

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja karbon rendah sangat penting dalam industri manufaktur dalam bidang material engineering. Baja ST (Steel/Baja) 41, salah satu jenis baja karbon rendah, sering digunakan karena mudah dibentuk dan murah. Namun, sifat mekanis suatu material, terutama ketangguhannya terhadap pengaruh, sangat penting untuk jenis material yang akan digunakan secara aman dan efisien.

Salah satu metode pengujian penting yang digunakan untuk mengukur ketangguhan material adalah uji impact. Ini terutama berlaku dalam situasi beban dinamis yang ekstrem. Komposisi material, struktur mikro, dan desain geometris spesimen, seperti ukuran dan bentuk notch (lekukan), memengaruhi hasil uji. Notch memiliki kemampuan untuk mempengaruhi distribusi tegangan di dalam material dan berdampak besar pada hasil uji impact. Pemahaman tentang variabel-variabel desain spesimen sangat penting seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan akan material yang lebih tahan terhadap beban kejut.

Menurut Dr. Matthews bahwa baja ST 41 memiliki mikrostruktur ferrit dan perlit, yang berperan penting dalam memberikan sifat keuletan yang baik. Ferrit sebagai fase dominan bersifat lunak dan ulet, sementara perlit memberikan kekuatan tambahan. Kombinasi ini memungkinkan baja ST 41 menyerap energi benturan yang cukup baik pada suhu ruang, tetapi cenderung mengalami transisi getas pada suhu rendah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari bagaimana sudut dan variasi notch berdampak pada ketangguhan baja karbon rendah ST 41. energi impact yang diukur dalam pengujian Charpy dihitung dari selisih energi potensial pendulum pada sudut α dan energi yang tersisa setelah benturan pada sudut β . Ini memberikan informasi tentang ketangguhan material, yaitu seberapa baik spesimen mampu menyerap energi sebelum patah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh sudut pada sampel terhadap nilai impact baja karbon rendah ST41?
2. Bagaimana pengaruh bentuk notch pada sampel terhadap nilai impact baja karbon rendah ST41?
3. Apakah terdapat perbedaan signifikan pada nilai impact berdasarkan sudut dan variasi notch pada sampel?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk menganalisis pengaruh sudut dan bentuk notch terhadap nilai impact pada baja karbon rendah ST41. Dengan memahami pengaruh kedua faktor ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang lebih baik dalam aplikasi material baja karbon rendah di industri, khususnya dalam kondisi yang melibatkan beban benturan atau dinamis.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menganalisis pengaruh sudut pada sampel terhadap nilai impact baja karbon rendah ST41.
2. Menganalisis pengaruh bentuk notch pada sampel terhadap nilai impact baja karbon rendah ST41.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang ditetapkan untuk menjaga fokus dan konsistensi hasil, yaitu:

1. Penelitian ini hanya akan menggunakan baja karbon rendah jenis ST41 sebagai material uji. Material jenis lain tidak akan dibahas atau dianalisis.
2. Pengujian akan dilakukan menggunakan metode uji impact Charpy. Variasi metode pengujian lain dan analisis di luar pengukuran nilai impact energy tidak akan menjadi bagian dari penelitian ini.
3. Ukuran, sudut dan variasi notch pada sampel terbatas, dan bentuk notch merupakan V notch dan U notch. Ukuran, sudut dan bentuk lain di luar rentang yang ditetapkan tidak akan dianalisis.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi praktis untuk industri mengenai pemilihan nilai sudut dan variasi notch pada sampel dalam uji impact.
2. Menghasilkan panduan bagi pengembangan standar pengujian yang lebih efektif dan representatif.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Karbon Rendah

2.1.1. Definisi dan Klasifikasi Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon sekitar 0,05% hingga 0,25%. Baja karbon rendah lebih lunak dan mudah dibentuk karena kandungan karbon ini dibandingkan dengan baja karbon sedang atau tinggi. Karena sifatnya yang lunak dan mudah diproses, baja karbon rendah sering disebut baja lunak, atau baja ringan.

Baja karbon rendah umumnya digunakan dalam aplikasi yang tidak memerlukan kekuatan tinggi tetapi membutuhkan kemampuan deformasi yang baik, seperti dalam pembuatan pelat, pipa, dan profil baja. Baja ini memiliki sifat yang mudah dilas, dapat ditekuk, dan dibentuk dengan mudah, sehingga menjadi pilihan utama dalam berbagai industri, termasuk konstruksi, otomotif, dan manufaktur.

