

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perlakuan Panas (*heat treatment*)

Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan cara memanaskan spesimen pada *furnace* (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping komposisi kimianya, contoh suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya. Perlakuan panas merupakan proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu [9].

Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan sehingga penentuan bahan logam yang tepat merupakan kesepakatan antara berbagai sifat, lingkungan dan cara penggunaan hingga sampai dimana sifat bahan logam tersebut dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Sifat –sifat bahan logam perlu dikenal secara baik karena bahan logam tersebut dipakai pada berbagai kepentingan dan dalam keadaan sesuai dengan fungsinya. Tetapi terkadang sifat-sifat bahan logam ternyata kurang

memenuhi persyaratan sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Sehingga diperlukan suatu usaha untuk dapat meningkatkan atau memperbaiki sifat-sifat logam, sifat-sifat logam tersebut dapat ditingkatkan dengan salah satunya adalah perlakuan panas [9].

Perlakuan panas teknik untuk mengubah sifat logam dengan memanaskan dan mengendalikan laju pendinginan, dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia logam. Perlakuan panas dan pembesaran butir adalah dua metode untuk menghilangkan tegangan internal [10].

2.2 Tempering

Tempering adalah pemanasan kembali sampai temperatur kritis, hal ini dimaksudkan agar dapat mengurangi tegangan dalam, keuletan serta ketangguhannya naik kembali. Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh, melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan dan kekuatan tarik akan mengalami penurunan tetapi keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Secara umum baja dilakukan proses *tempering* setelah proses *hardening*, supaya mendapat sifat mekanik yang diinginkan, selain itu juga digunakan untuk mengurangi tegangan hasil proses pendinginan *quenching* [11].

Pada proses perlakuan tempering benda dipanaskan dibawah suhu kritis, kemudian di dinginan di udara. Suhu tempering tergantung pada sifat-sifat baja yang diperlukan sekitar 180 °C- 650 °C dan lama pemanasan tergantung pada tebal bahan. Pada suhu 200 °C sampai 300 °C laju difusi lambat hanya sebagian kecil.

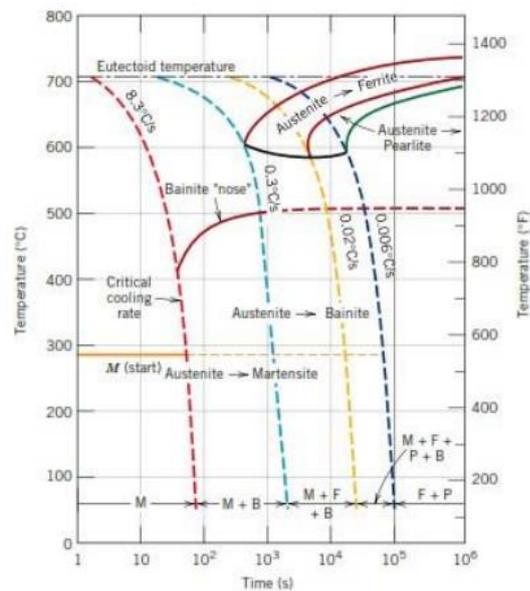
Karbon dibebaskan hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhan, pada suhu 500 °C sampai 600 °C difusi berlangsung lebih cepat dan atom yang berdifusi diantara atom baja dapat membentuk sementit. Tujuannya *tempering* pada suhu 150 °C sampai 300 °C untuk mengurangi tegangan kerut pada baja dan kerapuhan, pada suhu 300 °C sampai 550 °C memiliki tujuan untuk menambah keuletan dan mengurangi sedikit kekerasan baja, suhu 550 °C sampai 650 °C bertujuan untuk memberikan keuletan yang lebih besar dan menurunkan kekerasannya [11].

2.3 Quenching

Quenching merupakan tahap yang paling kritis dalam proses perlakuan panas. *Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan pada *furnace* kedalam media pendingin. Dipilihnya air sebagai media pendingin pada proses *quenching* karena air merupakan media pendingin yang cocok untuk logam-logam yang memiliki tingkat kekerasan atau *hardenability* yang relatif rendah [11].

