

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Dalam penulisan tugas akhir dibutuhkan beberapa studi literatur terlebih dahulu, yang diharapkan dapat menghasilkan teori ataupun rumus sehingga tujuan dan manfaat dapat tercapai. Berikut adalah beberapa referensi yang diambil dalam penelitian ini, yaitu:

Penelitian yang dilakukan oleh (Sairul Effendi, 2009) yang berjudul pengaruh perbedaan waktu penahanan suhu stabil terhadap kekerasan logam. Dengan hasil penelitian proses *hardening* pada baja amutit, kekerasan naik dari rata-rata 34,24, sebelum di *hardening*, menjadi rata-rata kekerasan 63,2375 setelah di *hardening* dengan waktu penahanan.

(Karmin, 2009), telah melaksanakan penelitian yang berjudul pengendalian proses pengerasan baja dengan metoda *quenching*. Dengan hasil penelitian yaitu baja yang dikeraskan akan bertambah kekerasannya apabila dalam proses pemanasan, temperatur pemanasan, *holding time* yang dilakukan sesuai terhadap baja yang dikeraskan.

(Gandi Hanggara, 2021), telah melaksanakan penelitian yang berjudul proses penggantian pisau pada mesin *cane cutter* di PT. Buma Cima Nusantara Unit Cinta Manis. Dengan hasil penelitian *cane cutter* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mencacah atau memotong tebu menjadi potongan-potongan kecil sehingga mempermudah penghancuran tebu menjadi serabut pada proses HDHS (*Heavy Duty Hammer Shredder*), agar nantinya dapat menghasilkan ampas yang lebih halus sehingga proses penggilingan dapat dilakukan secara maksimal.

(Icvan Apriansyah, 2021), telah melaksanakan penelitian yang berjudul peningkatan akurasi dimensi dan tingkat kekerasan pada *fillamen esteel* dengan pendekatan metode *taguchi*. Dengan hasil penelitian yaitu dari hasil studi peningkatan kualitas tingkat akurasi dimensi dan kekerasan dapat disimpulkan bahwa parameter sangat berpengaruh untuk kedua jenis perlakuan pengujian yaitu

tingkat akurasi dimensi maupun kekerasan. untuk dimensi akurasi *fillament eSteel* dengan parameter yang sangat pengaruh yaitu *print* temperatur yang mempunyai presentase sebesar 46,502% dengan demikian untuk parameter optimal akurasi dimensi adalah dengan menggunakan *height* 0,35mm, *print speed* 35mm/s dan *print* temperatur 210°C.

(Angga Panjy Syahputra, 2020), telah melaksanakan penelitian yang berjudul optimasi parameter proses pembuatan gigi palsu dengan metode pendekatan *taguchi* dan *grey* analisis 3D printing FDM. Dengan hasil penelitian berdasarkan hasil analisa didapat faktor utama yang mempengaruhi penyusutan dan kekerasan produk gigi palsu manusia menurut metode *taguchi* yaitu *layer height*.

(Franando, 2020), telah melaksanakan penelitian yang berjudul studi pembuatan bagian alat rehabilitasi penderita stroke dengan pendekatan metode *taguchi*. Dengan hasil penelitian parameter pencetakan yang tepat harus diatur untuk menghasilkan komponen alat rehabilitasi stroke yang memiliki dimensi yang sama dengan desain, lebih kuat, efisien dan tanpa cacat. *Layer height* dan *print speed* adalah faktor dominan yang mempengaruhi akurasi dimensi (*dimensional accuration*) dan Kekerasan (*hardness*).

(Ratih Sari Pertiwi, dkk. 2016), telah melaksanakan penelitian dengan judul penerapan metode *multiple signal-to-noise ratio* pada optimasi multirespon desain *taguchi*. Dengan hasil penelitian hasil analisis mengenai optimasi multirespon desain *taguchi* menggunakan metode *multiple signal-to-noise ratio*, maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi level yang terpilih untuk mengoptimalkan respon kekuatan tarikan (Y1) dan kekerasan hasil cor secara simultan adalah A1B2C1, atau dengan kata lain *pouring* temperatur diatur pada 700°C, *pouring time* diatur pada 10 sec, dan *colling time* diatur pada 3 min.