Tabel 2. 1 Klasifikasi baja Karbon Rendah

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan Lelah minimum, y_f (MPa)	Peregangan minimum (%)
Baja ST 34	340	210	22
Baja ST 37	370	240	20
Baja ST 41	410	250	18
Baja ST 50	500	290	16
Baja ST 55	550	410	13

2.1.2 Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah, termasuk jenis ST41, memiliki sifat mekanik yang khas, seperti kekuatan tarik yang moderat, ketangguhan yang baik, dan kemampuan deformasi yang tinggi. Kekuatan tarik baja karbon rendah biasanya berada pada kisaran 400-550 MPa, yang cukup untuk aplikasi-aplikasi yang tidak membutuhkan kekuatan yang sangat tinggi. Selain itu, baja ini memiliki elongasi yang relatif tinggi, biasanya sekitar 20-30%, yang menunjukkan kemampuan material untuk meregang sebelum putus.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2019), baja karbon rendah juga menunjukkan ketahanan yang baik terhadap korosi dalam kondisi lingkungan tertentu, meskipun biasanya tidak sebaik baja tahan karat (stainless steel). Ketangguhan baja karbon rendah, yang merupakan kemampuan material untuk menyerap energi sebelum mengalami fraktur, juga merupakan salah satu sifat penting yang membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap benturan.

2.1.3 Aplikasi Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah banyak digunakan dalam berbagai sektor industri karena sifat-sifat mekaniknya yang serbaguna. Dalam industri konstruksi, baja karbon rendah digunakan untuk membuat struktur bangunan, rangka baja, dan pelat lantai. Di industri otomotif, baja ini digunakan untuk pembuatan bodi kendaraan, sasis, dan komponen-komponen lain yang memerlukan material yang dapat menyerap energi benturan untuk keselamatan.

Sari (2020) menyatakan bahwa baja karbon rendah juga digunakan dalam pembuatan pipa dan tabung, terutama untuk aplikasi yang memerlukan fleksibilitas dan kemampuan untuk menahan tekanan tanpa mengalami kegagalan. Selain itu, baja karbon rendah juga sering digunakan dalam industri manufaktur untuk membuat berbagai komponen mesin dan alat-alat yang memerlukan kombinasi antara kekuatan, ketangguhan, dan kemampuan untuk dibentuk.

2.1.4 ST41: Spesifikasi dan Karakteristik

ST41 adalah salah satu jenis baja karbon rendah yang sangat umum digunakan di Indonesia dan beberapa negara lain. Baja ini memiliki kekuatan tarik minimal sekitar 410 MPa, yang membuatnya ideal untuk aplikasi-aplikasi struktural yang tidak memerlukan kekuatan sangat tinggi tetapi membutuhkan ketangguhan dan kemampuan untuk menahan deformasi.

Ali (2021) mencatat bahwa baja ST41 memiliki komposisi kimia yang stabil dengan kandungan karbon rendah, yang membuatnya mudah untuk dilas dan dikerjakan. Baja ini juga menunjukkan performa yang baik dalam pengujian ketangguhan, terutama dalam uji impact, yang sering digunakan untuk mengevaluasi kemampuan material dalam menyerap energi sebelum mengalami kegagalan.

2.1.5 Pengaruh Kandungan Karbon terhadap Sifat Baja

Kandungan karbon dalam baja secara langsung mempengaruhi sifat mekaniknya. Dalam baja karbon rendah, kandungan karbon yang rendah menghasilkan material dengan sifat mekanik yang seimbang antara kekuatan dan

ketangguhan. Semakin rendah kandungan karbon, semakin lunak baja tersebut, yang memungkinkan deformasi yang lebih besar tanpa retak atau patah.

Namun, menurut studi oleh Anwar (2022), kandungan karbon yang rendah juga berarti baja karbon rendah memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan baja karbon sedang atau tinggi. Oleh karena itu, baja karbon rendah biasanya digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kemampuan deformasi yang tinggi dan beban mekanik yang moderat.

2.2 Uji Impak

2.2.1 Definisi dan Tujuan Uji Impak

Mesin uji *impact* adalah mesin uji untuk mengetahui harga impak suatu beban yang diakibatkan oleh gaya kejut pada bahan uji tersebut. tipe dan bentuk konstruksi mesin uji bentur beraneka ragam, yaitu mulai dari jenis konvensional sampai dengan sistem digital yang lebih maju. Dalam pembebanan statis dapat juga terjadi laju deformasi yang tinggi kalau bahan diberi takikan. Semakin tajam takikan, maka akan semakin besar deformasi yang terkonsentrasikan pada takikan, yang memungkinkan peningkatan laju regangan beberapa kali lipat.