Sementara itu pendinginan cepat ini dilakukan setelah baja mengalami perlakuan panas dengan tujuan untuk mencapai pembentukan struktur martensit. Kemudian media pendingin seperti air merupakan cairan pendingin yang biasa digunakan dalam proses perlakuan panas, selain itu viskositas lebih rendah akan memberikan laju pendinginan kritis untuk mencapai kekerasan yang lebih tinggi. Hal ini dapat membantu dalam menentukan struktur yang terjadi setelah perlakuan panas, sementara itu dapat dilihat pada diagram *Continuous Cooling*

Transformation (CCT) yang dapat digunakan untuk memprediksi atau memperkirakan struktur yang akan terbentuk. Sehingga pada diagram ini menggambarkan hubungan antara laju pendinginan dan struktur yang akan terbentuk setelah transisi fasa [12]. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT) [12]

2.4 Temperatur Austenisasi

Selama proses pengerasan, suhu pemanasan harus dinaikkan hingga austenit (γ) melarutkan karbida sehingga menjadi larutan austenit yang dapat mengubah menjadi martensit. Hal ini diperoleh dari hasil pendinginan cepat austenit dan suhu yang dipertahankan selama beberapa waktu pada suhu austenisasi agar austenit menjadi homogen. Maka pada saat pengerasan suhu austenisasi yang disarankan

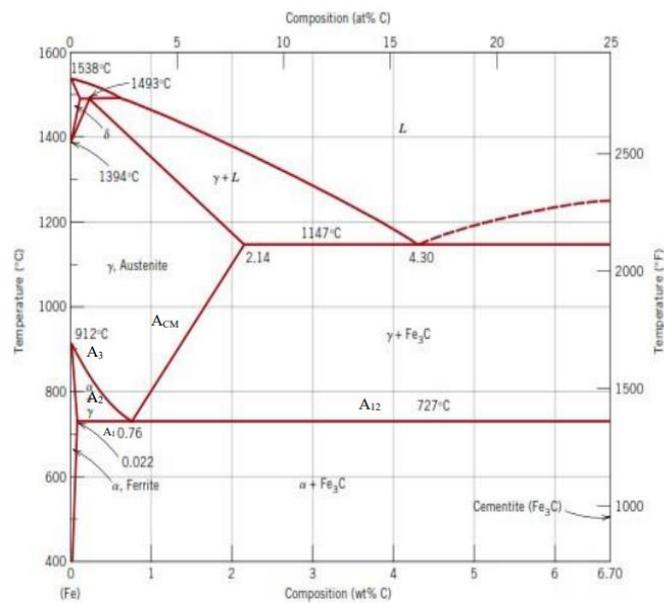
pada baja hiper eutektoid 300 °C-500 °C di atas suhu kritis A_1 dan untuk 200 °C-500 °C di atas kritis suhu A_3 pada baja hipo eutektoid [12].

Sementara itu penambahan unsur paduan akan mempengaruhi kenaikan dan penurunan pada suhu austenisasi. Sehingga penambahan unsur penstabil *austenite* seperti (C, Ni, Mn) akan menurunkan suhu pada A_1 , sedangkan penambahan unsur penstabil ferit seperti (Cr, Si, Mo, W, Al) dapat meningkatkan suhu eutektoid. Misalnya pada baja dengan paduan 3% Ni apabila dipanaskan mulai menjadi austenitik pada suhu di bawah 700°C. Sehingga baja dengan komposisi paduan Cr 12% memerlukan suhu austenisasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja tanpa komposisi paduan Cr [13].

2.5 Diagram Fe-Fe₃C

Pada Gambar 2.2 menunjukkan perlakuan panas pada besi dan baja menggunakan diagram kesetimbangan Fe-Fe₃C. Sementara itu fasa fasanya yaitu terdiri dari ferit (α), sementit (Fe₃C), austenit (γ), besi atau dari fasa-fasa dimana keberadaannya bergantung pada temperatur dan kandungan karbon. Maka dari diagram kesetimbangan Fe-Fe₃C dapat melihat masing-masing dari fasa yang muncul pada kesetimbangan dua fasa. Sehingga hal ini difokuskan pada daerah baja hipoeutektoid dimana daerah yang kandungan karbonnya kurang dari $\leq 0,08\%$. Selain itu larutan padat ferit merupakan larutan padat interstisial dengan kelarutan karbon yang sangat rendah 0,008% C pada temperatur kamar dan 0,025% C pada 723°C. Namun fasa ini lunak dan juga memiliki resistansi rendah [13].

