

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT* TERHADAP
SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA AISI 1030
DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGINAN**

OLEH:
NURUL ICHSAN
D211 15 315



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT*
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO
PADA BAJA AISI 1030 DENGAN VARIASI MEDIA
PENDINGINAN**

Disusun dan diajukan oleh:

NURUL ICHSAN

D211 15 315

Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 12 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

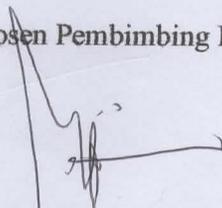
JUDUL:

ANALISIS PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA AISI 1030 DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGINAN

NURUL ICHSAN
D211 15 315

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman., MT
NIP. 19520706 197812 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT
NIP. 19740415 199903 1 001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : NURUL ICHSAN
NIM : D211 15 315
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**ANALISIS PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT* TERHADAP
SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA AISI 1030
DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGINAN**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 Oktober 2021

Yang Menyatakan



NURUL ICHSAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : NURUL ICHSAN

Tempat Tanggal Lahir : Baraka, 8 Maret 1996

Alamat : JL. Sanrangan No.16 Daya

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

Telepon : 085 398 019 000

E-mail : ichsannurul.15@gmail.com

Riwayat Pendidikan : SMAN 1 BARAKA
SMPN 1 BARAKA
SDN 20 BARAKA

Riwayat Organisasi :
Ketua Bidang Pendidikan dan Pengaderan
HPMM KOM.UNHAS Periode 2018-2020

Pengalaman Magang (*Internship*) : PLTU PUNAGAYA

ABSTRAK

Nurul Ichsan (D21115315), Dibimbing oleh Prof.Dr.Ir. Onny Sutresman, MT dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma,ST.,MT Baja karbon sedang adalah salah satu logam yang dapat digunakan dalam memproduksi komponen mesin berkekuatan sedang seperti poros, roda gigi dan lainnya. Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,3%-0,6%, salah satu contoh baja yaitu baja AISI 1030 dan menjadi spesimen pada percobaan kali ini, namun karena kandungan karbonnya dibawa 0,6% maka baja harus diberikan perlakuan panas untuk memperoleh sifat-sifat sesuai penggunaannya dari sifat lunak hingga sifat keras, untuk meningkatkan kekerasan suatu baja karbon proses perlakuan panas yang sangat cocok digunakan yaitu perlakuan panas hardening namun proses *hardening* dapat mengurangi keuletan baja karbon maka dari itu perlu dilakukan proses pemanasan ulang atau lebih dikenal dengan proses perlakuan panas *tempering* untuk mengembalikan keuletannya. Proses perlakuan panas yang dilakukan pada penelitian ini yaitu proses hardening dengan temperatur 850°C dengan holding time 40 menit kemudian didinginkan di tiga media pendingin yang berbeda lalu dilanjutkan dengan proses tempering dengan temperatur 560°C dengan holding time 40 menit dan didinginkan secara perlahan. Hasil dari penelitian dilihat dari perubahan sifat mekanik yang diamati sebelum dan sesudah mengalami proses perlakuan panas yang terdiri dari kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro nya. Nilai kekerasan sebelum proses perlakuan panas 87,8 HRB sedangkan setelah proses hardening dengan media pendingin oli, dromus, dan radiator masing-masing sebesar 100,37 HRB, 102,47 HRB, dan 111,9 HRB dan dengan proses tempering sebesar 99,5 HRB, 97,37 HRB, 101,2 HRB. Nilai tegangan dan regangan sebelum proses perlakuan panas 720,8 MPa dan 21,9% sedangkan setelah proses hardening sebesar 932,4 MPa dan 16,4% untuk media pendingin oli, 851,3 MPa dan 17,5% untuk media pendingin dromus, 1134 MPa dan 10,6% untuk media pendingin radiator sedangkan untuk proses penambahan tempering 841,2 MPa dan 19% untuk oli, 814,7 MPa dan 18,7% untuk dromus, 938,5 MPa dan 16,0% untuk radiator. Dari hasil pengamatan struktur mikro terlihat pembentukan martensite pada pendinginan radiator dan pembentukan bainite pada proses tempering dengan media pendingin yang sama, sedangkan pada media pendingin dromus ada sedikit pembentukan bainite dan pada media pendingin oli terdapat perlite dan ferrite.

Kata kunci: Baja AISI 1030, Hardening, Tempering, Oli, Dromus, Radiator

ABSTRACT

Nurul Ichsan (D21115315), Dibimbing oleh Prof.Dr.Ir. Onny Sutresman, MT dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma,ST.,MT *Medium carbon steel is one of the metals that can be used in producing medium strength engine components such as shafts, gears and others. Medium carbon steel has a carbon content of 0.3%-0.6%, one example of steel is AISI 1030 steel and is the specimen in this experiment, but because the carbon content is brought to 0.6% so heat treatment is carried out to obtain the properties according to its use from soft to hard properties, to increase the hardness of a carbon steel a heat treatment process that is very suitable to use is heat treatment hardening but the hardening process can reduce the ductility of carbon steel, therefore it is necessary to carry out a reheating process or better known as the tempering heat treatment process. to restore its tenacity. The heat treatment process carried out in this study was the hardening process at a temperature of 850°C with a holding time of 40 minutes then cooled in three different cooling media and then continued with a tempering process at a temperature of 560°C with a holding time of 40 minutes and cooled slowly. The results of the study were seen from the changes in the mechanical properties observed before and after undergoing the heat treatment process consisting of hardness, tensile strength, and microstructure. The value of hardness before the heat treatment process was 87.8 HRB, while after the hardening process the cooling with oil, dromus, and radiator were respectively 100.37 HRB, 102.47 HRB, and 111.9 HRB and with the tempering process of 99.5 HBR. , 97.37 HRB, 101.2 HRB. The stress and strain values before the heat treatment process were 720,8 MPa and 21.9% while after the hardening process were 932.4 MPa and 16.4% for the oil cooling medium, 851.3 MPa and 17.5% for the dromus cooling medium, 1134 MPa and 10.6% for the radiator cooling medium while for the tempering process 841.2 MPa and 19% for oil, 814.7 MPa and 18.7% for the dromus, 938.5 MPa and 16.0% for the radiator. From the observation of the microstructure, it can be seen that the formation of martensite on cooling the radiator and the formation of bainite in the tempering process with the same cooling medium, while on the cooling medium dromus there is little formation of bainite and on the cooling medium for oil there is perlite and ferrite.*

Keywords: AISI 1030 Steel, Hardening, Tempering, Oil, Dromus, Radiator

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Salam dan shalawat kepada Nabi Muhammad SAW sebagai tauladan yang menghantarkan kita dari alam alam yang gelap dan jahiliah menuju alam terang benderang.

Akhirnya penyusunan skripsi “**Analisis Pengaruh Proses *Heat Treatment* Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja AISI 1030 Dengan Variasi Media Pendinginan**” sudah ada dihadapan pembaca dan dapat dijadikan refrensi pada penelitian yang bersangkutan.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi masih jauh dari sempurna, dan banyak baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan di kemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada orang tua bapak dan Ibu saya tercinta dan saudara-saudara saya yang selalu memberikan motivasi, support dan kasih sayang serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman., MT selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.

2. Bapak Dr. Eng Lukmanul Hakim Arma, ST., MT selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan serta masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST, MT, selaku sekretaris Departemen Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan ibu dosen serta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin.
6. Kepada keluarga yang telah mendukung secara materi dan non-materi kak
Jumriati, kak Manni, kak Lina, kak Iwan, kak Nurdin, kak Akbar, kak Ilham
7. Kepada saudara-saudari seperjuangan, HYDRAULIC'15 yang selalu ada
dalam suka maupun duka. Khususnya kepada Saudara Rizal Amil Aulia
Kasman, Hamdani, Wahyudi, Bolang, fahrul, Muhammad Chatib Dwi
Putra, Lukman Hakim, Siddik, Akbar Ali, Hisam, miswar, Nur, AL, dan
Komeng serta teman teman lain yang tidak sempat penulis sebutkan satu
persatu.
8. Kepada saudara – saudari seperjuangan, DANGKE'15 yang selalu ada
dalam suka maupun duka, Terkhusus kepada Saudara Asma, Sarman, Kiki,
Risal, Topik, Cung, Candra, Lisna, Fitri, Biah, Suci, Momo, Astrid, Nina,
Marhani, Fitra, Devi, dan Riska serta teman-teman lain yang tidak sempat
disebutkan satu persatu.
9. Kepada teman-teman seperjuangan Alumni SDN 20 BARAKA yang selalu
memberikan motivasi dan masukan, khususnya kepada saudara Fitra
Sahara, Deni, Endik, Capping, Astika, Nining, Devi, Nada, dan yayat serta
teman-teman lain yang tidak sempat disebutkan satu persatu.
10. Kepada seluruh asisten Laboratorium Metalurgi Fisik yang telah menemani
dalam proses pengambilan data-data dalam kebutuhan skripsi

11. Kepada seluruh saudara – saudari serta kanda kanda senior di OKFT-UH terkhusus HMM FT-UH.
12. Kepada seluruh saudara – saudari serta kanda-kanda di HPMM terkhusus HPMM KOM UNHAS.