(Ismail, 2012) Patah getas menjadi permasalahan penting pada baja dan besi. Pengujian *impact* dipergunakan untuk menentukan kualitas bahan. Benda uji takikan berbentuk V yang mempunyai keadaan takikan 2 mm banyak dipakai. Mesin uji *impact charpy* dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 1 Mesin uji impak metode charpy

Apabila pendulum dengan berat G dan pada kedudukan h_1 dilepaskan, maka akan mengayun sampai kedudukan posisi akhir 4 pada ketinggian h_2 yang juga hampir sama dengan tinggi semula (h_1), dimana pendulum mengayun bebas. Pada mesin uji yang baik, skala akan menunjukkan usaha lebih dari 0,05 kilogram meter (kg m) pada saat pendulum mencapai kedudukan 4 .

Apabila batang uji dipasang pada kedudukannya dan pendulum dilepaskan, maka pendulum akan memukul batang uji dan selanjutnya pendulum akan mengayun sampai kedudukan 3 pada ketinggian h_2 . Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut:

$$W_1 = G \times h_1 \text{ (kg m)}$$

$$W_1 = G \times \lambda(1 - \cos \alpha) \text{ (kg m)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

W_1 = usaha yang dilakukan (kg m)

G = berat pendulum (kg)

h_1 = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum

Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W_2 = G \times h_2 \text{ (kg m)}$$

$$W_2 = G \times \lambda(1 - \cos \beta) \text{ (kg m)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

W_2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

G = berat pendulum (kg)

h_2 = jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum

Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W = W_1 - W_2 \text{ (kg m)}$$

$$W = G \times \lambda(\cos \beta - \cos \lambda) \text{ (kg m)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)

W_1 = usaha yang dilakukan (kg m)

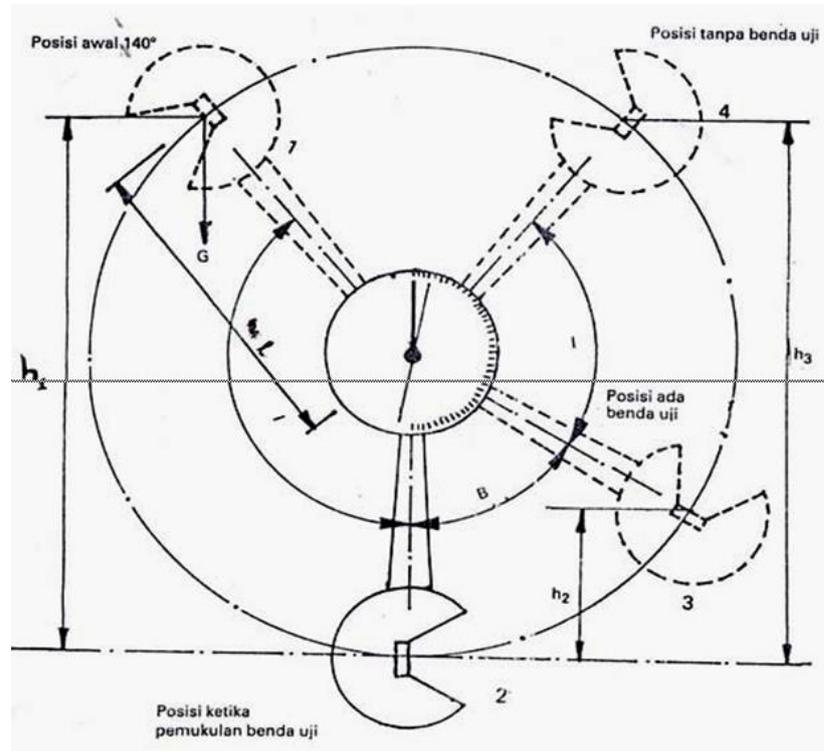
W_2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

G = berat pendulum (kg)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum



Gambar 2. 2 Prinsip dasar mesin uji impact

Pengujian yang dilakukan dengan metode *Charpy* akan menghasilkan harga impact yang lebih valid dibandingkan bila dilakukan dengan metode *Izod*, karena energi yang diserap penyangga tidak terlalu besar sehingga tidak banyak mempengaruhi harga impact. Praktikum ini menggunakan spesimen *Charpy* dengan takikan V.

Selain harga impact, pengujian ini juga dapat menentukan nilai temperatur transisi. Temperatur transisi adalah jangkauan temperatur dimana suatu material mengalami perubahan jenis patahan dari ulet menjadi getas. Temperatur transisi ditentukan dengan banyak cara. Pertama FATT (*Fracture Appearance Transition Temperature*), yaitu temperatur dimana permukaan patahan 50% getas dan 50% ulet.