Berdasarkan hal tersebut diagram keseimbangan besi karbon digunakan sebagai dasar bahan besi baja. Sehingga karbon pada besi dan baja memiliki kandungan 0,25% Si, 0,3-1% Mn dan juga terdapat unsur pengotor lainnya yaitu fosfor, sulfur dan lain lain. Hal ini karena unsur unsur tersebut tidak berpengaruh kepada diagram fasa, maka diagram dapat digunakan tanpa adanya unsur - unsur tersebut. Sehingga paduan besi karbon ini terdapat fasa karbida yaitu sementit dan grafit. Grafit lebih stabil daripada sementit [13]. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Diagram Fe-Fe₃C [7]

Pada diagram ini menunjukkan hubungan antara temperatur pemanasan lambat dengan temperatur pendinginan lambat dengan kandungan karbon dibatasi hingga 6,7%. Hal ini penting untuk dipahami dalam bidang metalurgi, karena dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui perubahan fasa apa saja dan faktor

apa saja yang terjadi pada baja dengan jenis perlakuan. Sehingga diagram fasa ini dapat digunakan dalam memilih temperatur pemanasan selama proses *annealing*, *normalizing*, dan *hardening*. Sehingga pada diagram ada beberapa simbol yaitu ferrit (α), besi delta (δ) dan *austenite* (γ) sebagai larutan padat [12].

Sementara itu ferrit memiliki struktur kristal yaitu BCC (*Body Centered Cubic*), besidelta (δ) memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), *austenite* (γ) memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*). Kemudian pada garis A_1 merupakan perubahan fase pada baja *hypoeutectoid* dari austenit (γ) menjadi perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) atau disebut dengan temperatur reaksi *eutectoid*. Lalu pada garis A_2 yaitu perubahan dari titik curie memiliki sifat magnetik besi dari *ferromagnetic* ke *paramagnetic*, kemudian garis A_3 yaitu perubahan dari fasa austenit (γ) menjadi ferrit (α). Lalu pada garis A_{CM} temperatur perubahan dari fasa austenit (γ) menjadi sementit, sedangkan pada garis A_{123} yaitu temperatur perubahan austenit (γ) menjadi perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) untuk baja *hypereutectoid* [12].

2.6 *Stainless Steel*

Stainless steel (baja tahan karat) yaitu jenis baja yang tahan terhadap pengaruh oksidasi. *Stainless steel* merupakan logam paduan dari beberapa unsur logam yang dipadukan dengan komposisi tertentu, dengan penambahan atau pengurangan unsur paduan yang terdapat didalamnya akan diperoleh kekuatan baja paduan tinggi. Sehingga dari perpaduan logam tersebut didapatkan logam baru dengan sifat atau karakteristik lebih unggul dari unsur logam sebelumnya. Dalam penggunaan *stainless steel* didunia semakin meningkat dikarenakan karakteristik

yang menguntungkan dan terdapat penambahan tuntutan dari karakteristik material untuk bangunan dan industri konstruksi dimana *stainless steel* dapat digunakan untuk material berpenampilan menarik (*attractive*), tahan korosi (*corrosion resistance*), rendah perawatan (*low maintenance*) dan berkekuatan tinggi (*high strength*) [14].

2.6.1 Jenis Jenis *Stainless Steel*

Meskipun semua baja tahan karat didasarkan pada kandungan kromium (Cr), unsur paduan lain ditambahkan untuk meningkatkan sifat baja tahan karat tergantung pada penerapannya. Baja tahan karat tidak seperti baja lainnya berdasarkan persentase karbonnya tetapi berdasarkan struktur metalurginya. Menurut sifat kimianya, baja tahan karat dibagi menjadi lima kelompok utama yaitu baja tahan karat austenitik, feritik, martensit, dupleks, dan pengerasan presipitasi [14].

1. Austenitic Stainless Steel

Baja tahan karat mengandung setidaknya 16% kromium dan 6% nikel (standar untuk 304), sampai pada *Grade Super Austenitic stainless steel* seperti 904L (dengan kandungan kromium dan nikel lebih tinggi serta tambahan elemen Mo hingga 6%). Molibdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Tembaga (Co) berfungsi meningkatkan suhu dan ketahanan korosi. *Austenitic* juga cocok untuk aplikasi suhu rendah karena unsur nikel membuat baja tahan karat tidak terlalu rapuh pada suhu rendah. Hal ini karena jenis ini merupakan yang paling mudah dibentuk dari semua jenis baja tahan karat [14].