Akhir kata, *jazakumullah khairan katsiran* atas semuanya dan penulis berharap, Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam bidang ilmu Teknik Mesin. Karenanya, masukan dan kritik rekan-rekan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Gowa, 12 Oktober 2021

Penulis

DAFTAR PUSTAKA

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR PUSTAKA	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan masalah	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Baja.....	4
2.2 Sifat-sifat logam	5
2.2.1 Sifat Mekanis	5
2.2.2 Sifat fisis	6
2.2.3 Sifat kimia.....	7
2.3 Baja AISI 1030.....	7
2.4 Heat treatment	8
2.4.1 Hardening.....	13
2.4.2 Tempering	13
2.4.3 Cooling.....	14
2.4.4 Dromus Oil.....	16

2.4.5	Radiator coolant	16
2.4.6	Oil SAE 20W-50.....	17
2.5	Diagram Fasa Fe-C.....	17
2.6	Diagram TTT/CCT.....	19
2.7	Uji Kekerasan.....	22
2.8	Uji Tarik (Tensile Test).....	24
2.9	Uji Struktur Mikro.....	25
BAB III	.....	29
METODOLOGI PENELITIAN	.....	29
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2	Alat dan Bahan	29
3.2.1	Alat.....	29
3.2.2	Bahan	31
3.3	Metode pengambilan data	34
3.4	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	34
3.4.1	Proses Heat Treatment	34
3.4.2	Pengujian Hardness.....	35
3.4.4	Pengujian Struktur Mikro dan Pengujian Kekasaran.....	37
3.5	Diagram Alir Penelitian	38
BAB IV	.....	40
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	40
4.1	Pengujian Kekerasan	40
4.2	PENGUJIAN TARIK.....	42
4.3	PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO	50
BAB V	.....	56
PENUTUP	.....	56
5.1	KESIMPULAN	56
5.2	SARAN	57
DAFTAR PUSTAKA	.....	58
LAMPIRAN I	.....	61
DATA TABEL PERHITUNGAN UJI TARIK.....		61
HASIL UJI KOMPOSISI.....		62

LAMPIRAN II	63
PROSES HEAT TREATMENT	63
LAMPIRAN III.....	65
SPESIMEN-SPESIMEN PENGUJIAN	65
PROSES PENGAMBILAN DATA	66
Hasil Pengujian Tarik.....	67
Hasil Pengujian Metalografi.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1030(ASTM A29)	7
Tabel 2. 2 Komposisi dan sifat kimia dromus oil	16
Tabel 4. 1 Komposisi kimia baja karbon AISI 1030.....	40
Tabel 4. 2 Hasil Pengambilan Data Kekerasan spesimen Baja AISI 1030	41
Tabel 4. 3 Nilai rata-rata Tegangan dan Regangan dari setiap perlakuan spesimen	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik hubungan kadar karbon dengan kekerasan maksimum hardening pada baja karbon	8
Gambar 2. 2 Perlakuan Panas Hardening-Tempering pada baja	14
Gambar 2. 3 Tiga tahapan pada quenching.....	15
Gambar 2. 4 Diagram Fasa Fe ₃ C Sumber:	18
Gambar 2. 5 Diagram TTT untuk baja dengan karbon < 0,8%	21
Gambar 2. 6 Diagram TTT untuk baja dengan karbon < 0,8%	21
Gambar 2. 7 diagram CCT (Continuous Cooling Transformation)	22
Gambar 2. 8 Pengujian Rockwell Sumber:.....	23
Gambar 2. 9 Prinsip kerja metode pengukuran kekerasan Rockwell	24
Gambar 2. 10 Pembebanan Tarik	24
Gambar 2. 11 Pengujian mikro struktur.....	26
Gambar 2.12 Tahapan proses metalografi	27
Gambar 2. 13 Mesin pemotong sampel presisi metkon a) piringan diamond b) piringan CNB (cubic boron nitride).....	27
Gambar 2. 14 Mesin mounting metkon dan hasil mounting.....	28
Gambar 2. 15 Mesin gerinda dan poles metkon dan permukaan sampel.....	28
Gambar 3. 1 Furnace.....	29
Gambar 3. 2 Sarung tangan.....	29
Gambar 3. 3 Alat uji kekerasan.....	30
Gambar 3. 4 alat uji tarik	30
Gambar 3. 5 Mikroskop optic LEXT OLYMPUS-OLS4100	31
Gambar 3. 6. Stopwatch.....	31
Gambar 3. 7 Baja AISI 1030.....	32
Gambar 3. 8 Kertas amplas	32
Gambar 3. 9 Oli mesran SAE 20W-50	33
Gambar 3. 10 radiator cooling	33
Gambar 3. 11 dromus oil	34
Gambar 3. 12 Spesimen Uji Tarik Bentuk Round Bar Berdasarkan ASTM 8/E8M	36

Gambar 3. 13 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4. 1 Nilai Kekerasan Rata-Rata setiap perlakuan spesimen.....	41
Gambar 4. 2 Nilai Tegangan Maksimum.....	44
Gambar 4. 3 Nilai rata-rata regangan.....	45
Gambar 4. 4 Hubungan tegangan regangan pada perlakuan hardening Oli.....	47
Gambar 4. 5 (a) patahan pada spesimen hardening media pendingin oli (b) patahan pada spesimen hardening media pendingin oli + Ftempering	47
Gambar 4. 6 Hubungan tegangan regangan pada perlakuan hardening Dromus...48	
Gambar 4. 7 (a) patahan pada spesimen hardening media pendingin dromus (b) patahan pada spesimen hardening media pendingin dromus + tempering	48
Gambar 4. 8 Hubungan tegangan regangan pada perlakuan Hardening Radiator 49	
Gambar 4. 9 (a) patahan pada spesimen hardening media pendingin radiator (b) patahan pada spesimen hardening media pendingin radiator + tempering	49
Gambar 4. 10 Struktur Mikro Spesimen Baja AISI 1030 Tanpa Perlakuan	51
Gambar 4. 11 Struktur Mikro Spesimen (a) Baja AISI 1030 Hardening Pendingin Oli (b) Baja AISI 1030 Hardening Pendingin Oli + Tempering.....	51
Gambar 4. 12 Struktur Mikro Spesimen (a) Baja AISI 1030 Hardening Pendingin Dromus (b) Baja AISI 1030 Hardening Pendingin Dromus + Tempering	52
Gambar 4. 13 Struktur Mikro Spesimen (a) Baja AISI 1030 hardening Pendingin Radiator (b) Baja AISI 1030 hardening Pendingin Radiator dengan penambahan perlakuan tempering.....	52
Gambar 4. 14 Diagram CCT	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Baja karbon sedang adalah salah satu logam yang digunakan dalam memproduksi komponen mesin berkekuatan sedang seperti poros, roda gigi dan lainnya. Karena memiliki kandungan karbon sedang baja ini mudah dikerjakan dengan berbagai peralatan permesinan maupun perkakas dan dibentuk sesuai kebutuhan, karena sifatnya yang ulet dan lunak serta harga baja karbon sedang lebih murah dan mudah ditemukan di pasar material logam dibandingkan baja yang lainnya. Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,3%-0,6% sehingga memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai material baku komponen mesin namun karena kandungan karbonnya dibawa 0,6% maka baja harus diberi perlakuan panas (*heat treatment*) untuk memperoleh sifat-sifat sesuai penggunaannya dari sifat lunak hingga sifat keras.

Dalam proses perlakuan panas secara umum terdiri dari proses *hardening*, *tempering*, *carburizing* dan *annealing*. Factor penting yang mempengaruhi perlakuan panas adalah temperatur, waktu penahanan, dan media pendingin. Pada penelitian kali ini fokus pada *hardening* khususnya pada proses *quenching*. Menurut Bahtiar 2008 *quenching* (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam media pendingin misal air atau oli untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras.