Kedua memperhatikan nilai FTP (*Fracture Transition Plastic*) dan NDT (*Nil Ductile Temperature*). FTP adalah temperatur dimana suatu patahan dari

ulet sempurna menjadi getas. Sedang NDT adalah temperatur saat tidak ada lagi deformasi plastis lagi yang terjadi sehingga suatu material langsung mengalami patah getas.

Jangkauan temperatur antara FTP dan NDT inilah yang disebut dengan temperatur transisi. Prinsip pengujian impak ini adalah menghitung energi yang diberikan beban dan menghitung energi yang diserap oleh spesimen. Saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial, kemudian saat menumbuk spesimen energi kinetik mencapai maksimum.

Energi yang diserap spesimen akan menyebabkan spesimen mengalami kegagalan. Bentuk kegagalan itu tergantung pada jenis materialnya, apakah patah getas atau patah ulet. Dengan membuat variasi perubahan temperatur, maka dilihat bentuk patahan dan energi yang diserap oleh spesimen, lalu dibuat suatu kurva yang menghubungkan antara temperatur dan energi yang diserapnya. Selain mendapat kurva energi yang diserap-temperatur, dari praktikum ini juga bisa mendapat Harga Impak. Harga Impak (HI) didapat dengan rumus :

$$HI = \frac{E}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

HI = harga impak (joule/mm²)

E = energi impak (joule)

A = luas penampang (mm²)

2.2.2 Prinsip Dasar Uji Impak

Prinsip dasar dari uji impact melibatkan penggunaan sebuah pendulum atau massa yang dilepaskan dari ketinggian tertentu untuk menabrak sampel uji, sehingga menyebabkan deformasi dan akhirnya fraktur pada material.

Energi yang diserap oleh material selama proses ini dihitung berdasarkan perbedaan antara energi potensial awal pendulum dan energi yang tersisa setelah tumbukan. Nilai energi ini diukur dalam satuan Joule (J) dan digunakan sebagai indikator ketangguhan material.

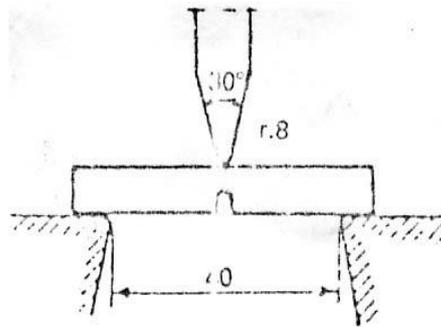
Dua metode uji impact yang paling umum digunakan adalah metode Charpy dan Izod. Keduanya memiliki prinsip yang serupa tetapi berbeda dalam hal orientasi dan penempatan sampel. Dalam metode Charpy, sampel biasanya diletakkan secara horizontal dengan takikan di tengah, sementara dalam metode Izod, sampel diletakkan secara vertikal.

2.2.3 Metode Charpy dan Izod

A. Metode Charpy:

Metode Charpy adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk uji impact. Pada uji Charpy, sampel berbentuk balok dengan takikan (notch) di tengahnya ditempatkan secara horizontal di antara dua penyangga. Pendulum kemudian dilepaskan untuk menabrak sampel pada bagian takikan, dan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan sampel diukur. Takikan pada sampel berfungsi untuk memusatkan tegangan, yang mempercepat terjadinya fraktur dan memungkinkan pengukuran energi yang lebih akurat.

Metode Charpy sering digunakan karena memberikan informasi yang baik tentang ketangguhan material dalam kondisi yang menyerupai aplikasi sebenarnya, terutama dalam industri otomotif dan konstruksi.



Gambar 2. 3 Peletakan spesimen Metode Charpy

Adapun kelebihan dan kekurangan dari metode *charpy* adalah :

a. Kelebihan :

- 1) Hasil pengujian lebih akurat.
- 2) Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan.
- 3) Menghasilkan tegangan uniform di sepanjang penampang.
- 4) Harga alat lebih murah.
- 5) Waktu pengujian lebih singkat.

b. Kekurangan :

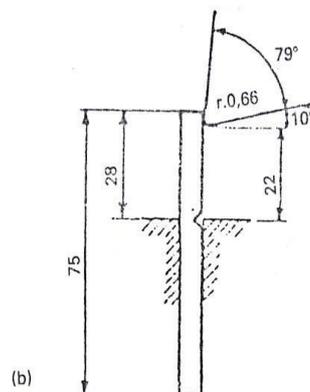
- 1) Hanya dapat dipasang pada posisi *horizontal*.
- 2) Spesimen dapat bergeser dari tumpuannya karena tidak dicekam.
- 3) Pengujian hanya dapat dilakukan pada specimen yang kecil.
- 4) Hasil pengujian kurang dapat atau tepat dimanfaatkan dalam perancangan karena *level* tegangan yang diberikan tidak rata.

