dan juga memiliki hubungan yang linear, yang menentukan penggunaan *rockwell* untuk material rendah, sedang dan tinggi (Nugraheni, 2016).

#### H. Pengujian Optical Microscophy (OM)

Struktur mikro dan makro material menentukan perubahan bahan dan cara mengetahuinya adalah dengan pemeriksaan bahan menggunakan cahaya untuk memberikan gambar yang diperbesar, yang biasa disebut pengujian *optical microschopy*. Pada pengujian OM dapat dilihat komposisi material, yang mempengaruhi karekterisasi serta pengaruh struktur mikro dan makro yang dapat menentukan sifat material tersebut. Kondisi ini digunakan untuk jaminan kualitas,

analisis kegagalan, mengetahui antara struktur dan sifat dan metalografi yang digunakan pada bahan spesifikasi material tersebut. Dapat diketahui struktur mikro yang digunakan pada perlakuan panas terbentuknya reaksi eutectoid sangat penting untuk mengendalikan struktur mikro baja, karena *control* reaksi eutectoid akan menghasilkan 3 konstituen penting pada baja yaitu, bainit, *martensite* dan *pearlite* yand dapat dilihat pada **gambar 9** (ASM Handbook, 1985).



**Gambar 9**. Tiga konstituen mikro dari baja karbon (Callister, 2007)

#### I. Standarisasi Pengujian

Sesuai *standard* yang digunakan pada umumnya pengujian kekerasan metode jominy dan *rockwell* biasanya benda uji berupa plat atau poros, *standard* ini digunakan agar pada saat pengujian nilai *quenching* material didapatkan pada ujung material yang terkena pendinginan langsung dan menurun nilai kekerasannya pada sepanjang baja hingga pada sisi lain material dan diketahui nilai kekerasan yang valid. Standarisasi

untuk baja karbon AISI 1020, 1040 dan 1060 yang berbentuk poros, pada metode jominy menggunakan ASTM A255 (ASTM A255-10, 2014), lalu setelah standarisasi pada metode jominy dilakukan, maka untuk mengetahui nilai kekerasan lebih dalam yang di dapat pada baja menggunakan alat *hardness tester rockwell* dengan *standard* dan spesifikasi ASTM E18s.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

## A. Tempat dan Waktu

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung dan LIPI Tanjung Bintang.

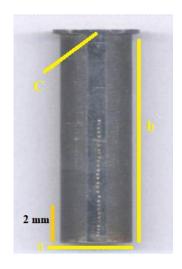
2. Waktu penelitian

Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada rentang waktu pada bulan Oktober 2018 sampai dengan bulan Januari 2019.

#### B. Bahan dan Alat

- 1. Bahan dan dimensi spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah:
  - a. Baja AISI 1040 dan 1060

Material yang digunakan adalah baja dengan kadar karbon, sedang dan tinggi berbentuk poros dengan diameter (a), panjang (b) dan bagian ujung yang diperlebar (c) dapat dilihat pada **gambar 10**.



Gambar 10. Spesimen uji baja AISI

# 2. Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini, antara lain:

# a. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dan panjang material uji kekerasan menggunakan satuan milimeter dengan ketelitian  $\pm~\mu m$  seperti yang ditunjukkan pada **gambar 11**.



Gambar 11. Jangka sorong mm

# `b. Mesin potong

Mesin potong adalah salah satu mesin perkakas digunakan untuk memotong material uji seperti pada **gambar 12**.



Gambar 12. Alat potong perkakas

# c. Mesin bubut

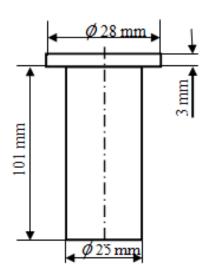
Mesin bubut adalah bagian salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk membentuk material uji kekerasan metode jominy dapat dilihat pada **gambar 13**.



Gambar 13. Mesin bubut

#### d. Spesimen Uji

Baja dengan karbon sedang dan tinggi berstandar *The American Iron & Steel Institue* yang digunakan adalah baja AISI 1040 dan 1060. Kemudian dipotong dan dibentuk menggunakan alat perkakas pada **gambar 12** dan **gambar 13**, sehingga menghasilkan bentuk poros pada bagian atas memiliki diameter 28 mm dan panjang 3 mm sedangkan pada bagian bawah memiliki diameter 25 mm dan panjang 101 mm dapat dilihat pada **gambar 14**.