Media pendingin yang digunakan sangat berpengaruh terhadap laju pendinginan dalam terbentuknya struktur *martensite* hasil transformasi *austenite*. *Martensite* inilah yang menentukan seberapa jauh peningkatan sifat mekanis hasil perlakuan panas. Media pendingin selain mempengaruhi sifat mekanis dapat mempengaruhi sifat fisis. Pada penelitian ini penulis menggunakan media pendingin yang memiliki nilai kekentalan yang

bervariasi, media pendingin tersebut adalah Oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil

Dari masalah tersebut diatas penulis sangat tertarik untuk meneliti pengaruh proses *hardening* dan *tempering* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja AISI 1030 dengan media pendinginan oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil

1.2. Rumusan masalah

1. Berapa besar nilai kekerasan spesimen baja AISI 1030 setelah *hardening* dan *tempering* dengan media pendingin Oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil
2. Berapa besar nilai kekuatan tarik spesimen baja AISI 1030 setelah *hardening* dan *tempering* dengan media pendingin Oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil
3. Bagaimana struktur mikro yang terdiri dari ferrite, pearlite, martensite dan bainite dari specimen baja AISI 1030 setelah *hardening* dan *tempering* dengan media pendingin Oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil

1.3. Tujuan

1. Mengetahui sifat mekanik pada baja AISI 1030 setelah *hardening* dan *tempering* dengan media pendingin oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil.
2. Menganalisis struktur mikro dari specimen baja AISI 1030 setelah *hardening* dan *tempering* dengan media pendingin oli SAE 20W-50, radiator coolant, dan dromus oil

1.4. Batasan masalah

Beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Benda kerja yang digunakan berbentuk silinder dengan permukaan yang rata
2. Benda kerja di *hardening* dengan suhu 850°C dengan penahanan waktu (*holding time*) 45 menit
3. Benda kerja di *tempering* dengan suhu 560°C dengan penahanan waktu (*holding time*) 40 menit
4. Media pendingin yang digunakan adalah Oil SAE 20W-50, radiator coolant, dan kombinasi air dan dromus oil dengan perbandingan air 75% dan dromus oil 25%
5. Analisis perubahan dan perbandingan Sifat mekanis berupa kekerasan, kekuatan Tarik, dan sifat fisis berupa struktur mikro
6. Metode uji untuk mengamati kekerasan adalah metode uji kekerasan *Rockwell* sedangkan struktur mikro menggunakan mikroskop metalurgi
7. Bahan yang digunakan adalah baja AISI 1030

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh proses *heat treatment* terhadap sifat mekanis dan sifat fisis pada baja AISI 1030
2. Dapat memberikan sumbangan pemikiran yang mengarah pada ilmu bahan khususnya pada pihak yang bergerak di bidang perancangan
3. Sebagai pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar S1 pada pada program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Di samping itu baja mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S) 0,05%, fosfor (P) 0,5%, silikon (Si) 0,1-0,3%, mangan (Mn) > 1% dan kandungan karbon 0,1-1,7% sedangkan unsur lainnya dibatasi khusus (Amanto. 1999). Menurut kandungan karbonnya (C) baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga macam:

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah bukan baja yang keras karena kadar karbonnya sedikit. Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas yang mengandung karbon kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup dan lain-lain (Amanto, 1999)

2. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang merupakan baja dengan kandungan karbon 0,3-0,6% cukup keras dibandingkan dengan baja karbon rendah. Baja ini memungkinkan untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk roda gigi, poros engkol, ragum dan sebagainya (Amanto. 1999)

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon 0,6-1,5%, baja ini sangat keras namun keuletannya rendah, biasanya digunakan untuk alat potong seperti gergaji, pahat, kikir dan lain sebagainya. Karena baja karbon tinggi sangat keras, maka jika digunakan untuk produksi harus dikerjakan dalam keadaan panas (Amanto. 1999)

2.2 Sifat-sifat logam

Setiap jenis dan tipe logam mempunyai daya tahan terhadap berbagai perlakuan, mulai dari pembebanan, perlakuan panas, interaksi dengan cairan, menerima gaya dari luar dan lain sebagainya (Surdia. T. 1987). Perlakuan tersebut akan sangat mempengaruhi sifat- sifat dari logam tersebut dan sifat-sifat tersebut antara lain sebagai berikut:

2.2.1 Sifat Mekanis

Sifat mekanis adalah kemampuan bahan untuk menerima pembebanan atau untuk menahan beban yang diterimanya baik baban statis maupun beban dinamis (Surdia T 1987). Sifat mekanis terdiri dari aspek- aspek berikut:

1) Kekuatan

Kekuatan ditentukan berdasarkan pembebanan, untuk mendeteksi kekuatan material khususnya baja diperlukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik untuk menentukan kualitas bahan adalah: pengujian Tarik, pengujian bending, pengujian impact, pengujian densitas, dll (Surdia T 1987)

2) Kelelahan

Kelelahan merupakan kemampuan maksimal suatu bahan ketika menerima beban yang berganti-ganti secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu. Patahan lelah disebabkan oleh tegangan yang berulang dan dijumpai pada tegangan kurang dari 1/3 kekuatan Tarik static pada bahan struktur tanpa konsentrasi tegangan. Semua patahan disebabkan kelelahan melalui tahapan proses: terjadi retakan lelah -> perambatan retakan lelah-> patahan static terhadap luas penampang sisa (Surdia T 1987)

3) Keausan

Keausan adalah friksi atau gesekan yang diakibatkan pergerakan relative dengan tekanan pada bidang kontak. Setelah terjadi gesekan berlanjut menjadi abrasi yang akan merusak ketelitian komponen dan berkembang menjadi lebih parah sampai komponen mesin kehilangan fungsinya (Surdia T 1987)

4) Mulur

Mulur terjadi apabila diberikan suatu tegangan melampaui batas elastic, maka perpanjangan permanen terjadi pada batang uji tersebut. Perpanjangan tersebut dinamakan deformasi plastic dan tegangan terendah dimana deformasi plastis terjadi disebut mulur (Surdia T .1987)

5) Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan bahan terhadap penetrasi pada permukaannya. Pada umumnya kekerasan adalah ketahanan terhadap deformasi plastis dan permanen. Pada proses heat treatment yang mempengaruhi tingkat kekerasan baja adalah kecepatan pendinginannya karena makin cepat laju pendinginan maka kekerasan semakin tinggi (Djapri.1986)

2.2.2 Sifat fisis

Sifat fisis adalah sifat karena mengalami peristiwa fisika, seperti adanya pengaruh panas dan listrik. Sifat karena pengaruh panas antara lain mencair, perubahan ukuran dan struktur mikro karena proses pemanasan, untuk melihat perubahan struktur mikro melalui proses uji struktur mikro dengan alat foto mikroskop. Sifat listrik yang sering ditemui adalah tahanan dari suatu bahan aliran listrik atau sebaliknya (Djapri.1986)

2.2.3 Sifat kimia

Sifat kimia suatu bahan mencakup kelarutan bahan tersebut pada larutan basa atau garam, dan pengoksidaan bahan tersebut. Hampir semua sifat kimia erat hubungannya dengan kerusakan secara kimia. Kerusakan tersebut berupa korosi dan ketahanan bahan serangan korosi (Djapri.1986)

2.3 Baja AISI 1030

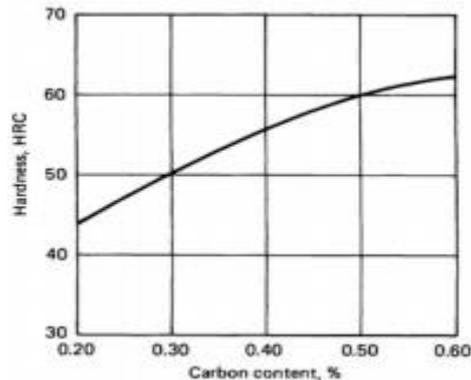
Baja AISI 1030 adalah baja karbon menengah yang memiliki komposisi kimia yang tertera pada table 2.1 dibawah ini

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1030(ASTM A29)

KODE	C%	Si%	Mn%	Mo%	P%	S%
AISI	0,27	0,1	0,060	0,025	0,004	0,005
1030	0,34	0,3	0,90	-	Max	max

Baja karbon menengah mampu untuk dilakukan *heat treatment* dengan austenisasi, *quenching* yang kemudian diikuti dengan *tempering* untuk meningkatkan sifat mekanik nya. Baja karbon menengah ini memiliki kemampukerasan/*hardenability* yang rendah, karena itu untuk mendapatkan hasil *heat treatment* yang baik, maka benda atau komponen harus cukup tipis dan diikuti dengan proses pendinginan cepat. Aplikasi baja ini banyak digunakan sebagai gear, crankshaft, chain link dan komponen lainnya yang membutuhkan kombinasi antara kekuatan tinggi ketangguhan dan ketahanan aus yang baik (Pramudya 2010)