B. Metode Izod:

Metode Izod mirip dengan metode Charpy, tetapi perbedaannya terletak pada orientasi sampel dan posisi takikan. Dalam metode Izod, sampel ditempatkan secara vertikal dengan takikan yang menghadap pendulum.

Pendulum kemudian dilepaskan untuk menabrak sampel pada bagian atas takikan. Energi yang diukur dalam metode Izod juga digunakan untuk menilai ketangguhan material, tetapi metode ini lebih umum digunakan untuk pengujian material non-logam, seperti plastik.

Ali (2021) menyebutkan bahwa meskipun metode Izod lebih jarang digunakan untuk logam, metode ini tetap relevan dalam konteks tertentu, terutama untuk aplikasi yang memerlukan pengujian ketangguhan dalam kondisi yang lebih spesifik.



Gambar 2. 4 Peletakan spesimen Metode Izod

Adapun kelebihan dan kekurangan dari metode *izood* adalah :

a. Kelebihan

Tumbukan tepat pada takikan karena benda kerja dicekam dan spesimen tidak mudah bergeser karena dicekam pada salah satu ujungnya.

- 1) Dapat menggunakan spesimen dengan ukuran yang lebih besar.

b. Kerugian :

- 1) Biaya pengujian yang lebih mahal.
- 2) Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik.
- 3) Proses pengerjaan pengujiannya lebih sukar.
- 4) Hasil perpatahan yang kurang baik.
- 5) Waktu yang digunakan cukup banyak karena prosedur pengujiannya yang banyak, mulai dari menjepit benda kerja sampai tahap pengujian.
- 6) Memerlukan mesin uji yang berkapasitas 10.000 ton.

Pengerjaan benda uji pada *impact charpy* dan *izod* dikerjakan habis pada semua permukaan. Takikan dibuat dengan mesin fris atau alat *notch* khusus takik.

Dasar pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi atau patahan. Pada proses tumbukan, dapat dihitung kerja tumbukan yang diterima W , yakni kerja karena perubahan bentuk dari benda uji sampai mencapai munculnya kepatahan. Kekuatan tumbukan dimana,

$$WS = \frac{W}{A} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

A = Penampang patah

W = Kerja tumbukan

WS = Besaran yang mengontrol karakteristik bahan kerja.

Sifat material yang berhubungan dengan kerja yang dibutuhkan untuk menyebabkan patahan dinamakan ketangguhan dan tergantung pada tipe pembebanan. Walaupun demikian, tingkat dimana energi diserap dengan nyata dapat mempengaruhi sifat material dan ukuran ketangguhan yang berbeda mungkin didapat dari beban impact.

2.2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Hasil Uji Impact

Hasil uji impact dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang terkait dengan sifat material itu sendiri maupun kondisi pengujian. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi hasil uji impact antara lain:

1. Ukuran dan Bentuk Sampel:

- Ukuran dan variasi notch pada sampel, secara signifikan mempengaruhi distribusi tegangan selama tumbukan. Semakin besar ukuran sampel, semakin besar energi yang diperlukan untuk mematahkannya. Bentuk sampel, terutama adanya takikan, dapat memusatkan tegangan dan mempercepat fraktur. Penelitian oleh Sari (2020) menunjukkan bahwa variasi dimensi sampel dapat menyebabkan perbedaan yang signifikan dalam hasil uji impact.

2. Temperatur Pengujian:

- Suhu pengujian juga berpengaruh besar terhadap hasil uji impact. Material umumnya menunjukkan ketangguhan yang lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi dan menjadi lebih rapuh pada suhu rendah. Hal ini terutama penting dalam aplikasi di mana material harus digunakan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem.

3. Kecepatan Tumbukan:

- Kecepatan di mana pendulum dilepaskan dan menabrak sampel juga mempengaruhi hasil. Semakin cepat tumbukan, semakin besar energi yang diserap dalam waktu singkat, yang dapat meningkatkan ketangguhan yang diukur.

4. Struktur Mikro Material:

- Struktur mikro dari material, seperti ukuran butir dan fasa yang ada dalam material, juga berperan dalam ketangguhan material. Material dengan ukuran butir yang lebih halus cenderung memiliki ketangguhan yang lebih baik karena distribusi tegangan yang lebih merata.