2. *Ferritic Stainless Steel*

Golongan paduan ini biasanya hanya mengandung kromium, sisanya sebagian besar Fe. Logam paduan ini yaitu baja tahan karat kromium sederhana dengan kandungan kromium 10,5 hingga 18 % seperti jenis 430 dan 409. Hal ini karena ketahanan korosi tidak terlalu istimewa dan relatif sulit dalam pembuatan atau permesinan. Namun kekurangan ini telah diperbaiki pada jenis 434 dan 444 secara khusus pada lapisan 3Cr12 [14].

3. *Martensitic Stainless Steel*

Baja tahan karat jenis ini memiliki komponen utama kromium (bahkan lebih sedikit dibandingkan baja tahan karat feritik) dan memiliki kadar kandungan karbon yang relatif tinggi yaitu 0,1 hingga 1,2% (dibandingkan dengan baja tahan karat feritik), misalnya pada jenis baja tahan karat tipe 410 dan 416 kandungan karbon yang tinggi merupakan hal baik terhadap panas dan memberikan kekuatan mekanik yang besar. Kemudian jenis 431 mengandung kromium hingga 16% akan tetapi struktur mikro masih martensit dikarenakan hanya mengandung 2% nikel. Hal inilah yang membuat baja pertama yang dikembangkan secara komersial [14].

4. *Duplex Stainless Steel*

Dupleks baja tahan karat karena mengandung cukup nikel untuk menghasilkan struktur austenitik penuh dan kombinasi komposisi feritik dan austenitik. Baja tahan karat dupleks seperti 2304 dan

2205 (dua digit pertama mewakili persentase kromium dan dua digit terakhir mewakili persentase nikel). *Duplex ferritic austenitic* ini memiliki suatu kombinasi ketahanan korosi dan sifat temperatur yang relatif tinggi atau khususnya memiliki kemampuan menahan retak korosi tegangan. Walaupun kemampuan retak korosi tegangan tidak sebaik baja tahan karat feritik namun ketangguhannya jauh lebih baik dari baja feritik dan lebih buruk dari baja tahan karat austenitic [14].

5. *Precipitation Hardening Stainless Steel*

Baja tahan karat pengerasan presipitasi merupakan baja tahan karat yang keras dan juga kuat karena terbentuknya endapan pada struktur mikro logam. Sehingga gerak deformasinya terhambat dan memperkuat material baja tahan karat. Baja tahan karat ini salah satu jenis baja tahan karat yang terbuat dari bahan paduan baja tahan karat yang tahan korosi jika dipanaskan. Pembentukan ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan Aluminium. Sehingga termasuk pada paduan berkekuatan tinggi dengan sifat keuletan dan ketahanan korosi yang baik yang diperoleh dari perlakuan panas untuk memperoleh struktur martensit dan pemrosesan pada suhu rendah. Kemudian pada unsur paduannya terdiri dari Mo, Cu, Al, Ti, dan Nb. Tetapi baja tahan karat ini diklasifikasikan menurut tipe martensit, tipe semi *austenitic*, dan tipe *austenitic* [14].

2.7 *Stainless Steel 304*

Stainless Steel tipe 304 merupakan baja tahan karat yang paling banyak digunakan khususnya pada industri elektronik, sensor, dan bio assay. Sering disebut baja tahan karat “18-8” karena mengandung 18% kromium dan 8% nikel, baja tahan karat 304 mudah dibentuk, dilas, memiliki ketahanan panas yang sangat tinggi, ketahanan korosi, bahkan pada suhu yang sangat rendah. Baja tahan karat 304 umumnya digunakan dalam industri makanan seperti pengolahan susu, pipa, panci, fermentasi dan penyimpanan bahan baku. Selain itu juga biasa digunakan sebagai wastafel, meja, tempat minum, kulkas, kompor dan segala macam perkakas dan perlengkapan dapur [14]. Dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Stainless Steel 304*

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
0,042%	1,19%	0,034%	0,006%	0,04%	18,24%	8,15%

Baja paduan SS 304 merupakan baja tahan karat austenitik memiliki sifat mekanik yaitu kuat tarik sebesar 646 MPa, kuat luluh 270 MPa, perpanjangan 50%, kekerasan 82 HRB. Baja tahan karat tipe 304 merupakan baja tahan karat serbaguna dan merupakan baja tahan karat tipe yang paling banyak digunakan. Dimana komposisi kimianya, kekuatan mekaniknya, kemampuan lasnya dan ketahanan terhadap korosinya sangat baik dengan harga yang relatif terjangkau, baja tahan karat tipe 304 banyak digunakan dalam industri Penggunaannya antara lain peralatan pertambangan, elektrokimia, dan biomedis [14].

