

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Baja SKD 61

Baja adalah salah satu jenis material logam yang paling sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri [4]. Baja terbentuk dari campuran besi (Fe) dan karbon (C), serta dilengkapi dengan unsur-unsur paduan lainnya seperti mangan (Mn), silikon (Si), krom (Cr), dan nikel (Ni), dan lain-lain. Komposisi kimia inilah yang memberikan baja sifat-sifat mekanis yang unggul, seperti kekuatan, ketangguhan, dan kekerasan, tergantung pada perlakuan panas yang diterapkan. Dalam tabel berikut dapat dilihat komposisi atau unsur kimia yang terdandung dalam material SKD 61.

Baja SKD 61, juga dikenal sebagai AISI H13 atau JIS SKD61, adalah salah satu jenis baja perkakas yang banyak digunakan dalam industri perkakas dan cetakan, terutama untuk aplikasi yang memerlukan ketangguhan, kekerasan tinggi, serta ketahanan terhadap suhu tinggi. [5]. Baja SKD 61 termasuk dalam kelompok baja tungku kerja, yang biasanya digunakan dalam kondisi panas untuk pembuatan cetakan injeksi plastik, cetakan tekanan, dan alat-alat pemotong [6]. Baja SKD 61 dapat diolah dengan berbagai metode perlakuan panas, termasuk pengerasan pada suhu tinggi dan pendinginan cepat (*quenching*). Proses perlakuan panas ini dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanis baja, termasuk kekerasan, kekuatan, dan ketangguhan [7].

Komposisi material (*material properties*) dilampirkan pada tabel dibawah, tabel ini memberikan informasi mengenai nilai kekuatan keausan serta beberapa

nilai penting mekanis lainnya yang berfungsi sebagai panduan untuk menentukan aplikasi yang tepat untuk material baja SKD 61. Pada tabel 2.1 dapat dilihat nilai dari *material properties* material baja SKD 61.

Tabel 2.1 *Material Properties* SKD 61

Properti Material	Unit	Nilai
Kekerasan (<i>Hardness</i>)	HRC	52-56
Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	MPa	1275-1305
Kekuatan Lendutan (<i>Yield Strength</i>)	MPa	1140-1170
Modulus Elastisitas (<i>Young's Modulus</i>)	GPa	Sekitar 210
Kekuatan <i>impact</i> (<i>Impact Strength</i>)	J	21-25 J
Koefisien Perluasan Termal (<i>Coefficient of Thermal Expansion</i>)	°C	$10.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (20-100°C)

2.2. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah proses yang dilakukan untuk mengubah sifat-sifat logam dengan memanaskannya hingga mencapai suhu tertentu, kemudian mendinginkannya menggunakan media pendingin yang sesuai. [8]. Tujuan dari perlakuan panas (*heat treatment*) adalah untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, memperhalus ukuran butir kristal, serta meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang memengaruhi efektivitas perlakuan panas meliputi suhu pemanasan, durasi waktu

pada suhu tersebut, laju pendinginan, dan kondisi atmosfer lingkungan selama proses. [9]. Perlakuan panas merupakan kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan suatu logam atau paduannya dalam fase padat untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Kecepatan pendinginan dan batas temperatur menjadi faktor penentu dalam mencapai karakteristik yang diinginkan tersebut.

2.2.1. *Hardening*

Hardening adalah proses pemanasan logam hingga mencapai suhu di atas titik kritis (zona austenit), di mana logam ditahan pada suhu tersebut selama waktu yang diperlukan agar seluruh benda kerja memperoleh struktur austenit, kemudian didinginkan secara cepat. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan struktur kristal martensit, yang penting untuk meningkatkan kekerasan logam secara signifikan. Martensit memiliki struktur jarum dengan jaringan atom berbentuk tetragonal, yang merupakan karakteristik penting untuk mencapai kekerasan tinggi pada baja. [10].

2.2.2. *Quenching*

Quenching adalah salah satu proses perlakuan panas yang krusial. Tujuan dari proses pendinginan ini adalah untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus bahan logam. [11]. Proses ini melibatkan pendinginan cepat material yang dipanaskan secara homogen, biasanya logam atau paduan, dari suhu tinggi ke suhu rendah dalam waktu singkat. Dalam proses pendinginan (*quenching*), perubahan struktural mikro dapat terjadi, pembentukan fase baru dan redistribusi unsur-unsur kimia dalam material, yang secara signifikan memengaruhi sifat mekanis dan struktural dari bahan yang dihasilkan [12]. *Quenching* berperan penting dalam

pengolahan berbagai jenis logam, mulai dari baja karbon rendah hingga paduan aluminium.