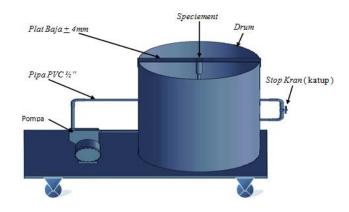


Gambar 14. Spesimen Uji Jominy ASTM A255.

# 3. Alat-alat uji yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini, antara lain:

#### a. Alat jominy test end-quench ASTM A255

Alat *jominy test* adalah alat yang digunakan untuk perlakuan panas yang telah dirancang dan dibuat oleh saudara Yasser, pengujian dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Mesin Universitas Lampung, seperti yang ditunjukkan pada **gambar 15**.



**Gambar 15.** *Jominy test end-quench* ASTM A255

# b. Furnace

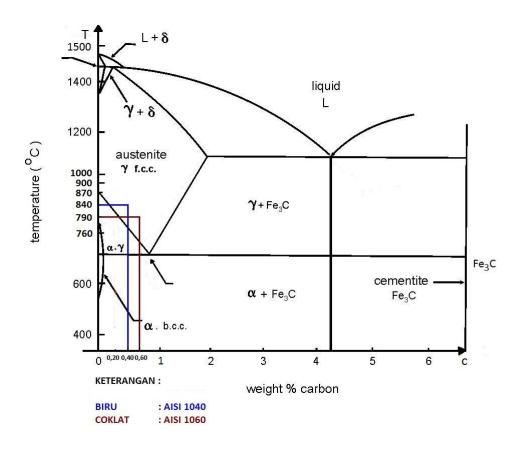
Furnace adalah alat untuk melakukan proses perlakuan panas pada material uji. Pada pengujian furnace yang digunakan adalah furnace merk Nabertherm tipe L 64/14 dengan daya 13.0 kW dan temperatur maksimal 1400°C seperti pada **gambar 16**.



**Gambar 16.** Furnace Nabertherm tipe L 64/14

### c. Diagram Fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C

Temperatur disesuaikan pada diagram fasa yang digunakan, yaitu AISI 1040 dan 1060 dengan temperatur yang digunakan 840°C untuk baja AISI 1040 dan temperatur 790°C untuk baja AISI 1060, Untuk dapat mengetahui suhu yang digunakan pada masing-masing baja AISI atau spesimen pada diagram fasa setiap spesimen yang digunakan ditambah 50°C untuk setiap baja dari temperatur awal. Dengan menggunakan diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C dapat dilihat pada **gambar 17** dengan *holding time* di dalam *furnace* selama 30 menit.



Gambar 17. Diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C yang digunakan pada spesimen uji

#### d. Hardness tester rockwell

Pada pengujian *hardness tester rockwell* digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan setelah dilakukan proses pemanasan di dalam *furnace* dan proses uji metode jominy, prosesnya dilakukan sebanyak 16 titik pada baja dengan jarak 2 mm. Pengujian *hardness tester rockwell* dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Mesin Universitas Lampung dan LIPI Tanjung Bintang dapat dilihat alat yang digunakan pada **gambar 18**.



**Gambar 18**. *Hardness tester (rockwell)* 

#### e. Mikroskop Optik

Mikroskop optik alat yang digunakan untuk melihat hasil data yang diberikan pada pengujian OM, data pada pengujian digunakan untuk mengetahui perubahan struktur mikro dan melihat struktur apa saja yang terdapat akibat proses *jominy test* pada baja AISI 1040 dan 1060. Penelitian untuk pengujian OM dilakukan di LIPI Tanjung Bintang.

#### C. Pelaksanaan Penelitian

## 1. Persiapan spesimen

- Material yang digunakan yaitu baja AISI 1040 dan 1060 berbentuk poros berdiamter 28 mm dan 25 mm.
- Mengukur panjang baja AISI 1040 dan 1060 menggunakan mistar sepanjang 10,4 cm atau 104 mm.
- c. Setelah diukur kemudian baja dipotong menggunakan mesin potong.

#### 2. Pembuatan spesimen

Setelah baja AISI 1040 dan 1060 dipotong kemudian untuk membuat spesimen berbentuk poros seperti pada **gambar 14**. Proses pemesinan pembuatan spesimen menggunakan mesin bubut, yang akan dikerjakan di lab produksi Universitas Lampung, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin.