(Triastuti Wuryandari, dkk. 2009), telah melaksanakan penelitian yang berjudul metode *taguchi* untuk optimalisasi produk pada rancangan faktorial. Dengan hasil penelitian metode *taguchi* merupakan metode untuk peningkatan kualitas yang dilakukan sebelum proses produksi terjadi atau disebut *off-line quality control*.

(Wardoyo, 2018), telah melaksanakan penelitian yang berjudul pengaruh variasi temperatur *quenching* pada aluminium paduan AlMgSi - Fe12% terhadap keausan. Dengan hasil penelitian yaitu perlakuan *hardening* pada aluminium paduan Al-Mg-Si Fe12% berpengaruh terhadap keausan.

(Sumpena, 2018), telah melaksanakan penelitian yang berjudul pengaruh variasi temperatur *hardening* dan *tempering* paduan AlMgSi-Fe12% hasil pengecoran terhadap kekerasan. Dengan hasil penelitian yaitu setelah dilakukan pengujian mikro *vickers* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 300°C sebesar 76,98 VHN dan nilai kekerasan terendah pada temperatur 250°C sebesar 59,95 VHN.

(Agus.s Umartono, dkk. 2015), telah melaksanakan penelitian yang berjudul analisa kegagalan proses *heat treatment* baja sup-9 pada pembuatan pegas daun. Dengan hasil penelitian yaitu penyebab terjadinya kegagalan proses *heat treatment* adalah karena hasil *hardness* kurang dari 300 HV dan tidak dilakukannya pengujian awal sebelum *treatment*. Dan untuk menghasilkan barang yang sesuai standar yang diinginkan perlu dilakukan *treatment* ulang.

(Muhammad Jordi, dkk. 2017), telah melaksanakan penelitian yang berjudul analisa pengaruh proses *quenching* dengan media berbeda terhadap kekuatan tarik dan kekerasan baja ST 36 dengan pengelasan smaw. Dengan hasil penelitian yaitu hasil pengujian kekerasan antara spesimen dengan proses *quenching* dengan *raw material* tidak mengalami kenaikan yang signifikan dan semua spesimen hasil *quenching* mempunyai nilai yang sama walau tidak disemua titik.

(Zulkarnain Fatoni, 2016), telah melaksanakan penelitian yang berjudul pengaruh perlakuan panas terhadap sifat kekerasan baja paduan rendah untuk bahan pisau penyayat batang karet. Dengan hasil penelitian yaitu hasil yang diharapkan dari penelitian ini ada pada temperatur 820°C dengan nilai kekerasan 50,4 HRC yaitu sedikit lebih rendah kekerasannya dibandingkan pisau yang dijadikan acuan dengan demikian pisau ini lebih ulet dan kekerasannya turun.

(Bayu Agung Permana, 2013), telah melaksanakan penelitian yang berjudul karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah untuk *cane cutter blade* pada PT Gunung Madu Plantation. Dengan hasil penelitian perlakuan panas

sangat mempengaruhi perubahan sifat mekanik material, terbukti dengan adanya kenaikan nilai kekerasan dan kenaikan nilai kekuatan tarik.

(Husni Atok Illah, 2020), telah melaksanakan penelitian dengan judul pengaruh variasi waktu *hardening* terhadap laju korosi pada baja AISI 1045 dengan media air tawar. Dengan hasil penelitian *hardening* adalah proses untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa dengan mengubah komposisi kimia secara keseluruhan.