2.7 *Holding Time*

Holding time yaitu suatu proses mempertahankan atau menahan temperatur pada waktu tertentu supaya temperatur seragam dan terjadi perubahan struktur secara merata. Pada proses ini untuk mencapai kekerasan maksimum material selama pengerasan dengan mempertahankan pada suhu pengerasan untuk mencapai pemanasan yang seragam. Sehingga struktur austenit atau karbida seragam larut dalam austenit, difusi karbon dan elemen paduannya, kemudian baja harus dijaga pada suhu austenit untuk memungkinkan karbida dan austenit yang lebih seragam. Sementara itu *holding time* berpengaruh pada saat terjadinya transformasi apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak homogen, selain itu waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini disebabkan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan [15]. Untuk menentukan waktu tahan pada proses perlakuan panas dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Jenis Baja dan Waktu Tahan Pada Proses Perlakuan Panas

Jenis Baja	<i> Holding Time</i>
<i> Low carbon steel</i>	5-15 menit
<i> Medium alloy steel</i>	15-25 menit
<i> Low alloy tool steel</i>	10-30 menit
<i> High alloy tool steel</i>	10-60 menit
<i> Hot work tool steel</i>	15-30 menit

2.8 *Austenitic Stainless Steel (ASS)*

Baja tahan karat austenitik (ASS) memiliki ketahanan terhadap korosi dan kemampuan proses yang sangat baik dan banyak digunakan dalam industri biomedis, elektronik, kimia, listrik, makanan, dan nuklir. Selain itu, tingginya permintaan akan komponen mikro telah menarik perhatian besar dalam beberapa dekade terakhir. Selain itu, teknologi *microforming* memiliki banyak masalah, termasuk aplikasi material yang terbatas dan kebutuhan produksi massal yang mahal. Ketika deformasi plastis diterapkan pada baja tahan karat austenitik, transformasi yang diinduksi martensit terjadi di ASS.

Fraksi volume fasa martensit (Mf) meningkat sebanding dengan peningkatan deformasi plastis. Transformasi fase martensitik mengurangi ketangguhan tetapi meningkatkan kekuatan pada austenitik *stainless steel*. ASS memiliki struktur kristal tetragonal (BCT) berpusat pada tubuh akibat deformasi plastis, kemudian yang menjadi fase austenitik *face centered cubic* pada suhu kamar. Ketidakstabilan plastik yang dapat terjadi pada foil logam tipis dapat tertunda seiring dengan meningkatnya pengerasan regangan akibat transformasi fasa martensitik yang terjadi.

Selanjutnya transformasi fase martensitik dapat meningkatkan kekuatan dan keuletan *austenitic stainless steel*. Kemudian transformasi fase martensitik dipengaruhi oleh komposisi kimia, tingkat regangan, dan ukuran butir (Dg) foil tipis. Transformasi fasa martensitik di permukaan lebih tinggi daripada tampilan di bagian dalam baja tahan karat. Apabila mengalami deformasi plastis, terjadi

interaksi dislokasi dan kembar terbentuk lebih sering terjadi di permukaan dibandingkan di dalam material [15].