#### 3. Prosedur pengujian

Prosedur pengujian pada spesimen Baja AISI 1040 dan 1060 meliputi:

#### a. Pengujian heat treatment

Pengujian *heat treatment* harus dilakukan terlebih dahulu agar baja AISI 1040 dan 1060 dapat mencapai suhu austenitnya, pengujian ini dilakukan pada temperatur 790°C hingga 840°C dengan *holding time* selama 30 menit, menggunakan mesin *Furnace* Nabertherm tipe L 64/14 seperti pada **gambar 16** diatas.

### b. Pengujian jominy test

Setelah dilakukan proses *heat treatment* pada temperatur yang telah dicapai oleh masing-masing baja, selanjutnya adalah pengujian jominy

dengan cara mengambil spesimen lalu diletakkan pada dudukkan meja semprot jominy untuk kemudian disemprotkan hingga mencapai temperatur ruang. Untuk mengetahui suhu temperatur pada spesimen menggunakan alat bantu *thermocouple*, alat jominy yang digunakan berstandar ASTM A255.

#### c. Pengujian hardness tester (rockwell)

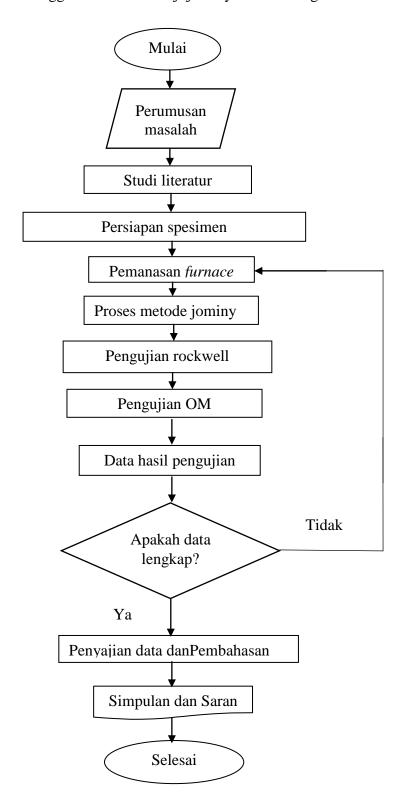
Jika telah selesai dilakukan pengujian *jominy test*, untuk mengetahui nilai kekerasan yang didapatkan setelah pengujian, maka dilakukan pengujian *hardness tester (rockwell)*.

#### d. Observasi mikro sturktur

Observasi mikro struktur yang akan dilakukan, antara lain adalah *Optical Miscroscopy* (OM) dengan tujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro baja AISI 1040 dan 1060 setelah perlakuan *quenching* menggunakan alat jominy.

# D. Diagram Alir

Adapun diagram alir penelitian *hardenability* dan perubahan struktur baja AISI 1040 dan 1060 menggunakan metode uji jominy adalah sebagai berikut:



#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

# A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan terhadap spesimen baja AISI 1040 dan baja AISI 1060 dengan menggunakan alat *jominy test* yang telah dibuat adalah sebagai berikut.

- 1. Dalam pengujian *jominy test* didapatkan hasil yang dapat dilihat, pada bab IV tabel 7 (BKS) dan tabel 8 (BKT) dengan nilai kekerasan yang meningkat dari *raw material* pada ujung penyemprotan dengan rata-rata nilai kekerasan tabel 7 (51,5 dan 50,5 HRC) dan tabel 8 (BKT) sebesar (61,5 dan 61 HRC).
- 2. Dari hasil kekerasan baja AISI 1040 dan 1060 didapatkan hasil nilai kekerasan yang memasuki nilai minimum dan maximum hardenability dari masing-masing baja dengan nilai kekerasan paling tinggi berada pada jarak ujung quench BKS (51 dan 52 HRC dengan minimum 51 HRC) dan BKT dengan nilai (61 dan 62 HRC dan minimum 60 HRC) terus menurun hingga ujung spesimen.

- 3. Dari hasil BKS dan BKT yang telah dilakukan *jominy test*, dapat dibandingkan bahwa setiap baja mempunyai nilai *minimum* dan *maximum hardenability* yang berbeda.
- 4. Dari hasil perubahan struktur mikro pada baja AISI 1060 setelah *jominy test* didapatkan struktur mikro martenstit yang lebih dominan pada jarak 4 mm dan masih banyaknya struktur ferrit dan pearlite pada baja sebelum dilakukan uji jominy.