(J. M. Nevada Nanulaitta, dkk. 2018), telah melaksanakan penelitian dengan judul analisa sifat kekerasan baja ST-42 dengan pengaruh besarnya butiran media katalisator (tulang sapi ( $\text{CaCO}_3$ )) melalui proses pengarbonan padat (*pack carburizing*). Dengan hasil penelitian laju penyerapan karbon paling cepat terjadi pada proses dengan penahanan waktu 15 menit dengan komposisi dari satu kg campuran yang terdiri 70% karbon (arang kayu nani) dan 30% Tulang sapi ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan besaran butiran 5 mm yaitu sebesar 2.89 HRC/Menit.

(Sasi Kirono, dkk. 2009), telah melaksanakan penelitian dengan judul analisa pengaruh temperatur pada proses *tempering* terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja AISI 4340. Dengan hasil penelitian yaitu untuk nilai kekerasan tertinggi pada baja AISI 4340 adalah pada proses *hardening* 850°C dengan VHN sebesar 548, sedangkan nilai terendah pada proses *tempering* 600 0C dengan waktu tahan 60 menit dengan VHN sebesar 328.

(Agus Pramono, 2011), telah melaksanakan penelitian dengan judul karakteristik mekanik proses *hardening* baja AISI 1045 media *quenching* untuk aplikasi *sprocket* rantai. Dengan hasil penelitian yaitu Peningkatan kekerasan akan meningkatkan ketahanan aus pada baja AISI 1045.

## 2.2 *Cane Cutter*

*Cane cutter* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mencacah tebu menjadi potongan-potongan kecil, pada *cane cutter* terdapat masing-masing 64 buah pisau yang digunakan untuk mencacah batangan tebu menjadi bagian-bagian kecil (Gandi, 2021). *Cane cutter* berfungsi untuk memotong atau mencacah tebu menjadi potongan-potongan kecil, sehingga mempermudah penghancuran tebu

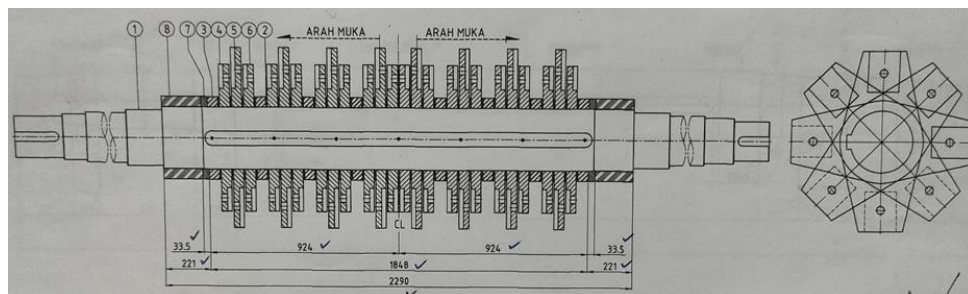
menjadi serabut pada proses HDHS (*Heavy Duty Hammer Shredder*), agar nantinya dapat menghasilkan ampas yang lebih halus sehingga proses penggilingan dapat dilakukan secara maksimal (Gandi, 2021).



Gambar 2.1 *Cane Cutter*



Gambar 2.2 Pisau Pada *Cane Cutter*



Gambar 2.3 Desain *Cane Cutter*

## 2.3 Baja

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Disamping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), posfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh presentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahanan gores dan tahanan suhu baja. Perbedaan presentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja (Nanulaitta, dkk, 2012). Klasifikasi Baja dapat dikelompokkan sebagai berikut:

### **2.3.1 Baja Karbon**

Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

a. Baja karbon rendah

Kadar karbon sampai 0,25% sangat luas penggunaannya, sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulang beton, rangka kendaraan, mur baut, plat, pipa dan lain-lain. Baja ini kekuatannya relatif rendah, tetapi keuletannya tinggi (Fatoni, 2016).

b. Baja karbon menengah

Kadar karbon 0,25-0,55% lebih kuat dan keras, dan dapat dikeraskan. Penggunaan hampir sama dengan baja karbon rendah, digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi. Juga banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi, rantai dan lain-lain (Fatoni, 2016).

c. Baja karbon tinggi

Kadar karbon lebih dari 0,55% dengan sifat mekanik lebih kuat dan keras dari baja karbon rendah dan menengah tetapi keuletan dan ketangguhan lebih rendah. Baja jenis ini digunakan terutama untuk baja perkakas dan biasanya memerlukan sifat tahanan aus misalnya untuk mata bor, tap dan mesin perkakas tangan (Fatoni, 2016).