Kekerasan AISI 1030 dapat ditingkatkan dengan metode *hardening* dengan temperatur austenisasi 845°C-870°C dimana kekerasan maksimum yang bisa didapatkan dengan metode *hardening* pada temperatur ruang dilihat dari kadar karbonnya pada gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2. 1 Grafik hubungan kadar karbon dengan kekerasan maksimum hardening pada baja karbon (ASM vol.4)

2.4 Heat treatment

Proses perlakuan panas adalah metode dimana logam dipanaskan dan didinginkan dalam serangkaian operasi spesifik yang tidak pernah memungkinkan logam untuk mencapai kondisi cair. Tujuan dari perawatan panas adalah untuk membuat logam lebih bermanfaat dengan mengubah atau memulihkan sifat mekanik nya. Melalui perlakuan panas, kita bisa membuat logam lebih keras, lebih kuat, dan lebih tahan terhadap impact. Juga, perlakuan panas dapat membuat logam lebih lembut dan lebih ulet. Satu kelemahannya adalah tidak ada perlakuan panas yang prosedurnya dapat menghasilkan semua karakteristik ini di satu operasi. Beberapa properti ditingkatkan dibiayai bagi yang lain; misalnya, pengerasan logam mungkin membuatnya rapuh.

Agar berhasil memanaskan logam, harus memiliki peralatan yang tepat dengan dekat kontrol atas semua faktor yang relevan dengan pemanasan dan pendinginan. Misalnya, tungku harus ukuran dan jenis yang tepat dengan suhu dikontrol dan disimpan di dalam batas yang ditentukan untuk setiap operasi, dan harus memiliki pendinginan yang sesuai media untuk mendinginkan logam pada tingkat yang benar. Atmosfer tungku itu sendiri mempengaruhi kondisi logam yang dipanaskan. Atmosfer ini terdiri dari gas-

gas di ruang pemanas tungku yang bersirkulasi dan mengelilingi logam yang sedang dipanaskan.

Dalam tungku listrik, atmosfer adalah udara atau campuran gas yang dikendalikan. Dalam tungku berbahan bakar, atmosfer merupakan campuran gas dan udara. Udara berpadu dengan gas yang dilepaskan oleh pembakaran bahan bakar menghasilkan berbagai proporsi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrogen (H), nitrogen (N), oksigen (O), air uap (H₂O), dan berbagai hidrokarbon lainnya (n n C H₂). Ketika Anda memvariasikan proporsi udara dan bahan bakar dalam tungku berbahan bakar, dapat diberikan tiga atmosfer berbeda pengoksidasi, reduksi, dan netral (Steelworker. Vol 1.1996).

Perlakuan panas dilakukan dalam tiga tahap utama:

- Tahap 1 Memanaskan logam secara perlahan untuk memastikan suhu yang seragam.

Tujuan utama dalam tahap pemanasan adalah untuk mempertahankan suhu yang seragam. Jika pemanasan yang tidak merata terjadi, satu bagian dari suatu bagian dapat mengembang lebih cepat dari yang lain dan menghasilkan distorsi atau retak. Suhu seragam dicapai dengan pemanasan lambat. Tingkat pemanasan suatu bagian tergantung pada beberapa faktor. Salah satu faktor penting adalah konduktivitas panas logam. Logam dengan konduktivitas panas tinggi memanaskan pada laju yang lebih cepat daripada logam dengan konduktivitas rendah. Juga, kondisi logam menentukan laju pemanasannya. Laju pemanasan untuk perkakas dan bagian yang diperkeras harus lebih lambat daripada logam tanpa tekanan atau tanpa perlakuan. Akhirnya, ukuran dan angka penampang menjadi laju pemanasan. Bagian dengan penampang besar membutuhkan laju pemanasan yang lebih lambat untuk memungkinkan suhu interior tetap dekat dengan suhu permukaan yang mencegah melengkung atau retak. Bagian dengan penampang yang tidak rata

mengalami pemanasan yang tidak merata; Namun, bagian-bagian tersebut kurang mudah retak atau melengkung berlebihan ketika laju pemanasan dijaga tetap lambat.

- Tahap 2 Merendam (menahan) logam pada suhu tertentu untuk waktu tertentu dan mendinginkan logam pada suhu kamar

Setelah logam dipanaskan sampai suhu yang tepat, itu ditahan pada suhu yang diinginkan sampai perubahan struktural bagian dalam terjadi. Proses ini disebut *soaking*. Lamanya waktu diadakan di temperatur yang tepat disebut *soaking periode*. *soaking periode* tergantung pada analisis kimia logam dan massa bagian. Ketika bagian baja tidak rata pada penampang, periode perendaman ditentukan oleh bagian terbesar.

- Tahap 3 Mendinginkan logam hingga mencapai suhu kamar

Setelah logam ditahan pada suhu tertentu, itu harus dikembalikan ke suhu kamar untuk menyelesaikan proses perlakuan panas. Untuk mendinginkan logam, Anda dapat menempatkannya di kontak langsung dengan medium pendingin terdiri dari gas, cairan, padat, atau kombinasi dari ini. Tingkat di mana logam didinginkan tergantung pada logam dan sifat-sifatnya yang diinginkan. Laju pendinginan tergantung pada medium nya oleh karena itu pilihan media pendingin memiliki pengaruh yang penting pada sifat-sifat yang diinginkan. *quenching* adalah prosedur yang digunakan untuk mendinginkan logam cepat dalam minyak, air, air garam, atau media lainnya. Karena kebanyakan logam didinginkan dengan cepat selama pengerasan proses, pendinginan biasanya dikaitkan dengan pengerasan Namun, pendinginan tidak selalu menghasilkan dalam peningkatan kekerasan misalnya, untuk tembaga anda biasanya memadamkannya dalam air. Logam lainnya, seperti sebagai baja yang dikeraskan dengan udara, didinginkan pada laju yang relatif lambat untuk pengerasan. Beberapa logam mudah retak atau melengkung saat pendinginan, dan yang lain tidak menderita efek buruk.

Oleh karena itu, pendinginan media harus dipilih agar sesuai dengan logam. (Steelworker. Vol 1.1996)

Suhu rekristalisasi logam menentukan batas antara pengerjaan panas dan dingin. Pengerjaan panas logam dilakukan di atas suhu rekristalisasi atau di atas daerah pengerasan kerja. Pengerjaan dingin dilakukan di bawah suhu rekristalisasi dan kadang-kadang berlangsung pada suhu ruang. Suhu rekristalisasi baja berkisar antara 500°C dan 700°C. Tidak ada gejala pengerasan kerja di atas suhu rekristalisasi. Pengerasan kerja baru mulai terjadi ketika limit bawah daerah rekristalisasi dicapai. Selama operasi pengerjaan panas, logam berada dalam keadaan plastik dan muda dibentuk oleh tekanan. Pengerjaan panas mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

1. Porositas dalam logam dapat dikurangi. Batangan [ingot] setelah dicor umumnya mengandung banyak lubang-lubang tersebut tertekan dan dapat hilang oleh karena pengaruh tekanan kerja yang tinggi
2. Ketidakmurnian dalam bentuk inklusi terpecah-pecah dan tersebar dalam logam.
3. Butir yang kasar dan butir berbentuk kolom diperhalus. Hal ini berlangsung di daerah rekristalisasi.
4. Sifat-sifat fisik meningkat, disebabkan oleh karena penghalusan butir.
5. Keuletan dalam logam meningkat.
6. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk baja dalam keadaan panas jauh lebih rendah dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan untuk pengerjaan dingin.