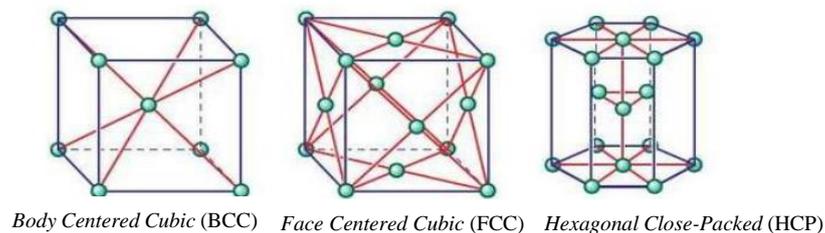
2.9 Metalografi

Metalografi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antar struktur paduan logam. Hasil yang diperoleh adalah pengamatan terhadap bentuk struktur mikro, meliputi ukuran butir, batas butir, fasa baru, proses pengendapan, komposisi kimia, cacat kristal, dislokasi, dan lainnya yang dapat dilihat dengan gambaran struktur mikro. Proses observasi mikrostruktur berfungsi sebagai langkah pertama menuju pengetahuan gambar, memungkinkan gambar dianalisis untuk tujuan yang diinginkan. Teknik berbeda untuk memperoleh bentuk struktur mikro adalah dengan menggunakan metode sederhana seperti mikroskop optik, *scanning electron microscopy* (SEM), *energy dispersive spectroscopy* (EDS), *auger electron spectroscopy* (AES) dan dengan tingkat tinggi menggunakan *transmission electron microscope* (TEM) untuk observasi tingkat tinggi.

Dalam penelitian ini, keterbatasan analisis yang digunakan adalah hanya teknik sederhana yang dapat dilakukan dengan mudah menggunakan mikroskop optik, karena pembahasan yang diperlukan hanyalah analisis batas butir dan ukuran butir yang dapat dianalisis. SEM, EDS, AES, dan TEM dapat digunakan untuk memperoleh pengetahuan tentang komposisi kimia, cacat kristal, dan dislokasi berupa komponen. Beberapa metode diperlukan untuk memvisualisasikan struktur mikro yaitu pemolesan dan etsa. Ada tiga metode pemolesan yaitu metode elektrolitik kimia menggunakan elektrolit dan arus listrik, metode kimia mekanis

menggunakan pasta yang diaplikasikan pada amplas, dan metode elektro mekanis yang menggabungkan pemolesan elektrolit dan mekanis. Struktur mikro semua logam terdiri dari partikel partikel kristal atau butir butir.

Batas butir terlihat akibat pengikisan batas butir akibat proses etsa, batas butir terbentuk karena pengendapan (*presipitation*) atau pemisahan (*segregation*), tergantung pada sifat fisik dan kimianya. Atom bebas yang terbentuk di dalam partikel membentuk susunan teratur seperti pola bentuk ruang. Baja memiliki struktur bcc (*body centered cubic*), baja tahan karat austenitik memiliki struktur fcc (*face centered cubic*), dan magnesium memiliki struktur hcp (*hexagonal close packed*). Ketiga bentuk kristal logam ini adalah logam yang paling umum. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 Bentuk Struktur Kristal BCC, FCC, dan HCP [16].

Struktur mikro dapat ditentukan dengan analisis mikroskop optik. Analisis mikrostruktur bertujuan untuk mengidentifikasi batas butir dengan mengetsanya menggunakan larutan etsa terpilih. Proses pembentukan batas butir dan ukuran butir tidak dapat dilihat tanpa adanya proses etsa. Selama pengetsaan, logam diserang dengan asam sehingga batas butir dan ukuran butir menjadi terlihat. Melihat batas butir dan ukuran butir memerlukan teknik dan pemilihan larutan etsa, ada berbagai

jenis proses etsa yang dapat digunakan untuk membentuk batas butir, yaitu proses etsa kimia dengan membasahi permukaan logam dengan larutan etsa dan proses etsa elektrolitik menggunakan reaksi elektrolitik dengan membiarkan logam bereaksi [16].

2.11 Jenis Martensit

Jenis martensit yang dihasilkan sebenarnya bergantung pada jumlah karbon dalam baja. Apabila kandungan karbonnya rendah maka jenis martensit yang terbentuk adalah martensit *lath*. Jika kandungan karbonnya sedang maka akan terbentuk campuran martensit dan jika kandungan karbon pada baja itu tinggi maka akan terbentuk pelat martensit. Sehingga tidak ada proses difusi atau penambahan komposisi kimia pada transformasi martensit.