### **2.3.2 Baja Paduan**

- a. Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus  $< 8,0 \%$ )
- b. Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus  $> 8,0 \%$ )

Unsur paduan pada baja akan berpengaruh terhadap keseimbangan transformasi fasa dan pembentukan struktur mikro akhir pada saat pendinginan. Elemen-elemen seperti : C, Ni, Mn, adalah unsur penstabil fasa ferit, sedangkan Cr, Si, Mo, W dan Al merupakan unsur penstabil fasa austenit. Fasa-fasa yang dapat terbentuk dalam baja adalah *bainit*, *perlit*, *ferit*, *austenit*, *sementit* atau karbida besi, dan *martensit* (Kirono, 2009).

## 2.4 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi.

Sifat-sifat mekanik yang terpenting antara lain:

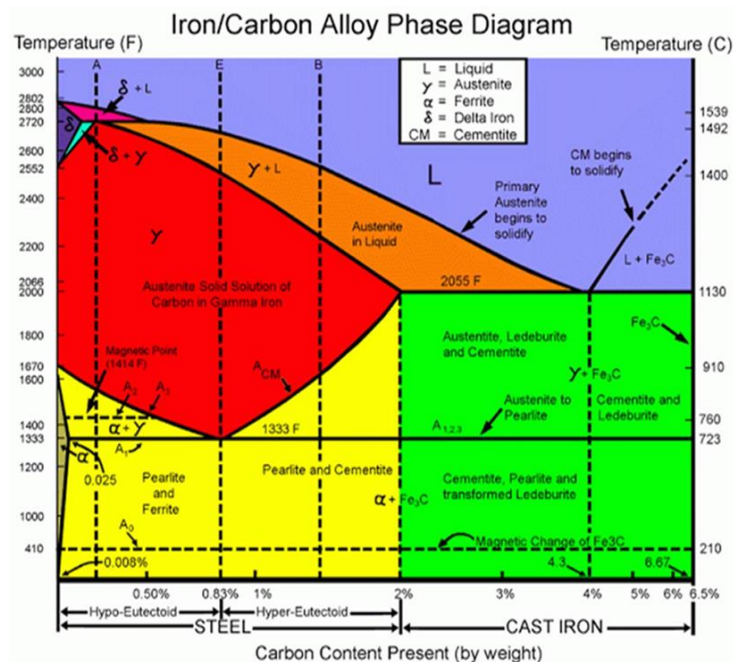
- a. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah, kekuatan ini terdiri dari kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan geser, dan lain sebagainya (Renanda, 2020).
- b. Kekerasan (*hardness*) menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan (*Abrasi*). Sifat ini berkaitan terhadap sifat tahan aus (*Wear Resistance*) (Renanda, 2020).
- c. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Tetapi apabila tegangan melampaui batas maka perubahan bentuk akan terjadi walaupun beban dihilangkan (Renanda, 2020).
- d. Kekakuan (*stiffness*) adalah kemampuan bahan untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk atau defleksi (Renanda, 2020).
- e. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah *deformasi plastis* (yang permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya

kerusakan. Sifat ini sering disebut sebagai keuletan (*Ductility*) (Renanda, 2020).

- f. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan atau banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu bahan (Renanda, 2020).
- g. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang ulang yang besarnya masih jauh dibawah batas elastisitasnya (Renanda, 2020).
- h. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang ulang yang besarnya masih jauh dibawah batas elastisitasnya (Renanda, 2020).