2.2.5 Relevansi Uji Impact dalam Aplikasi Industri

Uji impact sangat relevan dalam berbagai aplikasi industri karena memberikan wawasan tentang kinerja material di bawah kondisi beban dinamis yang sebenarnya. Dalam industri otomotif, misalnya, uji impact digunakan untuk menilai ketangguhan material yang digunakan dalam komponen kendaraan yang mungkin mengalami benturan, seperti bumper atau struktur penyangga.

Di industri konstruksi, uji impact membantu dalam memilih material yang tepat untuk struktur yang mungkin terkena beban benturan, seperti bangunan di daerah rawan gempa atau jembatan yang mungkin terkena benturan kendaraan.

Menurut penelitian Anwar (2022), hasil uji impact juga digunakan sebagai dasar untuk perbaikan material melalui proses perlakuan panas atau modifikasi

komposisi kimia, sehingga meningkatkan ketangguhan dan keandalan material dalam aplikasi praktis.

2.3 Pengaruh Sudut dan Bentuk Sampel

2.3.1 Pentingnya Ukuran dan Bentuk Sampel dalam Pengujian Material

Ukuran dan bentuk sampel merupakan dua faktor penting yang dapat mempengaruhi hasil pengujian material, termasuk uji impact. Ketika melakukan pengujian material, khususnya untuk menilai ketangguhan atau ketahanan terhadap benturan, variasi dalam ukuran dan bentuk sampel dapat menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam hasil yang diperoleh. Ukuran sampel menentukan volume material yang diuji, sementara bentuk sampel, terutama adanya takikan atau fitur geometris lainnya, mempengaruhi distribusi tegangan dan cara material mengalami deformasi.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sari (2020), pengaruh ukuran dan bentuk sampel dalam uji impact sering kali diabaikan, padahal keduanya dapat memberikan wawasan penting tentang kinerja material di bawah kondisi beban tertentu. Dengan memahami bagaimana ukuran dan bentuk sampel mempengaruhi hasil pengujian, insinyur dan ilmuwan material dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam merancang komponen yang akan digunakan dalam aplikasi yang melibatkan beban dinamis atau benturan.

2.3.2 Pengaruh sudut pada Sampel terhadap Hasil Uji Impak

Dalam uji impak, sudut alpha dan beta mengacu pada geometri sampel dan sudut-sudut yang terkait dengan titik tumbukan, yang memiliki pengaruh

signifikan terhadap hasil pengujian, terutama dalam mengukur ketangguhan material.

- Sudut Alpha (α):

Sudut ini biasanya mengacu pada sudut yang dibentuk oleh alur (notch) atau celah pada sampel uji. Alur ini dibuat untuk mengonsentrasikan tegangan pada titik tertentu sehingga memudahkan terjadinya retakan pada tumbukan. Sudut alpha ini mempengaruhi seberapa mudah retakan terbentuk dan menyebar ketika beban diberikan. Semakin tajam sudut alur (misalnya jika sudutnya kecil), semakin besar konsentrasi tegangan di sekitar alur tersebut, sehingga menyebabkan material cenderung lebih mudah patah. Jika sudutnya lebih besar, konsentrasi tegangan akan lebih tersebar, sehingga material mungkin membutuhkan energi lebih besar untuk patah.

- Sudut Beta (β):

Sudut beta biasanya mengacu pada sudut antara arah tumbukan dengan bidang sampel atau orientasi alur pada sampel uji. Sudut ini penting karena jika tumbukan terjadi pada sudut yang berbeda, distribusi gaya dan arah penyebaran retakan bisa berubah. Misalnya, jika sudut beta berubah dari posisi yang lurus (perpendicular) terhadap tumbukan, gaya yang diterima oleh material dapat terdistribusi secara berbeda, mempengaruhi hasil uji ketangguhan. Pada beberapa material, sudut beta yang lebih kecil mungkin menghasilkan retakan yang lebih cepat, sementara sudut yang lebih besar dapat mengakibatkan penyebaran retakan yang lebih lambat.

Secara keseluruhan, sudut alpha dan sudut beta mempengaruhi bagaimana tegangan terkonsentrasi pada material dan bagaimana energi impact diserap oleh

sampel, sehingga memengaruhi hasil akhir dalam hal energi yang diperlukan untuk menyebabkan patahan (charpy atau izod impact test).