Segi negatif proses pengerjaan panas tidak dapat diabaikan. Pada suhu yang tinggi terjadi oksidasi dan pembentukan kerak pada permukaan logam sehingga penyelesaian permukaan tidak bagus. Alat peralatan pengerjaan

panas dan biaya pemeliharaannya tinggi, namun prosesnya masih jauh lebih ekonomis dibandingkan dengan pengerjaan logam pada suhu rendah

Pada dasarnya untuk benda-benda dari baja proses pemanasan akan membawa akibat perubahan struktur, seperti diketahui baja adalah besi yang mengandung 0,2%–1,8% C. pada suhu dibawah 723°C baja hyper eutectoid (baja dengan kadar carbon sampai 0,8%) terdiri dari ferrite dan perlit. Bila baja ini dipanaskan, maka pada daerah transisi struktur perlit berubah menjadi austenite, sehingga susunan di daerah itu adalah ferrite dan austenite. Baja hyper eutectoid, ialah baja dengan kadar carbon 0,8% di bawah suhu 723°C terdiri dari perlit dan cementite sekunder. Pada pemanasan, perlit dari baja ini akan berubah pula menjadi austenite hingga susunannya di daerah SKE adalah austenite dan cementite sekunder. Hal ini berarti bahwa bila baja dipanaskan terus susunan strukturnya diatas garis GSE akan berubah menjadi austenite seluruhnya. Struktur austenitis ini mempunyai sifat paramagnetic dan lunak. Kekerasannya berada antara 170-200 hb. Struktur austenite yang mempunyai titik dan pencatatan temperatur yang berbeda-beda sesuai dengan kadar karbonnya memberikan pedoman pengertian pemanasan untuk berbagai macam baja karbon.

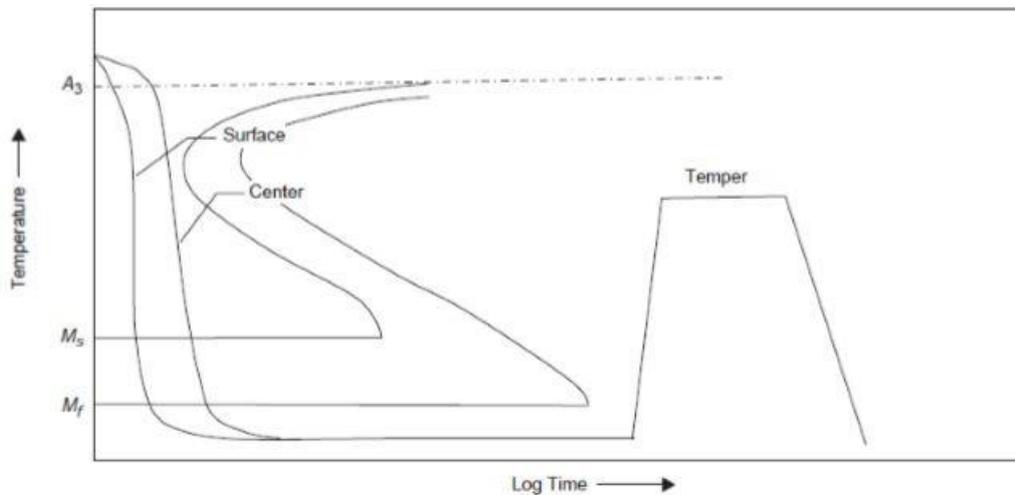
Bila baja tersebut dipanaskan terus, akan sampai pada garis AE yang menunjukkan batas temperatur dimana baja itu mulai mencair (melebur). Garis AC menunjukkan batas temperatur dimana baja tersebut akan mencair seluruhnya. Baja terdiri dari carbon 0,3% dengan garis vertikal (A, B, C, D, E), dipanaskan dari 200°C sampai 720°C (A – B) terdiri dari daerah ferrite dan perlit. dari garis temperatur 720°C (B) ke atas sampai perlit berubah menjadi austenite sedangkan ferrite masih terdapat. Pemanasan dari $\pm 840^{\circ}\text{C}$ (titik C ke titik D), ferrit akan dapat melarutkan diri hingga seluruhnya akan menjadi austenite, sebab titik 840°C merupakan batas terakhir ferrite masih dapat memisahkan diri. Pada temperatur 1470°C baja akan menjadi cair (lebur) dan pada titik C dengan temperatur 1515°C proses melebur akan selesai sehingga baja tersebut akan mencair seluruhnya (Ardian.,2010).

2.4.1 Hardening

Proses perlakuan panas *hardening* dilakukan dengan memanaskan baja hingga mencapai temperatur austenitisasi, ditahan beberapa waktu tertentu pada temperatur tersebut, lalu didinginkan dengan cepat (*quenching*), sehingga diperoleh martensit. Pada suatu benda kerja yang dikeraskan maka kekerasan yang terjadi akan tergantung pada seberapa banyak martensit yang terbentuk dan kekerasan martensit itu sendiri. Banyaknya martensit yang akan terjadi tergantung pada seberapa banyak austenit yang terjadi pada saat pemanasan dan seberapa cepat pendinginannya sedangkan kekerasan martensit tergantung pada kadar karbon dalam baja yang terlarut dalam austenit. Pada saat baja didinginkan secara cepat dari temperatur austenitisasi (*quench*), karbon tidak memiliki waktu untuk berdifusi dari struktur mikro austenit ketika struktur ini bertransformasi menjadi BCT (*Body Centered Tetragonal*), struktur ini disebut martensit. Saat kondisi perlakuan panas sebenarnya, transformasi umumnya tidak terjadi saat kondisi isothermal tetapi terjadi saat kondisi pendinginan yang terus menerus (*Continuous Cooling*).

2.4.2 Tempering

Baja dikeraskan dengan austenitisasi, pendinginan cepat (*quenching*), dan kemudian *tempering* untuk mencapai kekerasan akhir. Baja memiliki komposisi yang berbeda-beda maka dari itu penting untuk memahami ketebalan maksimum yang dapat dikeraskan pada suatu media pendingin yang spesifik, misalnya air atau media oli, dan memperkirakan variasi kekuatan akhir dan keuletan yang dapat diperoleh pada temperatur *tempering* yang berbeda-beda. Prosedur untuk *quenching* dan *tempering* seperti pada Gambar 2.2. *Tempering* tidak digunakan untuk mengeraskan baja. *Tempering* dilakukan untuk mengembalikan keuletan yang hilang saat dikeraskan dan biasanya penghalusan (*softening*) diperoleh dengan *tempering*.



Gambar 2. 2 Perlakuan Panas Hardening-Tempering pada baja

Sumber: (Campbell, 2008)

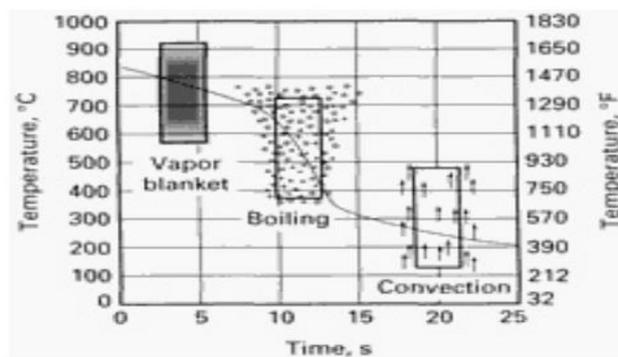
Kandungan karbon sangat penting terhadap kemampuan suatu baja untuk dikeraskan. Keuletan berkurang dengan meningkatnya kandungan karbon, kandungan karbon pada umumnya dijaga sekitar 0,45% pada baja teknik. Penambahan unsur paduan akan menggeser hidung diagram TTT ke kanan, sehingga mempermudah benda kerja yang tebal untuk dikeraskan. Unsur paduan tidak meningkatkan kekerasan martensit secara signifikan, tetapi hardenability, kedalaman dari permukaan struktur mikro martensit dapat dihasilkan pada baja (Campbell 2008).

2.4.3 Cooling

Proses *quenching* merupakan proses mendinginkan pada laju pendinginan tertentu untuk membentuk martensit. Distorsi struktur BCT menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi pada baja yang di-*quench*. Beberapa baja di-*quench* dengan air atau oli untuk menghasilkan laju pendinginan yang cukup. Pendinginan dengan air menghasilkan laju pendinginan tercepat juga menghasilkan tegangan sisa yang paling tinggi sehingga dapat menghasilkan distorsi dan retak. Terdapat tiga tahapan hilangnya panas selama *quenching* pada media

liquid, seperti pada Gambar 2.3, yaitu *vapor blanket*, *nucleate boiling* dan *liquid cooling*. Tahap *vapor blanket* memiliki karakteristik dengan uap air menyelimuti benda kerja. Hal ini terjadi karena suplai panas dari bagian dalam benda kerja yang menuju permukaan melebihi jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan *quenchant* dan menghasilkan fasa uap air. Laju pendinginan tertinggi terjadi pada tahap *nucleate boiling*. Selama periode ini uap air terlepas dan laju ekstraksi panas yang dihasilkan berhubungan dengan pendidihan inti (*nucleate boiling*) dari *quenchant* pada logam. Panas secara cepat dilepas dari permukaan akibat kontak cairan pendingin pada logam dan kemudian menguap. Tahap *liquid cooling* dimulai ketika temperatur permukaan logam berkurang sampai dibawah titik didih cairan *quenching*. Dibawah temperatur ini, pendinginan terjadi dengan mekanisme konduksi dan konveksi pada *quenching*.