Dalam proses pendinginan (*quenching*), media pendingin yang digunakan umumnya adalah air, minyak atau oli, dan udara. Masing-masing media pendinginan memiliki kelebihan tersendiri, dimana media yang digunakan dalam proses pendinginan akan mempengaruhi hasil dari material. Berikut ini merupakan beberapa media pendinginan yang umum digunakan:

a. Air

Pendinginan menggunakan air menawarkan kecepatan pendinginan yang tinggi. Umumnya, garam dapur ditambahkan ke dalam air untuk mempercepat penurunan temperatur benda kerja. Air memiliki karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia lainnya. Dalam rentang suhu yang sesuai untuk kehidupan, yaitu antara 0°C (32°F) dan 100°C, air berada dalam keadaan cair. Suhu 0°C adalah titik beku (*freezing point*), sedangkan suhu 100°C adalah titik didih (*boiling point*) air. Perubahan suhu air berlangsung secara bertahap, sehingga air berfungsi sebagai penyimpan panas yang sangat efektif, tidak mengalami perubahan suhu yang drastis dalam waktu singkat.

b. Udara

Media pendinginan lain yang umum digunakan dalam proses *quenching* adalah udara. Penggunaan udara sebagai media pendingin diterapkan dalam perlakuan pendinginan yang memerlukan waktu yang lebih lama. Dalam proses ini, udara disirkulasikan ke dalam ruang pendingin dengan kecepatan rendah. Sebagai media pendingin, udara memungkinkan logam untuk membentuk kristal-kristal dan berpotensi mengikat unsur-unsur lain dari atmosfer. Namun, pendinginan

di udara terbuka dapat menyebabkan oksidasi karena reaksi dengan oksigen selama proses pendinginan.

2.2.3. Penahanan Suhu Stabil (*Holding Time*)

Waktu penahanan (*holding time*) dalam proses hardening dilakukan untuk mencapai kekerasan maksimum bahan dengan menahan suhu pengerasan guna memastikan pemanasan yang homogen pada struktur austenit. Proses ini memungkinkan terjadinya kelarutan karbida ke dalam austenit serta difusi karbon dan unsur-unsur paduan lainnya. [13]. Pedoman untuk menentukan *holding time* dari berbagai jenis baja:

- a. Baja konstruksi yang terbuat dari baja karbon dan baja paduan rendah, yang mengandung karbida yang mudah larut, memerlukan waktu penahanan yang singkat, yaitu antara 5 hingga 15 menit.
- b. Untuk baja konstruksi dari baja paduan menengah, disarankan menggunakan waktu penahanan antara 15 hingga 25 menit, tanpa tergantung pada ukuran benda kerja.
- c. Baja alat paduan rendah (*low alloy tool steel*) memerlukan waktu penahanan yang tepat untuk mencapai kekerasan yang diinginkan. Dianjurkan waktu penahanan adalah 0,5 menit per millimeter ketebalan benda, atau antara 10 hingga 30 menit.
- d. Baja krom paduan tinggi (*high alloy tool steel*) memerlukan waktu penahanan yang paling lama di antara semua jenis baja perkakas, dan juga bergantung pada suhu pemanasan yang digunakan.
- e. Baja alat untuk pekerjaan panas (*hot work tool steel*) mengandung karbida yang sulit larut, yang baru akan larut pada suhu 1000°C. Pada suhu ini, risiko

pertumbuhan butir sangat besar, sehingga waktu penahanan harus dibatasi antara 15 hingga 30 menit.

- f. Baja kecepatan tinggi (*high speed steel*) memerlukan suhu pemanasan yang sangat tinggi, antara 1200 hingga 1300°C. Untuk mencegah pertumbuhan butir, waktu penahanan harus sangat singkat, hanya beberapa menit.

2.3. Pengujian Bending

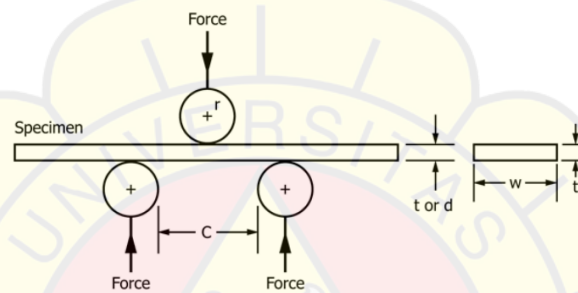
Pengujian bending merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan dan ketahanan material terhadap tekanan atau regangan yang timbul akibat beban torsi atau lentur [14]. Pengujian ini penting dalam menilai kualitas dan kinerja material dalam situasi praktis di mana material akan mengalami beban lentur atau torsi, seperti dalam struktur bangunan, rangka kendaraan, atau komponen mesin.

Pada pengujian bending, sebuah sampel material ditempatkan di atas dua dukungan dan diberi beban pada titik tengahnya. Beban ini dapat diberikan secara statis atau secara dinamis. Selanjutnya, sampel dibiarkan untuk mengalami lentur atau torsi akibat beban tersebut. Pengujian ini akan memberikan informasi tentang kekuatan material, modulus elastisitas, dan ketahanannya terhadap deformasi permanen.

Metode pengujian bending dapat bervariasi tergantung pada tujuan pengujian dan karakteristik material yang diuji. Beberapa metode pengujian bending yang umum digunakan termasuk pengujian tiga titik dan empat titik, di mana beban diberikan pada titik-titik tertentu pada sampel uji.

