

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan

Pengelasan ialah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dan menghasilkan logam kontinyu. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan energi panas untuk mencairkan logam. Energi panas yang digunakan untuk mencairkan logam tersebut dapat berasal dari energi listrik, pembakaran gas, sinar elektron, gesekan, gelombang ultrasonic ataupun yang lain (Sugiarto,2012). Pengelasan adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan menggunakan proses pemanasan untuk menyatukan logam menjadi satu karena panas akibat pengaruh tekanan (Safriwardy, 2019)

Dalam dunia teknik pengelasan atau dunia industri saat ini baja karbon rendah merupakan salah satu logam yang sering digunakan dalam pembangunan konstruksi. Teknik penyambungan dengan metode pengelasan lebih banyak digunakan dibandingkan teknik penyambungan lain seperti penggunaan paku keling. Penggunaan paku keling pada sambungan pelat baja bersifat kuat dan tidak mudah lepas sehingga ketika paku keling dilepas akan terjadi kerusakan pada sambungan tersebut. Pada beberapa sambungan, paku keling digunakan sebagai tulang penyambungan, namun diantara sambungan tetap ditutup dengan pengelasan. Selain itu perbaikan terhadap kegagalan atau reparasi sambungan las memerlukan waktu yang singkat dan biaya perbaikan yang tidak mahal.

Meskipun memiliki banyak kelebihan, penyambungan dengan metode pengelasan sering juga tidak berjalan baik karena menghasilkan cacat pada sambungan las. Cacat yang terbentuk ini dapat menjadi awal terjadinya patah.

B. Pengelasan SMAW (*shielded metal arc welding*)

Dari penelitian Ridho dan Davin (2017) menyatakan bahwa prosedur pengelasan busur manual, atau SMAW, menghasilkan panas melalui busur antara elektroda dan benda kerja. Pembakaran lapisan elektroda menghasilkan gas pelindung yang melindungi busur dari pengaruh luar. *Fluks* logam cair atau terak yang dihasilkan memberikan perlindungan lebih lanjut terhadap cairan pengelasan.

Proses pengelasan SMAW dijelaskan berdasarkan jenis arusnya, meliputi arus AC dan DC, dimana arus DC di bedakan singkatan DCEN (*Straight polarity* atau polaritas langsung) dan DECP (*reverse polarity* atau polaritas terbalik). digunakan untuk mencirikan proses pengelasan SMAW. Inti kawat atau elektroda yang telah dialiri arus listrik menerima busur bantu, disebut juga busur las. Selain itu, serbuk besi dan lapisan pelapis elektroda digabungkan untuk membuat elektroda.

Proses pengelasan SMAW terjadi karena adanya beda potensial (tegangan) yang menimbulkan masalah arus pada logam yang dilas di atas logam dasar atau di ujung elektroda. Hal ini menyebabkan konsleting pada elektroda, akibatnya menciptakan busur hingga 3000° C di atas logam dasar, yang memadukan elektroda dan logam dasar selama proses pengelasan, membentuk lapisan elektroda. *Fluks* tersebut naik ke permukaan logam cair kemudian mengeras sehingga melindungi logam las dari pengaruh lingkungan dan menjamin kualitas hasil pengelasan tanpa cacat (Fatih dkk, 2023).

Baja karbon rendah telah menjadi logam yang paling sering dimanfaatkan pada bangunan saat ini, terutama pada sektor pengelasan dan industri. Teknologi pengelasan lebih komprehensif di bandingkan melepaskan paku keling akan merusak sambungan karena digunakan pada sambungan pelat baja yang kuat dan sulit untuk dilepaskan. Meskipun sambungannya dilas secara tertutup, paku keling digunakan sebagai pengencang dalam teknik sambungan ini. Selain itu, memperbaiki kekurangan dan pengelasan hanya membutuhkan waktu singkat dan biaya

sedikit. Meskipun sambungan las sangat menguntungkan, presisinya yang rendah terkadang menghambat kinerjanya secara maksimal. Patah tulang-tulang mungkin timbul akibat cacat yang terjadi.