Pemilihan media *quench* yang tepat tergantung pada kemampukerasan /*hardenability* material, ketebalan dan geometri komponen, serta kecepatan pendinginan untuk mendapatkan struktur mikro yang diinginkan. Media *quench* yang biasa digunakan antara lain: air, oli, lelehan garam, lelehan logam, larutan polimer .(Pramudya, 2010)



Gambar 2. 3 Tiga tahapan pada quenching Sumber: (Campbell, 2008)

Selama proses *quenching*, bentuk maupun ketebalan juga akan mempengaruhi kecepatan pendinginan dari komponen. Hal ini terjadi karena energi panas di dalam komponen akan terlebih dahulu mengalir

ke permukaan komponen sebelum nantinya dibuang ke media *quench*. Inilah yang menyebabkan kecepatan pendinginan antara di dalam dan di permukaan komponen berbeda tergantung dari ketebalan dan geometri bentuknya. Penggunaan media *quench* yang tepat juga ikut berpengaruh pada kecepatan pendinginan. Semakin tinggi kecepatan pendinginan maka semakin dalam juga efek dari pengerasan/pembentukan martensit.

2.4.4 Dromus Oil

Dromus oil adalah minyak mineral hasil penyulingan dan aditif, komposisi dan sifat kimianya ada pada tabel 2.2 Dalam pengerjaan permesinan dromus oil berperan melindungi logam dari karat. Dromus oil mempunyai kelarutan tingkat tinggi terhadap air sehingga dapat diemulsikan dengan rasio air: dromus oil biasanya 20:1 sampai 40:1 dengan demikian memungkinkan dimanfaatkan sebagai pendinginan pada pengerasan baja (Zainuddin,2013).

Tabel 2. 2 Komposisi dan sifat kimia dromus oil

Sumber: Wahyu Candra .2014

Komposisi		Sifat kimia
Nama	kadar	
Sodium sulphonate	1 – 4,9%	Titik didih awal > 100°C
Polyolefin ether	1 – 3%	Titik didih dadakan > 100°C
Alkyl amide	1 – 3%	Berat jenis 930 kg/m ³ at 15°C
Long chain alkenyl amide borate	1 – 2,4%	Kecepatan mengalir 400 mm ³ /sec

2.4.5 Radiator coolant

Radiator coolant merupakan cairan radiator pada motor bakar yang berfungsi untuk menaikkan titik didih air radiator mesin dan menjaga suhu kerja mesin supaya tetap ideal serta menghindari mesin dari overheating dan karat. Radiator coolant mengandung ethylene glycol

30-60% dan additive yang berguna menaikkan titik didih dan mencegah terjadinya korosi sehingga diharapkan dapat memberikan laju pendinginan yang cepat dibanding air dan menghambat laju korosi yang terjadi pada logam tersebut.

2.4.6 Oil SAE 20W-50

Oli SAE 20W-50 yang berarti oli mampu mengubah kekentalan sesuai temperatur, yakni 20W (winter) pada suhu dingin dan pada temperatur tinggi kekentalannya berubah menjadi SAE 50. Oli jenis ini masih dapat mengalir walaupun temperature drop hingga -20°C dan saat suhu naik mencapai 100°C oli jenis ini masih mampu mempertahankan kekentalannya.

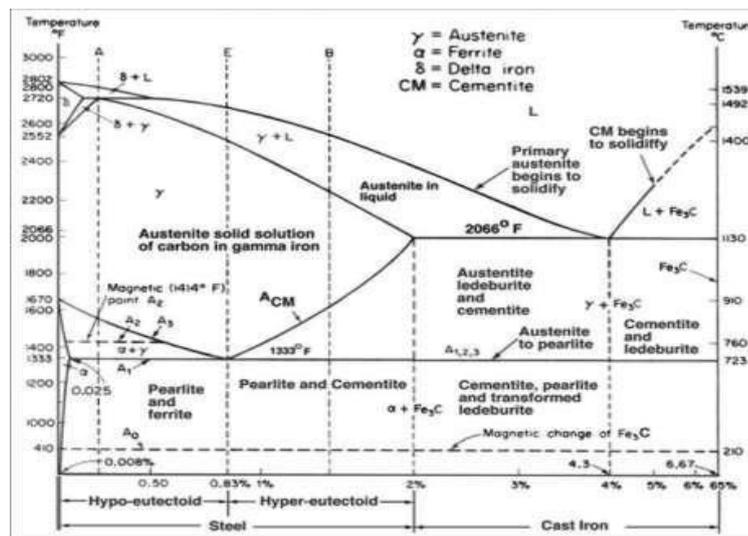
Penggunaan pelumas sebagai media pendingin dalam proses perlakuan akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan spesimen yang akan mempengaruhi sifat mekanis spesimen. Tingkat lapisan ini tergantung pada laju shear, yaitu kecepatan tiap tebal film pelumas. Kerusakan pada zat aditif pelumas karena peningkatan temperature dapat menyebabkan terjadinya penurunan ketebalan lapisan karbon saat pelumas digunakan sebagai media pendingin (Suryanto, 1989). Penggunaan pelumas mesran SAE 20W- 50 pada sebagian besar kendaraan bermotor mendorong penelitian untuk menggunakan sebagai media pendingin pada quenching.

2.5 Diagram Fasa Fe-C

Fasa didefinisikan sebagai bagian dari bahan yang memiliki struktur atau komposisi tersendiri. Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya. Konsep dasar dari diagram fasa adalah mempelajari bagaimana hubungan antara besi dan paduannya dalam keadaan setimbang.

Hubungan ini dinyatakan dalam suhu dan komposisi, setiap perubahan komposisi dan perubahan suhu akan mempengaruhi struktur mikro.

Pada diagram fasa Fe-C yang ditampilkan muncul larutan padat (α , γ) atau disebut besi *delta* (δ), *austenit* (γ) dan *ferit* (α). *Ferit* mempunyai struktur kristal BCC (*Body Centered Cubic*) dan *austenit* mempunyai struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) sedangkan besi *delta* (δ) mempunyai struktur kristal FCC pada suhu tinggi. Apabila kandungan karbon melebihi batas daya larut, maka akan membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi atau *sementit*. Karbida besi mempunyai komposisi kimia Fe₃C yang sifatnya keras dan getas. Peningkatan kadar karbon pada baja karbon akan meningkatkan sifat mekanik baja tersebut, terutama kekerasan karena sifat yang dimiliki oleh endapan sementit yang keras. Pada gambar di bawah ini merupakan gambar diagram fasa Fe₃C.



Gambar 2. 4 Diagram Fasa Fe₃C Sumber: (ASMHandbook Vol.4:4, 1991)

Pada gambar 2.4 menunjukkan bahwa pada temperatur sekitar 727°C terjadi temperatur transformasi *austenit* menjadi fasa *perlit* (gabungan fasa *ferit* dan *sementit*). Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi *eutektoid* dan merupakan dasar proses perlakuan panas pada baja. Kemudian pada temperatur antara 912°C dan 1394°C merupakan daerah besi *gamma* (γ) atau disebut *austenit*. Pada kondisi tersebut biasanya austenit bersifat stabil, lunak,

ulet, mudah dibentuk dan memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*). Besi gamma tersebut dapat melarutkan karbon dalam jumlah besar yaitu sekitar 2,11% maksimum pada temperatur sekitar 1148°C. Besi BCC dapat melarutkan karbon dalam jumlah yang sangat rendah, yaitu sekitar 0,77% maksimum pada temperatur 727°C

Beberapa istilah dalam diagram kesetimbangan Fe-C dan fasa-fasa yang terdapat di dalam diagram diatas akan dijelaskan dibawah ini. Berikut ini adalah batas-batas temperatur kritis pada diagram Fe-C yang ditampilkan pada Gambar(AnonimC, 2015).

1. A1 adalah reaksi *eutektoid* yaitu perubahan fasa γ menjadi $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ (perlit) untuk baja *hypoeutectoid*.
2. A2 adalah titik *Currie* (pada temperatur 769°C), dimana sifat magnetik besi berubah dari *feromagnetik* menjadi *paramagnetic*.
3. A3 adalah temperatur *transformasi* dari fasa γ menjadi α (*ferit*) yang ditandai pula dengan naiknya batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya temperatur.
4. Acmn adalah temperatur *transformasi* dari fasa γ menjadi Fe_3C (*sementit*) yang ditandai pula dengan penurunan batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya temperatur.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan di dalam diagram fasa Fe-C yaitu perubahan fasa *ferit* atau besi *alfa* (α), austenit atau besi *gamma* (γ), *sementit* atau karbida besi, *perlit* dan *martensit*.