Ketika suhu logam yang dapat mengalami reaksi martensit menurun, akhirnya mencapai suhu kesetimbangan yang mana memisahkan antara daerah stabilitas dari dua fase berbeda yaitu di bawah suhu, energi bebas logam berkurang karena logam mengalami perubahan fasa dari keadaan stabil pada suhu tinggi ke keadaan stabil pada suhu rendah. Dimana perbedaan energi bebas ini merupakan kekuatan pendorong utama dari reaksi martensit. Maka perubahan fasa yang terjadi selama transformasi martensit disebabkan oleh pergerakan antarmuka yang memisahkan fasa induk dari produk. Sehingga saat antarmuka bergerak, atom-atom dalam struktur kisi fase induk tersusun ulang dalam kisi fase martensit.

Sementara itu sifat pergerakan atom dalam wilayah yang membentuk antarmuka tidak diketahui. Namun demikian, tidak ada perpindahan suatu atom dibandingkan

dengan yang lebih kompleks dari suatu deformasi. Karena cara pembentukan martensit tidak ada perubahan komposisi ketika kisi awal diubah menjadi fase produk, dan tidak diperlukan difusi ke fase awal atau ke fase produk agar reaksi dapat berlangsung. Oleh karena itu, reaksi martensit biasanya disebut sebagai transformasi fase tanpa difusi.

Penataan ulang atom yang terkait dengan reaksi martensit menyebabkan deformasi mekanis seperti bentuk. Karena kisi yang baru terbentuk memiliki simetri yang berbeda dengan fase awal, maka deformasi yang terjadi lebih kompleks. Bahwa pada kembaran mekanis, regangan ditemukan berupa geseran sederhana yang sejajar dengan bidang simetri dengan kristal induk. Seperti yang ditunjukkan oleh bidang kembar adalah bidang yang tidak terdistorsi. Kembaran tidak mengubah ukuran dan jarak sudut ke segala arah dalam bidang ini.

Permukaan biasa, atau permukaan tempat terbentuknya lempeng martensit, biasanya juga diasumsikan sebagai permukaan yang tidak terdistorsi. Dimana deformasi bentuk makroskopis dalam pembentukan pelat martensit dianggap sebagai gaya geser yang sejajar dengan bidang kebiasaan dan tegangan tarik atau tekan sederhana (*uniaksial*) yang tegak lurus terhadap bidang kebiasaan. Jenis pembebanan ini yang dikenal sebagai distorsi invarian tingkat, dimana bentuk paling umum yang dapat terjadi ketika invarian tingkat dipertahankan normal. Baik geser yang sejajar dengan permukaan maupun pemuaian atau kontraksi yang tegak lurus terhadap permukaan tidak mengubah posisi atau ukuran vektor pada permukaan. [17].

2.12 Uji Tarik

Uji tarik yaitu suatu pengujian di mana gaya tarik atau tegangan diterapkan pada suatu bahan dengan tujuan untuk mengukur atau menentukan kekuatan bahan tersebut. Tegangan tarik yang digunakan merupakan tegangan luar aktual atau perpanjangan aksial benda uji. Pengujian tarik dilakukan dengan cara menarik suatu benda uji dengan gaya tarik terus menerus yang meningkat secara terus menerus dan teratur sampai bahan (perpanjangan) putus, dengan tujuan untuk mengetahui nilai tariknya. Untuk mengukur kuat tarik suatu material yang menerima beban tarik, garis-garis gaya harus berimpit dengan sumbu material agar beban terjadi pada beban tarik lurus.

Hasil uji tarik menangkap fenomena hubungan tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik. Mesin uji tarik diperlukan dalam bidang teknik untuk menentukan sifat mekanik bahan. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama antara lain rangka, mekanisme pegangan sampel, sistem tarik, mekanisme dan sistem pengukuran. Pengujian tarik sering dilakukan untuk melengkapi informasi dasar desain mengenai kekuatan material dan untuk menyediakan data pendukung spesifikasi material [18].

Pengujian kekuatan tarik melibatkan pembebanan material dengan menerapkan gaya reaksi pada material dengan arah menjauhi pusat. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material. Pengujian ini merupakan dasar dari pengujian dan kekuatan material dan oleh karena itu merupakan pengujian yang paling umum dilakukan. Lalu gaya tarik pada suatu bahan mengakibatkan

perubahan bentuk bahan (deformasi), yaitu perpindahan butiran kristal bahan hingga gaya maksimum memutuskan ikatan kristal. Proses deformasi material yang menyebabkan kegagalan dapat ditentukan dengan uji Tarik [19].