C. Polaritas

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi dua macam yaitu mesin las arus searah atau Direct Current (DC), mesin las arus bolak-balik atau Alternating Current (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC) (Santoso et al., 2016)

1. DC (polaritas lurus)

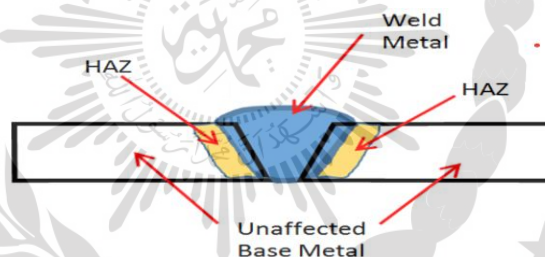
Polaritas lurus adalah DCSP (*Direct Current Straight Polaritis*) biasa disebut dengan DCEN (*Direct Current Electrode Negatif*) yang dimana elektroda dihubungkan pada posisi negatif (-) dan benda kerja dihubungkan pada posisi positif (+) dari mesin las. Arus bergerak dari elektroda ke benda kerja sehingga 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan ke benda kerja dan 1/3 panas dilepaskan ke elektroda. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan lasan penetrasi dalam.

2. AC (polaritas terbalik)

Polaritas terbalik adalah DCRP (*direct current received polarity*) biasa disebut dengan DCEP (*direct current electrode positif*) yang dimana elektroda dihubungkan pada posisi positif (+) dan benda kerja dihubungkan pada posisi negatif (-) dari mesin las. Arus bergerak dari benda kerja ke elektroda sehingga 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan pada elektroda dan 1/3 panas dilepaskan pada benda kerja. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan lasan penetrasi dangkal.

D. HAZ (head affected zone)

Pengelasan logam akan menghasilkan konfigurasi logam lasan dengan tiga daerah pengelasan yaitu, pertama *base metal* merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur, kedua adalah *weld metal* merupakan daerah yang terkena las dan tempat terjadinya proses pencairan *base metal* yang kemudian bercampur dengan logam las, ketiga adalah daerah terpengaruh panas atau disebut *heat affected zone (HAZ)* merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro karena pengaruh panas saat pengelasan dan pendinginan setelah pengelasan. HAZ merupakan daerah yang paling kritis dari sambungan las, karena selain terjadi perubahan mikrostruktur juga terjadi perubahan sifat. Secara umum daerah HAZ dipengaruhi oleh lamanya pendinginan dan komposisi logam las.



Gambar 2. 1 Daerah HAZ

E. Elektroda

Elektroda yaitu terdiri dari dua jenis bagian yang bersalut (*flux*) dan tidak bersalut yang merupakan bagian untuk menjepitkan tang las. Fungsi *flux* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan (Karmawan et al., 2020).

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik diperlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti yang terbuat dari logam yang dilapisi dengan lapisan campuran kimia. Elektroda terdiri dari dua bagian, yaitu bagian bersalut (fluks) dan tidak bersalut yang merupakan alas

untuk menjepit tang las. Fungsinya fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, dan menstabilkan busur (Ahmad Bakhori et al., 2023).

F. Baja

Bahan yang umum dalam konstruksi teknik mesin adalah baja. Selain itu, sebagian besar komponen baja adalah Fe dan C, yang dapat dicampur dengan unsur lain seperti Cr, Ni, dan Ti untuk menghasilkan kualitas mekanik yang dibutuhkan. Kandungan karbon merupakan penentu utama kualitas mekanik; biasanya kurang dari 1,0 % C. Tergantung pada kandungan karbonnya, beberapa bahan baja tipikal dikategorikan sebagai karbon rendah, sedang atau tinggi.

Menurut Ramadhani (2019), baja merupakan sumber daya mentah yang penting bagi sektor industri. Baja digunakan dalam segala hal mulai dari rangka bangunan dan jembatan hingga generator, peralatan perkakas, dan suku cadang mobil. Hampir 90 % barang logam terbuat dari baja, salah satu logam yang diekstraksi dari pertambangan. Konsentrasi unsur karbon baja bervariasi tergantung pada grade dan grade, dari 0,2 % hingga 2,1 %. Karbon berfungsi sebagai bahan penguat pada baja.