2.3.3 Pengaruh Bentuk Notch pada Sampel terhadap Hasil Uji Impact

Desain notch dalam spesimen uji impact tidak hanya terbatas pada ukuran, tetapi juga pada bentuknya. Bentuk notch dapat mempengaruhi distribusi tegangan yang lebih kompleks dalam material, sehingga mempengaruhi performa material di bawah beban kejut. Dalam pengujian impact, bentuk notch yang umum digunakan antara lain V-notch, U-notch, dan keyhole notch. Berikut adalah analisis pengaruh berbagai bentuk notch terhadap hasil uji impact:

1. Jenis-Jenis Bentuk Notch

- V-notch: Bentuk V-notch menciptakan konsentrasi tegangan yang tajam di dasar notch, yang dapat memicu inisiasi retak lebih cepat. Bentuk ini sering digunakan dalam uji Charpy karena kesederhanaannya dan kemampuannya untuk menghasilkan data konsisten tentang ketangguhan material.
- U-notch: Dengan lengkungan yang lebih lembut dibandingkan V-notch, U-notch mendistribusikan tegangan lebih merata, mengurangi konsentrasi tegangan puncak. Hal ini dapat menghasilkan penyerapan energi impact yang lebih tinggi sebelum fraktur terjadi.
- Keyhole notch: Memiliki lubang bundar di bagian bawahnya, keyhole notch memadukan efek dari bentuk melengkung dan sudut pembukaan. Bentuk ini sering digunakan untuk menirukan cacat

yang mungkin terjadi di aplikasi nyata, memberikan wawasan tambahan tentang ketahanan cacat material.

2. Pengaruh Bentuk Notch Terhadap Energi Absorpsi

Variasi dalam bentuk notch mempengaruhi bagaimana dan kapan patahan terjadi pada material. Misalnya, V-notch dengan sudut tajam menyebabkan konsentrasi tegangan tinggi yang cenderung menghasilkan patahan getas pada energi yang lebih rendah. Sebaliknya, U-notch dan keyhole notch dapat menyebar tegangan, memungkinkan material untuk menjalani deformasi plastis terlebih dahulu, sehingga menyerap lebih banyak energi sebelum fraktur.

3. Perubahan Pola Patah

Bentuk notch secara signifikan mempengaruhi pola patah yang diamati. Spesimen dengan V-notch sering menunjukkan patahan getas yang bersifat transgranular, sementara U-notch dan keyhole notch dapat menunjukkan patahan yang lebih duktile dengan permukaan yang lebih kasar, menandakan deformasi plastis lebih signifikan sebelum patah.

4. Implikasi untuk Desain Teknik

Pemilihan bentuk notch yang tepat tergantung pada aplikasi material dan sifat-sifat yang diinginkan. Untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan lebih tinggi terhadap cacat atau keretakan, menggunakan U-notch atau keyhole notch dalam pengujian dapat memberikan data yang lebih relevan mengenai performa material. Hal ini membantu dalam desain material yang lebih aman dan andal menurut kebutuhan spesifik industri.

5. Kesimpulan

Bentuk notch adalah parameter krusial dalam menentukan hasil uji impak. Pemahaman mendalam tentang pengaruh bentuk notch membantu insinyur dan ilmuwan material dalam memilih desain spesimen yang tepat untuk menilai performa material. Penelitian lebih lanjut dengan variasi lingkungan dan kondisi pengujian yang berbeda dapat menambah wawasan tentang perilaku material di bawah kondisi nyata.

2.3.4 Interaksi antara sudut dan Bentuk Notch pada Sampel

Interaksi antara sudut alpha (α), sudut beta (β), dan bentuk notch pada sampel biasanya berhubungan dengan studi tentang retakan, kekuatan mekanik, atau uji kelelahan material. Berikut adalah penjelasan umum mengenai masing-masing elemen dan bagaimana mereka berinteraksi:

- Sudut Alpha (α):

Sudut ini biasanya mengacu pada sudut tip retakan atau sudut kemiringan awal dari notch (takik) terhadap sumbu utama sampel. Sudut alpha mempengaruhi bagaimana tekanan atau gaya diaplikasikan pada notch dan bagaimana gaya ini menyebar di sekitar ujung notch. Semakin tajam sudut alpha, semakin terkonsentrasi gaya atau tegangan pada ujung notch, yang bisa mempercepat inisiasi retakan.

- Sudut Beta (β):

Sudut beta sering kali digunakan untuk menunjukkan sudut penyebaran retakan dari notch setelah gaya atau tekanan diterapkan. Ini bisa mencerminkan

arah dan jalur retakan yang dipengaruhi oleh distribusi tegangan dalam material. Jika sudut beta besar, retakan bisa menyebar lebih cepat dan lebih tak terduga. Ini bisa mempengaruhi laju kelelahan atau kegagalan struktural.