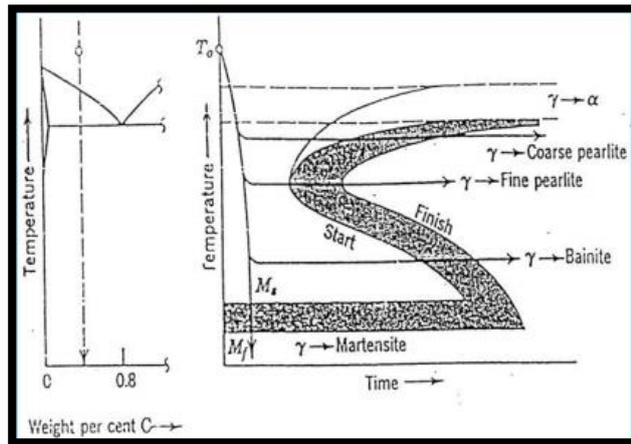
2.6 Diagram TTT/CCT

Diagram TTT adalah suatu diagram yang menghubungkan transformasi austenite terhadap waktu dan temperatur. Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh struktur baja yang diinginkan agar cocok dengan penggunaan yang direncanakan. Struktur yang diperoleh merupakan hasil dari proses transformasi dari kondisi awal. Proses transformasi ini dapat

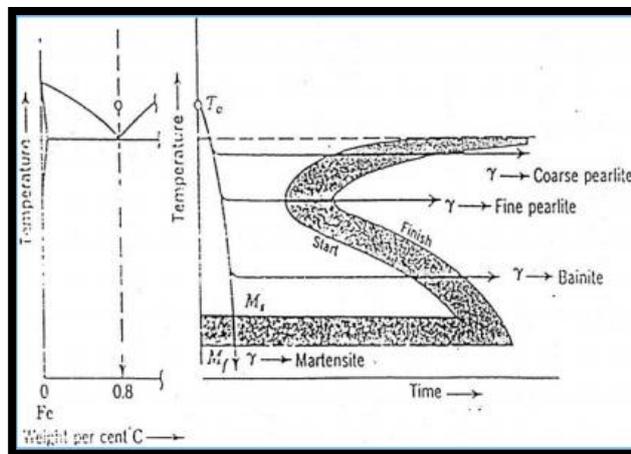
dibaca dengan menggunakan diagram fasa namun untuk kondisi tidak seimbang diagram fasa tidak dapat digunakan, untuk kondisi seperti ini maka digunakan diagram TTT. Melalui diagram ini dapat dipelajari kelakuan baja pada setiap tahap perlakuan panas. Diagram ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan struktur dan sifat mekanik dari baja yang *diquenching* dari temperatur austenisasinya ke suatu temperatur di bawah A1 (aldianto firman 2012).

Diagram ini menunjukkan dekomposisi austenite dan berlaku untuk berbagai macam baja tertentu. Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja. Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0,83% yang ditahan suhunya pada titik tertentu, akan menghasilkan struktur perlite dan ferrite. Bila ditahan suhunya pada titik tertentu tapi masih disisih sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur mikro bainite. Bila ditahan suhunya pada titik tertentu dibawa garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur martensite. Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lamanya akan timbul butiran yang lebih besar, semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil (aldianto firman 2012).

Diagram TTT dipengaruhi oleh kadar karbon dalam baja, makin besar kadar karbonnya maka diagram nya akan semakin bergeser ke kanan, demikian pula dengan unsur paduan lainnya. Untuk menentukan laju reaksi perubahan fasa yang terjadi dapat diperoleh dari diagram TTT (*Time Temperature Transformation*). Diagram TTT untuk baja karbon dengan kadar karbon kurang dari 0,8% ditunjukkan dalam gambar 2.5 sedangkan diagram TTT untuk baja karbon sama dengan 0,8% diberikan dalam gambar 2.6



Gambar 2.5 Diagram TTT untuk baja dengan karbon < 0,8% (Eko Nugroho dkk 2019)

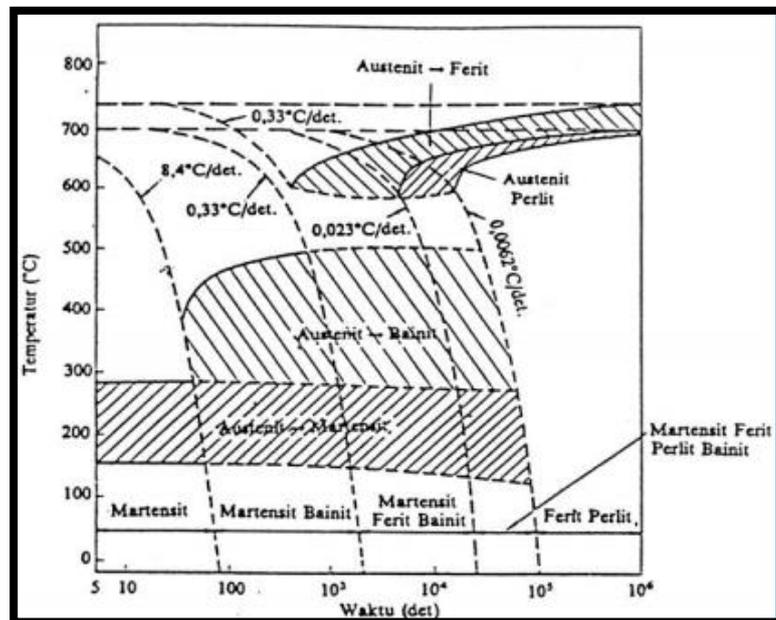


Gambar 2.6 Diagram TTT untuk baja dengan karbon < 0,8% (Eko Nugroho dkk 2019)

Dari diagram TTT menunjukkan bentuk hidung (*nose*) sebagai batasan waktu minimum dimana sebelum waktu tersebut bertransformasi austenite ke perlite tidak akan terjadi. Posisi hidung dari diagram TTT data bergeser menurut kadar karbon, posisi hidung bergeser makin ke kanan yang berarti baja karbon itu makin mudah untuk membentuk martensite atau makin mudah untuk dikeraskan. Sedangkan M_s merupakan temperatur awal mulai terbentuknya fasa martensite dan M_f merupakan temperatur akhir dimana martensite terbentuk.

Untuk mendapatkan hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk biasanya dilakukan dengan menggabungkan diagram kecepatan pendinginan kedalam diagram TTT yang dikenal dengan diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) seperti yang terlihat dalam gambar 2.7

Pada contoh gambar diagram CCT menjelaskan bahwa bila kecepatan pendinginan naik berarti waktu pendinginan dari temperatur austenite turun, struktur akhir yang terjadi berubah dari campuran ferrite-perlite ke campuran ferrite-perlit-bainite-martensite, ferrite-bainite-martensite, kemudian bainite-martensite dan akhirnya pada kecepatan yang tinggi sekali struktur yang terjadi adalah martensite (Eko Nugroho dkk 2019).



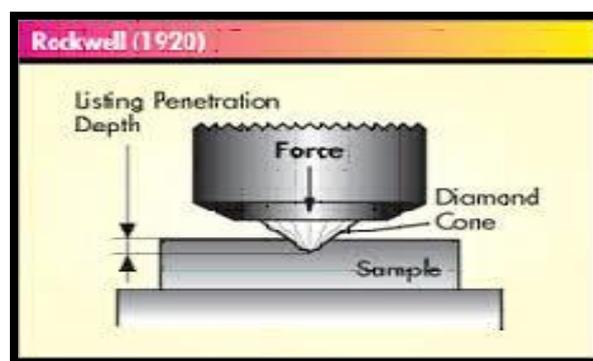
Gambar 2. 7 diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) (Eko Nugroho dkk 2019)

2.7 Uji Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen (Dieter, 1987). Untuk para insinyur perancang,

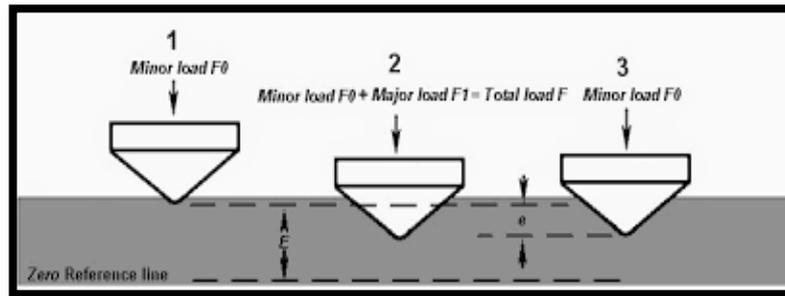
kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam. Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: (1) Kekerasan goresan (*scratch hardness*); (2) Kekerasan lekukan (*indentation hardness*); (3) Kekerasan pantulan (*rebound*). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan *Brinell*, *Vickers*, *Rockwell*.