Karena mencegah perpindahan retakan pada kisi kristal atom besi. Baja karbon juga dikenal sebagai baja hitam karena warnanya yang hitam. Hal ini sering ditemukan pada alat pertanian seperti sabit dan cangkul. Selain komponen paduan tambahan yang dimasukkan secara konvensional.

G. Klasifikasi baja

Berdasarkan proporsi karbon dalam susunan kimia baja, baja karbon dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah, didefinisikan sebagai baja yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 % dalam struktur bajanya.
2. Baja karbon sedang : baja dengan kandungan karbon besi berkisar antara 0,3 % hingga 0,59 %.

3. Baja karbon tinggi: kandungan karbon baja jenis ini berkisar antara 0,6 % hingga 1,4 %.

H. Material baja ST37

Material ST37 dianggap sebagai ferit matrik, karena klasifikasinya yang kuat dari karbon rendah dan memiliki ketahanan yang tinggi. Namun ketahanan erosi material ST 37 relatif rendah, dengan laju 20 mg/kg. Ketika jika menggunakan bahan ST 37, kekurangan ketahanan terhadap korosi dan erosi sering kali menjadi masalah, terutama pada sektor pengolahan karbon, seperti sistem konversi karbon, bahan-bahan penggilingan dan komponen-komponen umbi pengangkutan. Tingkat karbon memiliki karakteristik yang lebih lembut daripada tingkat karbon sedang dan tinggi. Sebaliknya, baja karbon rendah memiliki kurang dari 0,30 % karbon setiap tahunnya. Oleh karena itu diperlukan lebih banyak pemrosesan jika bahan tersebut ingin dimodifikasi atau dibuat tahan lama.

Secara umum, baja yang memiliki lebih dari 0,30 % karbon dapat langsung dikeraskan, jika karbonnya kurang dari 0,30 % maka karbon harus ditambahkan terlebih dahulu. Memanfaatkan keunggulan baja karbon rendah pada lapisan kasar, otomotif, jembatan, pembuatan baut, pipa, dan aplikasi material lainnya. Ketentuan ini mengakui bahwa baja ST 37 adalah baja struktural kuat yang ringan dan tersedia tanpa memerlukan pesanan khusus dari pabrik baja (Driyantama,2018). Selain itu baja ST 37 merupakan material yang mudah dikerjakan dan mudah dilas. Baja struktural yang tercantum dibawah ini disebutkan secara eksplisit sehubungan dengan baja ST37 :

1. Baja ST 37 memiliki makna baja karbon rendah.
2. Kekuatan tarik baja ST 37 adalah sebesar 37 kg/mm² atau sekitar 360-370 N/mm².
3. Dalam hal ini, baja struktur ditunjukkan dengan baja ST 37, dan kuat tarik dalam kg/mm² ditunjukkan dengan dua angka dibelakangnya.

Dengan kuat tarik sebesar 37 kg/mm², baja ST 37 dapat digolongkan sebagai baja struktural, dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Baja ST37

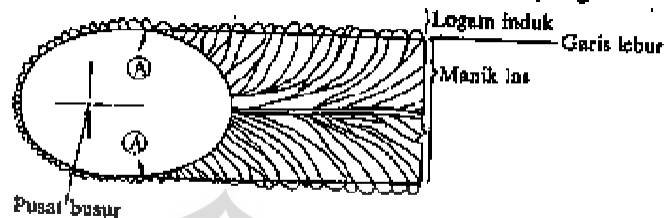
I. Uji struktur mikro

Struktur mikro ini didasarkan pada serangkaian fase dan dapat diamati menggunakan teknik metalografi dengan dibantu alat mikroskop optik dan mikroskop elektron. Zona yang terkena dampak panas (HAZ), logam dasar yang tidak terpengaruh oleh panas, dan area logam las membentuk zona las.

1. Daerah logam las

Bagian logam yang meleleh dan kemudian mengeras selama pengelasan disebut daerah logam las. Komponen logam dasar dan bahan elektroda tambahan membentuk komposisi logam las. Dalam proses pengelasan, logam las meleleh sehingga menjadi mengeras, sehingga meningkatkan kemungkinan komponen terpisah dan struktur menjadi tidak homogen. Struktur heterogen menghasilkan struktur ferit kasar dan bainit bagian atas, sehingga ketangguhan logam las. Di sinilah struktur pengecoran akan dibangun. Struktur butiran panjang (butiran kristal kolom) yang terdapat pada struktur mikro logam las inilah yang membuatnya unik. Struktur ini

meluas ke arah tengah area logam las dari logam dasar (Ilmiawan, 2023).