### B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari proses penilitian adalah sebagai berikut:

- Pada saat pemindahan spesimen dari dalam furnace kedalam alat uji jominy dilakukan dengan secepat mungkin dikarenakan udara dari luar mempengaruhi hasil dari jominy test.
- Pada saat penyemprotan dinamo harus selalu hidup dikarenakan jika dinamo pompa mati aliran air akan mati dan akan mempengaruhi laju pendinginan dan hasil nilai kekerasan.
- 3. Untuk penilitian selanjutnya penulis menganjurkan untuk menyempurnakan alat uji jominy dan menggunakan bahan yang berbeda agar hasil yang didapat dari alat uji jominy lebih bervariasi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abbasi, E., Luo, Q., dan Owens., 2018. A Comparison of Microstructure and Mechanical Properties of Low-Alloy-Medium-Carbon Steels after Quench-hardening. Materials Science & Engineering A. Sheffield Hallam University, Howard Street, Sheffield, UK.
- ASM Handbook., 1985. Optical Microscophy, Metal Handbook, Vol. 9, pp. 1438-1453.
- Asmara Anjar., 2005. Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Sebelum Dan Sesudah Penemperan Terhadap Nilai Kekerasan Pada Baja Perkakas HSS. Vol. 7. No. 3. Hal 135-140.
- Callister, William D., Materials Science and Engineering, John Willey and Sons ,Inc. USA 2007.
- Eka, W., dan Subekti, A., 2013. Karakter Fisik Dan Korosi Mangan Hasil Pelapisan Pada Baja Aisi 1020. Vol. 9. No. 1. Hal 1-7.
- Hadi, S., Widiyono, E., Winarto, dan Noor, D., Z., 2013. EMS-45 *Tool Steels Hardenability ExperimentUsing Jominy ASTM A255 Test Method.* Vol. 24. No. 1. Hal 7-11.
- Lapin, j., dan Marek, K., 2017. Effect Of Continuous Cooling On Solid Phase Transformations In TiAl-based Alloy During Jominy End-quench Test. Hal 338-348.
- Lawrence H. Van Vlack., 2004. Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material", Edisi keenam, Jakarta, Erlangga 2004.
- Matweb, *Material Property Data*, di http://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=AISI%204140, diakses tanggal 13 Juli 2018.

- Muqorobbin, M., Respati, S., M., B., dan Syafa, at, I., 2015. Analisis Pengujian Kemampukerasan Baja Tahan Karat 420 Dengan Alat Jominy. Vol. 11. No. 1. Hal. 47-48.
- Nugraheni, N., Tri., Kusuma, N., K., Sari, R., Y., Sugiharto, A., Janah, H., R., Nisa, K., dan Humam, A., Z., 2016. Uji Kekerasan Material Dengan Metode *Rockwell*. Hal 1-9.
- Nukman., 2009. Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Akibat Variasi Bentuk Kampuh Las Dan Mendapat Perlakuan Panas *Annealing* Dan *Normalizing*. VOL. 9. No. 2. Hal 37-43.
- Purwanto H., 2011. Analisa *Quenching* Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar. Vol. 7. No. 1. 36-40.
- Rokhman Taufiqur., 2015. Perancangan Alat Uji Kemampukerasan *Jominy Test* Untuk Labotarium Teknik Mesin Universitas Islam "45" Bekasi. Vol. 3. No. 1. Hal 68-80.
- Sari Nasmi., 2017. Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. Vol. 06. No. 4. Hal 263-267.
- Sebayang Rihat., 2016. Perubahan Sifat Mekanis Dan Bentuk Struktur Mikro Baja AISI 1040 Akibat Polarisasi Arus Pada Pengelasan SMAW. Vol. 2. No. 1. Hal 29-36.
- Sinaga, M., dan Nasution, M., 2016. Pengaruh Temperatur Hardening Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Uji Kekerasan Dan *Impact* Baja AISI 1060. Hal 1-14.
- Suherman Wahid., 2001. Perlakuan Panas. Hal 58. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Wahyuni, I., Rojul, B., A., Nasocha, E., Rosyi, N., F., Khusnia, N., dan Ningsih, R., O., 2013. Uji Kekerasan Material dengan Metode *Rockwel*. Hal 1-7.
- Yani, R., D., Pratomo, T., dan Cahyono, H., 2008. Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Logam ST 60. Vol. 11. No. 1. Hal 96-109.