## 2.5 Diagram Fasa Fe-C

Diagram Fe-3C adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan lambat dan pemanasan lambat dengan kandungan karbon (%C) (Umartono, 2015).



Gambar 2.4 Diagram Fasa Fe-C (Umartono, 2015)

### 2.5.1 Penjelasan dari Garis-Garis Pada Diagram Fasa Fe-C



- a. Garis *Liquidus* ialah garis yang menunjukkan awal dari proses pendinginan (pembekuan);
- b. Garis *Solidus* ialah garis yang menunjukkan akhir dari proses pembekuan (pendinginan);
- c. Garis *Solvus* ialah garis yang menunjukkan batas antara fasa padat dengan fasa padat atau solid *solution* dengan solid *solution*;
- d. Garis *Acm* ialah garis kelarutan carbon pada besi Gamma (*Austenite*);
- e. Garis *A3* ialah garis temperatur dimana terjadi perubahan *ferrit* menjadi *autenite* (Gamma) pada pemanasan;
- f. Garis *A1* ialah garis temperatur dimana terjadi perubahan *austenite* (Gamma) menjadi *ferrit* pada pendinginan;
- g. Garis *A0* ialah garis temperatur dimana terjadi transformasi *magnetic* pada *cementit*;
- h. Garis *A2* ialah garis temperatur dimana terjadi transformasi *magnetic* pada *ferrite*. (Umartono, 2015)

### 2.5.2 Struktur Mikro

#### a. *Ferrit*

Larutan padat karbon dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (Fe) disebut *ferit*. *Ferit* terbentuk pada proses pendinginan yang lambat dari *austenit* baja *hypoeutektoid* pada saat mencapai *A3*. *Ferit* bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 70-100 BHN dan memiliki konduktifitas yang tinggi;

#### b. *Perlit*

*Perlit* adalah campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar 10-30 HRC. Jika baja eutektoid (0,8%C) diaustenisasi dan didinginkan dengan cepat ke suatu temperatur di bawah *A1* misalnya ke temperatur 700°C dan dibiarkan pada temperatur tersebut sehingga terjadi transformasi *isothermal*, maka austenit akan mengurai dan membentuk *perlit* melalui proses pengintian (*nukleasi*) dan pertumbuhan;

#### c. *Sementit*

*Sementit* adalah senyawa besi dengan karbon yang umum dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimianya  $Fe_3C$  (presentase karbon pada *sementit* adalah sekitar 6,67%). Sel satuannya adalah *ortorombik* dan bersifat keras dengan harga kekerasannya sekitar 65-68 HRC;

d. *Martensit*

*Martensit* adalah fasa yang ditemukan oleh seorang *metalografer* yang bernama A. Martens. Fasa tersebut merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satuannya terdistorsi. Sifatnya sangat keras dan diperoleh jika baja dari temperatur austenitnya didinginkan dengan laju pendinginan yang lebih besar dari laju pendinginan kritiknya;

e. *Bainit*

*Bainit* adalah suatu fasa yang diberi nama sesuai dengan nama penemunya yaitu E.C. Bain. *Bainit* merupakan fasa yang kurang stabil (mestabil) yang diperoleh dari *austenit* pada temperatur yang lebih rendah dari temperatur transformasi ke *perlit* dan lebih tinggi dari temperatur transformasi ke *perlit* dan lebih tinggi dari temperatur transformasi ke *Martensit*;

f. *Austenite*

Fase *Austenite* memiliki struktur atom FCC (*Face Centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang fase *Austenite* ditemukan pada temperatur tinggi. Fase ini bersifat *non magnetik* dan ulet pada temperatur tinggi (Umartono, 2015).