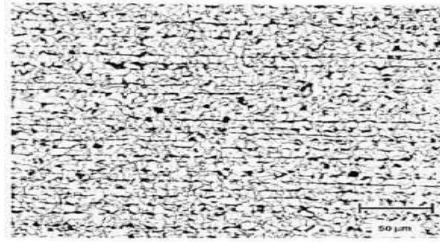
Gambar 2.3 Logam las (Ilmiawan, 2023).

Gambar 2.3 terlampir secara skematis menggambarkan proses pertumbuhan kristal logam yang dibentuk oleh pengelasan pilar. Titik A, yang terletak pada bahan dasar pada diagram, merupakan tempat dimulainya konstruksi kolom. Garis leleh memanjang dari titik ini menuju sumber panas selama pemadatan, sebagian logam dasar juga meleleh di dekat garis leleh ini. Logam dasar dan logam las tumbuh sepanjang sumbu kristal yang sama.

Rendahnya jumlah ferit batas butir dan kecenderungan struktur mikro bainit disebabkan oleh penambahan bahan paduan pada logam las. Ketika ukuran butir austenit besar, kedua bentuk struktur mikro tersebut dapat berkembang. Ferit Widmanstatten akan terjadi setelah periode pendinginan yang lama (Ilmiawan, 2023). Menyatakan bahwa struktur mikro berikut biasanya digabungkan untuk membentuk struktur mikro logam las seperti:

a. *Austenite*

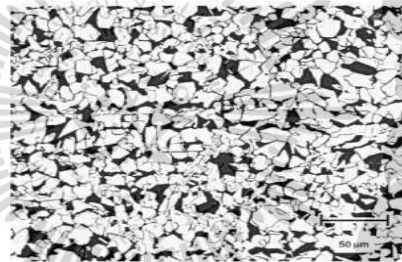
Merupakan paduan besi dan karbon yang terbentuk selama proses pembekuan dan pendinginan. *Austenite* berubah menjadi *ferite*, *pertali* dan *sementite*. *Austenite* mempunyai sifat yang lentur dan lunak, dengan kandungan karbon maksimum 2,14 %.



Gambar 2. 4 Struktur mikro ferrite (Ilmiawan, 2023)

b. *Perlite*

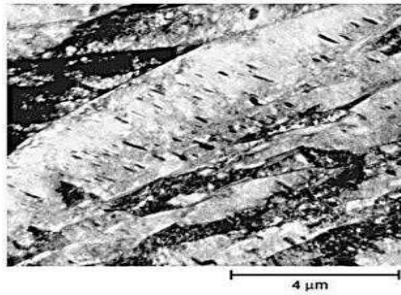
terdiri dari paduan mekanis yang terdiri dari dua fasa berselang-seling. *Ferite* dengan kandungan 0,025 % dan *sementite* dengan kandungan karbon 6,67 %. Oleh karena itu, perlit termasuk dalam struktur mikro. Tingkat kekerasan dari *perlite* yaitu 180-250 HV.



Gambar 2. 5 Struktur mikro perlite (Ilmiawan, 2023)

c. *Bainite*

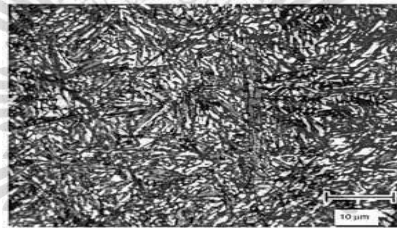
pada suhu antara 400 dan 500⁰C. Ferit terbentuk dari batas butir *austenit*. Dibandingkan dengan ferit, bainit lebih keras, namun tidak sekeras *martensit*.