2.3.1 Uji Bending Tiga Titik (*Three Point Bending Test*)

Pengujian bending tiga titik merupakan metode pengujian yang melibatkan dua tumpuan dan satu penekan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1. Dalam pengujian ini, spesimen diberikan beban pada satu titik, yaitu tepat di tengah batang ($0,5 L$). Agar momen yang dihasilkan mencapai nilai maksimum, pembebanan harus ditempatkan secara tepat pada posisi $0,5 L$ [14]. Pada gambar 2.1 dapat dilihat skema pengujian bending yang dilakukan.



Gambar 2.1 Skema Uji Bending 3 Titik [14]

Dengan persamaan yang digunakan:

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times W \times T^2} \quad (2.1)$$

Dimana:

- σ = Kekuatan Bending (N/mm^2)
- P = Beban Tekan atau Gaya (N)
- L = Jarak dua titik tumpuan (mm)
- W = Lebar spesimen (mm)
- T = Tebal spesimen (mm)

2.4. Pengujian Kekerasan (*Brinell*)

Pengujian *Brinell* dilakukan dengan menekan sebuah bola baja yang diperkeras, dengan diameter tertentu, secara statis ke permukaan logam. Permukaan

spesimen atau benda uji harus rata dan bersih sebelum pengujian. Setelah gaya tekan dihilangkan dan bola baja diangkat dari bekas lekukan, diameter lekukan yang terbentuk diukur untuk menentukan kekerasan logam pada spesimen atau benda uji. Standar dari bola *Brinell* adalah $\varnothing$ 10 mm dengan nilai penyimpangan maksimal 0,005 mm. Pada gambar 2.2 dapat dilihat skema pengujian kekerasan yang dilakukan.

Rumus pengujian *Brinell*:

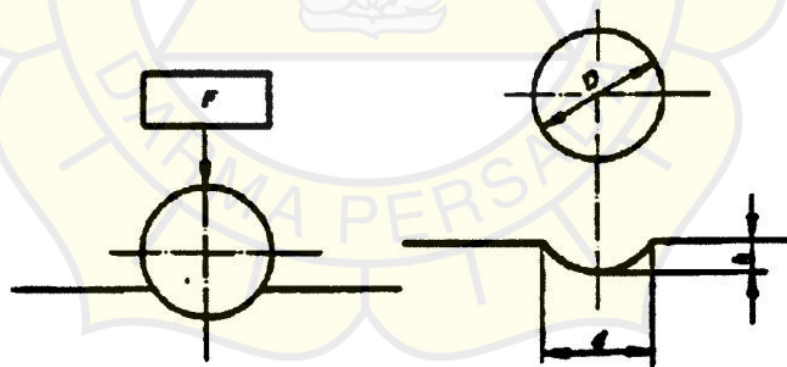
$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \quad (2.2)$$

Dimana:

P = Beban yang diberikan (Kg atau Kgf)

D = Diamter indenter (mm)

d = Diameter bekas lekukan



Gambar 2.2 Kekerasan (*Brinell*) [16]

2.5. Standar Pengujian

2.5.1 ASTM E290

Merupakan standar yang menguraikan metode pengujian lentur untuk menilai kelenturan material. Uji lentur ini penting untuk menentukan kemampuan suatu

material untuk menahan deformasi plastis sebelum retak. Pengujian dilakukan dengan menekuk spesimen hingga sudut tertentu dan memeriksa adanya retak atau kegagalan pada material. Tujuan dari penggunaan standar tersebut didalam pengujian adalah untuk:

- Untuk mengevaluasi kelenturan bahan, baik logam maupun non-logam.
- Menentukan sejauh mana material dapat dibentuk tanpa retak.

2.5.2 ASTM E10

Merupakan standar yang menguraikan metode pengujian kekerasan *Brinell* untuk material logam. Metode ini mengukur kekerasan berdasarkan indentasi yang dihasilkan oleh bola baja atau karbida yang ditekan ke dalam permukaan material dengan beban tertentu. Diameter dari indentasi yang dihasilkan kemudian diukur untuk menentukan nilai kekerasan *Brinell*. Tujuan dari penggunaan standar tersebut didalam pengujian adalah untuk untuk menentukan kekerasan material logam dengan metode *Brinell*.

2.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan diatas, maka hipotesis yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

- Terdapat perbedaan signifikan pada sifat material SKD 61 antara penggunaan teknik *Single Quenching* dan *Double Quenching*.
- Penerapan teknik *Single Quenching* dan *Double Quenching* berpengaruh terhadap hasil sifat material SKD 61 pada pengujian bending, dengan kemungkinan bahwa salah satu teknik menghasilkan material yang lebih

mudah ditekuk atau memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada yang lain.

- Penerapan teknik *Single Quenching* dan *Double Quenching* memiliki dampak terhadap hasil sifat material SKD 61 pada pengujian *Brinell*, dengan kemungkinan bahwa salah satu teknik memiliki nilai sifat material yang lebih tinggi daripada yang lain.