## 2.6 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung pada material yang diujikan. Pengujian suatu material perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas suatu logam atau bahan agar dalam penggunaannya untuk perancangan bahan suatu mesin maupun aplikasinya di masyarakat karena dengan perlakuan pengujian logam kita dapat menentukan bahan yang tepat untuk rancang bangun suatu mesin. Selain itu kita juga akan tahu pada logam yang sama ketika diberikan perlakuan panas berbeda akan punya sifat mekanik yang berbeda pula.

Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,43 - 0,50 dan termasuk golongan baja karbon menengah (Pramono, 2011).

Dari hasil pengujian komposisi kimia terhadap sampel awal yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel 2.2. Proses pengujian kimia dilakukan oleh PT.Tira Austetite Tbk, dengan standar DIN 50049/EN 10204/2.3 (Pramono,2011).

Tabel 2.1 Komposisi kimia Baja AISI 1045 (Pramono, 2011)

No	Elemen	Kadar (%)
1	C	0,45
2	Mn	0,8
3	P	0,01
4	S	0,02
5	Si	0,9
6	Mo	0,018

## 2.7 Heat Treatment

*Heat-treatment* dapat didefinisikan suatu kombinasi proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat secara terkontrol. Tujuannya adalah mempersiapkan material logam sebagai produk setengah jadi agar layak diproses lanjut untuk meningkatkan umur pakai material logam sebagai produk jadi. Pertimbangan lain, dengan biaya perlakuan panas yang relatif rendah, umur pemakaiann komponen akan lebih lama (Karmin, 2009). Secara umum, proses perlakuan panas adalah sebagai berikut :

- Memanaskan logam/paduannya sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu (*Heating-temperatur*);
- Mempertahankan pada temp. pemanasan tersebut dalam waktu/tempo tertentu ( *Holding time*);
- Mendinginkan dengan media pendingin dan laju tertentu (Karmin, 2009).

### 2.7.1 Jenis-Jenis *Heat Treatment*

#### a. *Hardening*

*Hardening* adalah salah satu jenis perlakuan panas yang diterapkan untuk meningkatkan kekerasan pada material. Proses ini berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa dengan mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Proses ini mencakup proses pemanasan sampai pada austenisasi dan diikuti oleh pendinginan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan (Husni, 2020).

Proses ini sangat dipengaruhi oleh parameter tertentu seperti:

- Temperatur pemanasan, yaitu temperatur austenisasi yang dikehendaki agar dicapai transformasi yang seragam pada material;
- Waktu pemanasan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur pemanasan tertentu (temperatur austenisasi);
- Waktu penahanan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan agar didapatkan distribusi temperatur yang seragam pada benda kerja (Husni, 2020).

#### b. *Quenching*

*Quenching* adalah proses pendinginan yang dilakukan secara cepat pada paduan setelah mengalami laku panas. Proses ini bertujuan untuk mempertahankan kondisi larutan padat yang telah terbentuk. Lamanya pencelupan dilakukan sampai suhu paduan sama dengan suhu media celup. Melalui pendinginan cepat maka pemisahan fasa kedua dari larutan padatnya akan dapat dicegah pada temperatur yang jauh lebih rendah, paduan berada dalam keadaan larutan padat jenuh yang tidak stabil. Banyaknya daerah kisi kosong yang dihasilkan akibat proses pencelupan tersebut dipengaruhi oleh besarnya kecepatan pendinginan yang terjadi selama pencelupan. Semakin tinggi kecepatan pendinginannya, daerah kisi kosong yang terbentuk akan semakin banyak. Besarnya kecepatan pendinginan itu sendiri antara lain dipengaruhi oleh media pencelupan dan ukuran bentuk produk. Media pencelupan yang paling sering dipakai adalah air dan oli (Wardoyo, 2018).