Gambar 2. 6 Struktur mikro bainite (Ilmiawan, 2023)

d. *Martensit*

yang terbentuk melalui transformasi yang sangat cepat selama pendinginan menjadi fasa *austenite* pada suhu 250°C dan 550°C diikuti dengan waktu penahanan (*isothermal*). *Bainite* terdiri dari struktur mikro paduan dari *ferite* dan *sementite*. *bainite* memiliki kekerasan yaitu 300-400 HV.



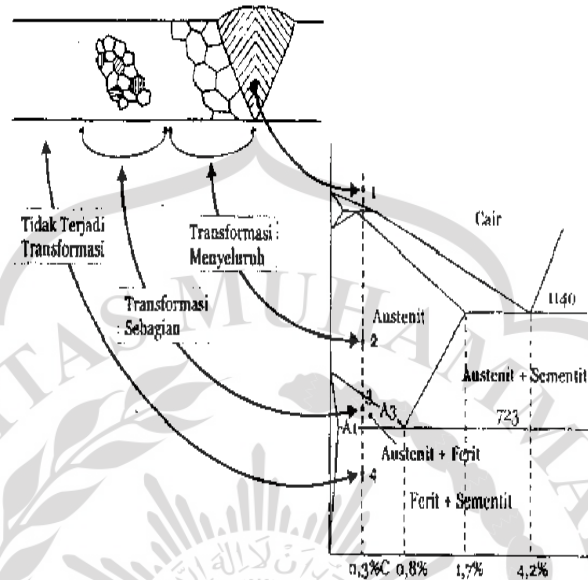
Gambar 2. 7 Struktur mikro maratensit (Ilmiawan, 2023)

1. Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ)

Terpenting dari sambungan las adalah zona yang terpengaruh panas (HAZ), yaitu logam dasar yang berada di sebelah logam las yang mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan selama proses pengelasan, merupakan area paling krusial pada sambungan las.

Temperatur pemanasan mencapai daerah fasa austenit pada titik 1 dan 2 yang merupakan dua dari tiga lokasi pada daerah HAZ. Kami menyebutnya sebagai transformasi total. Hal ini menunjukkan bahwa struktur mikro pada baja terdiri dari ferit dan perlit sebelum berubah menjadi 100% austenit. Menggambarkan suhu pemanasan transisi parsial, yang dicapai

dengan mencapai zona fase ferit dan austenitas. Hal ini menunjukkan bahwa struktur dasar baja tersebut adalah ferit dan perlit, yang kemudian berubah menjadi ferit dan *austenit*.

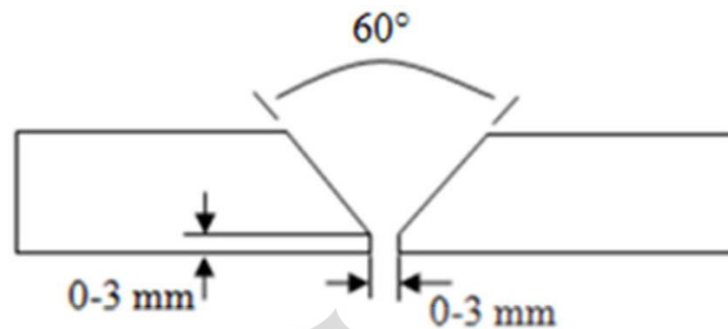


Gambar 2. 8 Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan (Sonawan, 2020).

2. Kampuh las

Kampuh las merupakan hal yang sangat penting juga untuk mencapai kualitas mekanis seperti kekuatan benturan dan kekerasan, untuk mencapai kualitas mekanis seperti kekuatan benturan dan kekerasan, lapisan las juga penting. Meskipun memilih jangkar baja yang tepat merupakan proses yang mudah, hal ini berdampak pada kekuatan tarik baja karbon rendah. Fenomena ini berpotensi mempengaruhi struktur mikro dan karakteristik mekanik baja ST 37 yang dihasilkan.

Pemilihan kampuh yang tepat dan baik pada kegunaan logam baja merupakan hal yang mudah, namun hal tersebut akan mengurangi kekuatan tarik baja karbon rendah. Teknik sambungan kampuh V terbuka dengan sudut 60° untuk membuat sambungan pelat las dengan ketebalan maksimum 6-10mm (Ikhsan, dkk 2021).