- Bentuk Notch:

Bentuk notch sangat penting karena berperan dalam konsentrasi tegangan yang dihasilkan. Bentuk notch bisa berupa V-notch, U-notch, atau notch berbentuk lainnya. Bentuk yang lebih tajam (seperti V-notch) biasanya menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi di sekitar area notch, yang bisa mempercepat inisiasi retakan atau kegagalan. Bentuk notch berinteraksi dengan sudut alpha dan beta. Misalnya, notch yang tajam dengan sudut alpha kecil cenderung memiliki konsentrasi tegangan yang sangat tinggi, sehingga bisa menyebabkan sudut beta lebih besar saat retakan menyebar.

- Interaksi:

Sudut alpha menentukan bagaimana gaya ditransfer ke notch, dan sudut beta dipengaruhi oleh bagaimana material mengalami retakan setelah notch mengalami tegangan. Bentuk notch menentukan distribusi tegangan, yang akan mempengaruhi sudut alpha dan beta. Kombinasi ketiganya menentukan bagaimana suatu material akan merespon terhadap tegangan, khususnya dalam hal kegagalan material atau uji kelelahan. Jika salah satu dari ketiga variabel ini diubah, respons material bisa berbeda. Misalnya, notch yang lebih tajam dengan sudut alpha yang lebih kecil akan menghasilkan keretakan yang lebih cepat dan retakan yang lebih terarah (sudut beta lebih besar).

2.3.5 Implikasi untuk Aplikasi Industri

Uji impak Charpy digunakan untuk mengukur ketangguhan material terhadap benturan, yang sangat penting dalam aplikasi industri untuk memastikan keamanan dan keandalan bahan. Dalam uji ini, notch (takik) dibuat pada spesimen, dan sudut notch serta variasi notch memainkan peran penting dalam hasil pengujian. Sudut alpha dan beta merupakan dua sudut penting dalam desain notch yang memengaruhi kinerja material. Berikut adalah implikasi industri terhadap parameter-parameter tersebut:

1. Sudut Alpha (Sudut Ketajaman Takik)

Pengaruh terhadap Material: Semakin tajam sudut alpha (misalnya lebih kecil), konsentrasi tegangan di area takik semakin tinggi. Ini berarti material akan lebih cenderung retak lebih cepat di bawah beban benturan. Dalam industri, sudut alpha yang lebih tajam digunakan untuk meniru kondisi yang lebih keras, seperti yang terjadi pada sambungan las atau struktur kritis lainnya. Aplikasi Industri: Pada aplikasi struktural di mana ketahanan retak sangat penting (seperti di industri nuklir atau transportasi), memahami bagaimana sudut alpha memengaruhi ketangguhan material dapat membantu dalam pemilihan material yang lebih aman dan sesuai untuk kondisi operasi.

2. Sudut Beta (Sudut Geometri Takik)

Pengaruh terhadap Penyerapan Energi: Sudut beta yang lebih besar (kurang tajam) mengurangi konsentrasi tegangan di sekitar takik, sehingga material dapat menyerap lebih banyak energi sebelum gagal. Ini membuat material terlihat lebih tangguh dalam pengujian. Industri yang membutuhkan material dengan penyerapan energi yang tinggi, seperti industri otomotif dan

perkapalan, dapat memanfaatkan sudut beta untuk memilih atau merancang material yang lebih sesuai. Aplikasi Industri: Dalam pembuatan struktur yang harus menahan beban dinamis tinggi atau kejutan, seperti komponen otomotif atau bagian dari pesawat, sudut beta yang optimal akan membantu menentukan bahan yang lebih tahan terhadap benturan.

3. Variasi Notch

Pengaruh terhadap Kegagalan Material: Variasi bentuk dan ukuran notch (takik) seperti V-notch, U-notch, atau tidak ada takik sama sekali, sangat memengaruhi bagaimana material akan gagal saat terkena benturan. U-notch biasanya digunakan untuk menguji material lunak atau bahan yang memiliki sifat daktil tinggi, sedangkan V-notch digunakan untuk bahan yang lebih rapuh. Aplikasi Industri: Industri baja, logam, dan konstruksi memanfaatkan variasi notch dalam pengujian untuk menilai material dalam kondisi yang menyerupai dunia nyata. Misalnya, material dengan notch yang lebih tajam digunakan untuk mensimulasikan retakan atau cacat yang mungkin terjadi selama penggunaan di lapangan. Ini memberikan wawasan tentang seberapa baik material akan bertahan di bawah stres yang serupa.

Memahami pengaruh sudut alpha, sudut beta, dan variasi notch dalam uji impak Charpy membantu industri dalam memilih material yang tepat, meningkatkan desain komponen, dan memastikan keselamatan struktur di berbagai aplikasi, termasuk otomotif, konstruksi, dan peralatan berat.