### c. *Tempering*

*Tempering* adalah suatu proses panas yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan benda kerja, mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan benda kerja bersifat rapuh, merubah struktur kristal atom sehingga bersifat lunak dan mudah dikerjakan. Sehingga dari proses tersebut didapatkan benda kerja yang memiliki sifat kombinasi antara kekerasan, keliatan, keuletan (tahan terhadap *impact*), kekuatan dan berstruktur kristal stabil. Pada proses *tempering* temperatur yang digunakan adalah temperatur dibawah proses *hardening*, jika proses *tempering* dilakukan diatas temperatur perlakuan *hardening* maka sifat setelah perlakuan *hardening* akan hilang. (Sumpena, 2018).

### d. *Annealing*

Pada proses pelunakkan atau *annealing* merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan *perlit* yang kasar tetapi lunak dengan pemanasan sampai austenisasi dan didinginkan secara perlahan-lahan dalam tungku pemanas (*furnace*), yang bertujuan untuk memperbaiki ukuran butir serta dalam beberapa hal juga memperbaiki *machinability*. Disamping itu juga pelunakan dilakukan untuk tujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang meyebabkan material berperilaku getas.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan proses perlakuan panas *hardening* dengan alasan proses ini berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa dengan mengubah komposisi kimia secara keseluruhan.

## 2.7.2 *Holding Time*

Lamanya *holding time* ini tergantung pada:

- a. Tingkat kelanjutan karbida dan ukuran butir yang diinginkan. Karena jumlah dan jenis karbida berbeda antara baja yang satu dengan yang lain maka lamanya *holding time* ini tergantung pada jenis baja dan tempratur austenisasi yang dipakai (Karmin, 2009).
- b. Laju pemanasan, misalnya, laju pemanasan yang sangat lambat terhadap baja *hypoeutectoid*, pada saat mencapai suhu kritis atas, austenit yang terbentuk sudah homogen sehingga tidak diperlukan lagi *holding time*. Sebaliknya

dengan laju pemanasan yang cepat akan diperlukan waktu untuk mencapai *austenit* yang homogen (Karmin, 2009).

### 2.7.3 Media Pendingin

#### a. Larutan NaCl (Garam)

Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang (Jordi, dkk. 2017).

#### b. Larutan NaOH (Soda Api)

Air mempunyai *cooling capacity* yang tinggi sekali (terjadi pada suhu 300°C yaitu temperatur mulainya terbentuk *martensit*) padahal laju pendinginan tertinggi diperlukan pada saat melewati *nose* dari kurva transformasi, yaitu sekitar temperatur 550°C sehingga air murni kurang baik untuk pendinginan baja yang mempunyai *hardenability* yang tinggi. Untuk memperbaiki/menurunkan *cooling capacity* dapat dilakukan dengan menambahkan sedikit [5–10 %] soda api (Karmin, 2009).

#### c. Air (H<sub>2</sub>O)

Air mempunyai *cooling capacity* yang tinggi sekali (terjadi pada suhu 300°C yaitu temperatur mulainya terbentuk *martensit*) padahal laju pendinginan tertinggi diperlukan pada saat melewati *nose* dari kurva transformasi, yaitu sekitar temperatur 550°C sehingga air murni kurang baik untuk pendinginan baja yang mempunyai *hardenability* yang tinggi. (Karmin, 2009).

## 2.8 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah ketahanan suatu benda atau material terhadap penekanan benda lain yang lebih keras dan nilai kekerasannya tidak mutlak. Jenis-jenis pengujian kekerasan yaitu:

#### a. Uji Kekerasan *Brinell*

Metode ini digunakan dengan cara menekankan penetrator dengan indentor bola baja yang dikeraskan dengan ukuran  $\varnothing$  10 mm,  $\varnothing$  5 mm dan  $\varnothing$  2,5 mm. Metode ini digunakan untuk menguji kekerasan logam yang belum dilakukan

proses *heat treatment*, material yang diuji adalah material yang lunak saja dan harga kekerasannya hanya sampai 450 HB.

b. Uji Kekerasan *Vickers*

Uji *vickers* dikembangkan di Inggris tahun 1925, dikenal juga sebagai *diamond pyramid hardness test*. Uji kekerasan *vickers* menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan piramida yang saking berhadapan adalah  $136^\circ$ .

c. Uji Kekerasan *Rockwell*

Metode ini sebenarnya merupakan gabungan dari metode *brinell* dan metode *vickers*, sehingga hasilnya pun cukup presisi dan cepat. Pengujian *rockwell* mirip dengan pengujian *brinell*, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan indentor yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian *brinell*, indentor dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat.