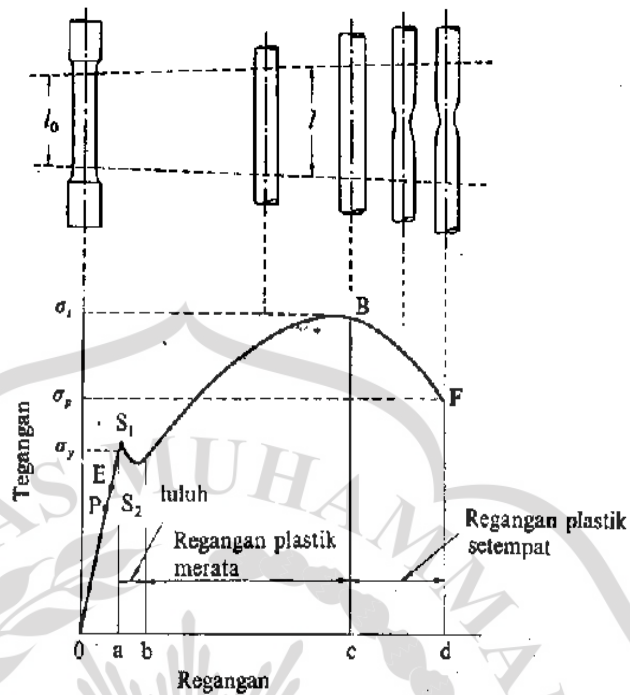


Gambar 2. 9 Kampuh V terbuka

J. Uji tarik (tensile test)

Pengujian tarik yaitu uji tegangan-regangan mekanis mengukur kekuatan suatu material terhadap gaya tarik dengan cara meregangkan spesimen hingga patah. Sifat lain seperti kekuatan luluh, pengurangan luas, dan modulus elastisitas juga dapat ditentukan dari hasil uji tarik (Buku Praktik Pengujian Destruksi Mesin Paduan, 2017). Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hinggater lepas sampai penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelanbertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dial ami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan- regangan.



Gambar 2.10 Kurva tegangan-regangan(Sonawan, 2020).



Gambar 2.11 Alat uji tarik

Rumus kekuatan tarik

$$\text{Dimana: } \sigma = \frac{F}{A_0}$$

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya(N)

A₀ = Luas penampang (mm²)

Regangan yang digunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang pengukuran dengan panjang awal, regangan yang digunakan dalam kurva dihitung. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Dimana: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

ε = Persentase regangan (%)

L_0 = Panjang awal (mm)

L_1 = Panjang akhir (mm)

$\Delta L = L_1 - L_0$ (mm)

Daya tarik ditentukan saat pengujian tegangan mulai berlangsung dari waktu ke waktu dan diakhiri dengan pengisian maksimum setiap bahan. Tegangan maksimum adalah titik batas maksimum dimana suatu bahan akan mengalami daya tarik dari luar hingga putus.

K. Uji impak

Uji impak adalah pengujian yang menguji kekuatan suatu material dengan memberikan beban aksial. Program yang menggunakan standar ASTM E23 dapat dieksekusi dengan menggunakan pendekatan *Charpy*. Uji tumbukan *Charpy* memiliki potongan berbentuk V dengan sudut 45° , radius 0,25, dan kedalaman 2 mm, serta luas penampang persegi (10×10) dan panjang 55 mm². Penyerapan energi prosedur pengujian akan ditentukan selama uji tumbukan. Massa (kg) dikalikan dengan gravitasi menghasilkan nilai serapan energi, dan proses pemanasan menentukan tinggi getaran (m). Kemudian dari hasil serapan energi digunakan untuk menentukan nilai impak yang mengukur kerapuhan material. Nilai tumbukan ditentukan dengan membagi persamaan serapan energi (Nm) dengan luas penampang sampel (Putra dan Arwizwt 2019).

$$\text{Energi yang di serap } (E) = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) (J)$$

Keterangan:

m = Massa bandul (kg)

g = Gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$

R = Jarak lengan bandul (m)

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal bandul

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

$$\text{Harga impact } (HI) = \frac{\text{Energi impact } (E)(J)}{\text{Luas penampang di bawah takik } (A)(\text{mm})}$$