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indenter berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* dijelaskan pada gambar, yaitu:



Gambar 2. 8 Pengujian Rockwell Sumber: (Kumayasari, 2017)

Langkah 1 benda uji ditekan oleh indenter dengan beban minor (*Minor Load* F_0). Langkah 2, ditekan dengan beban mayor (*major Load* F_1).Langkah 3 beban mayor diambil sehingga yang tersisa adalah *minor load* dimana pada kondisi 3 ini indenter ditahan seperti kondisi pada saat total *load* F yang terlihat pada Gambar 2.9

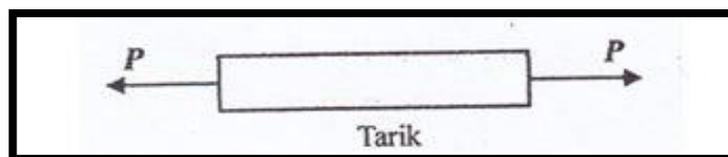


Gambar 2. 9 Prinsip kerja metode pengukuran kekerasan Rockwell
 Sumber: (Kumayasari, 2017)

2.8 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).

Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Bahan uji adalah bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain diikat.



Gambar 2. 10 Pembebanan Tarik

Penarikan gaya terhadap bahan akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Kemungkinan ini akan

diketahui melalui proses pengujian tarik. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Penyusunan butiran kristal logam yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya elektromagnetik, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut.

Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik adalah grafik tegangan regangan, parameter kekuatan dan keliatan material pengujian dalam proses perpanjangan, kontraksi atau reduksi penampang patah, dan bentuk permukaan patahan nya. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula-mula benda uji (George E. Dieter, 1993):

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

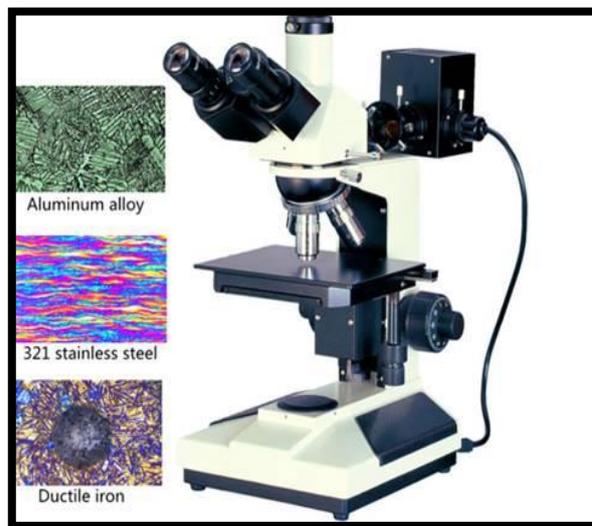
Dimana: σ = Tegangan nominal (kg/mm^2)
 P = Gaya tarik aksial (kg)
 A_0 = Luas penampang normal (mm^2)

2.9 Uji Struktur Mikro

Analisa mikro adalah suatu analisis mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus *metallography*. Dengan analisis mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat teknologi sangat dipengaruhi dari mikro struktur logam dan paduannya. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji. Pengamatan *metallography* dengan mikroskop optik dapat dibagi dua, yaitu *metallography* makro yaitu pengamatan struktur dengan

perbesaran 10-100 kali dan *metallography* mikro yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran diatas 100 kali.

Pengamatan struktur mikro terhadap material yang akan dilakukan uji mekanis dengan menggunakan alat seperti pada gambar 2.11 dapat dijadikan sebagai data pendukung bahwa material secara mikro memang telah sesuai dengan spesifikasi yang tertera dalam sertifikat manufaktur (*mill certificate*) atau dengan kata lain sebagai proses identifikasi material. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.11. bahwa hasil pengamatan logam uji oleh mikroskop adalah berbeda-beda untuk paduan aluminium, baja dan besi tuang nodular. Masing-masing jenis material ini memiliki sifat mekanis yang juga berbeda-beda.



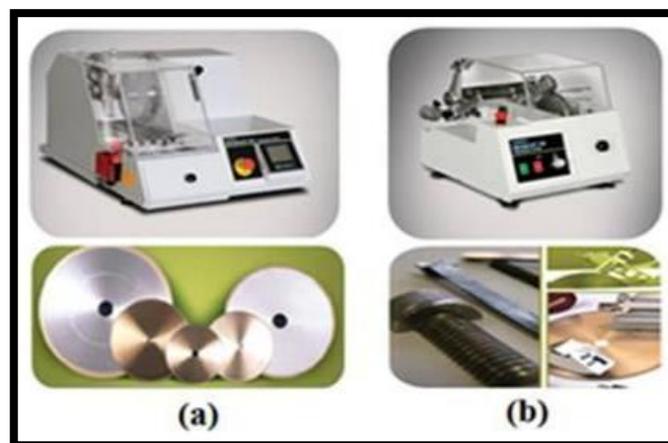
Gambar 2. 11 Pengujian mikro struktur Sumber: (Djodi, 2012)

Tahapan proses metalografi dapat dilihat pada Gambar 2.12, proses pemotongan benda uji harus mempertimbangkan kekerasan dan lunaknya bahan material tersebut, agar material uji tidak mengalami deformasi dan perubahan struktur yang akan berakibat terhadap keakuratan dan kejelasan objek hasil pencitraan lensa mikroskop. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk memilih tipe piringan (*disc*) pemotong yang benar, ketebalan piringan pemotong, bahan material dari piringan pemotong, bahan pendingin, tekanan,

dan kecepatan pemotongan. Alat potong metkon yang tersedia antara lain, seperti mesin potong presisi yang diperlihatkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 12 Tahapan proses metalografi Sumber : (Djodi, 2012)



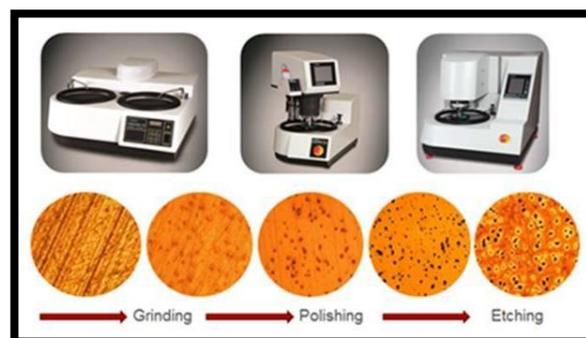
Gambar 2. 13 Mesin pemotong sampel presisi metkon a) piringan diamond b) piringan CNB (cubic boron nitride) Sumber: (Djodi, 2012)

Sampel yang telah dipotong dengan dimensi yang akurat dan presisi kemudian dilakukan proses mounting, agar mudah diletakkan di meja pengamatan lensa mikroskop. Proses mounting yang disediakan oleh metkon dapat dilakukan pada temperatur tinggi (*hot mounting*) dan rendah (*cold mounting*). Gambar 2.14 memperlihatkan mesin *mounting* metkon dan hasil sampel yang telah selesai di *mounting*.



Gambar 2. 14 Mesin mounting metkon dan hasil mounting Sumber: (Djodi, 2012)

Hasil *mounting* sampel, selanjutnya dilakukan proses penghalusan gerinda dan pemolesan dengan menggunakan mesin gerinda dan poles seperti yang terlihat pada gambar 2.15. Tujuan dari proses gerinda dan poles, agar permukaan sampel menjadi halus secara merata dan ketika diberi etsa sesuai dengan jenis material nya dapat menghasilkan gambar yang jelas saat diamati menggunakan lensa mikroskop.



Gambar 2. 15 Mesin gerinda dan poles metkon dan permukaan sampel Sumber: (Djodi, 2012)

Penggunaan alat-alat potong, *mounting*, gerinda dan poles produksi metkon tersebut akan menghasilkan kualitas sampel yang baik dengan proses pengerjaan yang cepat sehingga secara mengurangi biaya produksi yang tinggi karena waktu tunggu (*idle time*) dapat diminimalisir. Pengamatan material yang telah dihaluskan dan diberi etsa pada permukaannya yang menggunakan mikroskop. Lalu struktur mikro yang terlihat dari alat pembesar kemudian direkam.