Indentor dapat berupa bola baja atau kerucut intan  $120^\circ$ . Diameter bola baja umumnya  $1/16$  inchi, tetapi terdapat juga indentor dengan diameter lebih besar, yaitu  $1/8$ ,  $1/4$ , dan  $1/2$  inchi untuk bahan-bahan yang lunak.



Gambar 2.5 *Rockwell Hardness Tester*

Pada *rockwell hardness tester* terdapat beberapa bagian dengan fungsi sebagai berikut:

- Dial indikator merupakan indikator yang menunjukkan nilai kekerasan *rockwell* hasil pengujian.
- Indentor merupakan bola atau intan dengan fungsi sebagai beban uji.
- *Anvil* merupakan dudukan tempat benda uji.
- *Elevating Screw* berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan posisi benda uji.
- *Hand Wheel* merupakan pegangan yang berfungsi untuk memutar *elevating screw*.

Indentor yang dipakai dalam pengujian metode *rockwell*:

- Untuk logam-logam yang lunak digunakan bola baja diameter 1/16 dengan beban 100 kg.
- Untuk logam-logam yang keras digunakan intan dengan sudut 120° dengan beban 150 kg.

Rumus manual uji kekerasan *rockwell* sebagai berikut:

$$HR = E - e \quad (2.1)$$

dimana;

HR : *Hardness Rockwell*

E : 100

e :  $h / 0,002$

h : kedalaman penetrasi oleh beban utama setelah dilepas

Kelebihan metode *rockwell*, yaitu:

- Proses pengujiannya yang cepat dan tepat sehingga dapat digunakan untuk pengujian kekerasan bahan secara massal.
- Bekas tekanannya sehingga tidak merusak permukaan material.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan pengujian kekerasan *rockwell* dengan alasan proses pengujiannya yang cepat dan tepat sehingga dapat digunakan untuk pengujian kekerasan bahan secara massal dan tidak merusak permukaan material uji.



## 2.9 Metode Taguchi

Ide atau gagasan dari Dr. Genichi Taguchi mengenai *quality engineering* telah digunakan selama beberapa tahun di Jepang. Pada tahun 1980-an ide beliau mengenai desain eksperimen telah diperkenalkan di dunia barat. Sasaran *quality engineering* adalah merancang kualitas ke dalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai. Usaha peningkatan kualitas ini dikenal sebagai metode *off-line quality control* (Triastuti, dkk., 2009).

Metode *taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin (Irwan, 2009). Metode *taguchi* merupakan suatu metodologi yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk (Franando dkk,2020). Penggunaan Metode *taguchi* dapat mengurangi praktek eksperimen dibandingkan dengan metode percobaan karena lebih efisien dan hemat waktu dan biaya (Arifin dkk, 2019).

Desain parameter adalah bagian yang dioptimalkan dari metode *taguchi* dan sering digunakan untuk meningkatkan produk dan desain proses, tujuannya adalah untuk menemukan nilai optimal dari kombinasi level parameter, sehingga nilai target rata-rata dapat tercapai (Huang dkk, 2019).

Metode *taguchi* mempunyai beberapa keunggulan seperti:

- a. Desain eksperimen *taguchi* lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah.
- b. Desain eksperimen *taguchi* memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
- c. Metode *taguchi* menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Metode *taguchi* juga memiliki kekurangan-kekurangan dibandingkan metode lain diantaranya adalah rancangan metode *taguchi* mempunyai struktur yang sangat kompleks, dimana terdapat rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi.