

PERANCANGAN ALAT UJI IMPAK METODE CHARPY KAPASITAS 100 JOULE

Yopi Handoyo¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam 45 Bekasi
Email : handoyoyopi@yahoo.com

Abstrak

Perancangan dan pengujian impact merupakan analisa bahan untuk mengetahui ketangguhan atau kegetasan bahan terhadap beban tiba-tiba. Tujuan dari penulisan ini adalah mampu mendesain dan membuat alat uji impact tipe charpy, mengetahui mekanisme kerja, dan menganalisa performa alat sekaligus mengkalibrasinya berdasarkan energi impact spesimen. Metodologi yang diterapkan mempunyai tiga poin utama, yaitu perancangan konstruksi, proses pabrikasi, dan perhitungan konstruksi.

Kata kunci: perancangan dan perhitungan konstruksi

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan akan material terutama logam sangatlah penting. Besi dan baja merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar untuk suatu konstruksi. Dengan berbagai macam kebutuhan sifat mekanik yang dibutuhkan oleh suatu material ialah berbeda-beda. Sifat mekanik tersebut terutama meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan, sifat mampu las serta sifat mampu mesin yang baik. Dengan sifat pada masing-masing material berbeda, maka banyak metode untuk menguji sifat apa sajakah yang dimiliki oleh suatu material tersebut. Uji impact merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Oleh karena itu uji impact banyak dipakai dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material tersebut.

Untuk menilai ketahanan material terhadap patah getas perlu adanya pengujian serta mempertimbangkan faktor-faktor dinamis yang dapat mempengaruhi patah getas antara lain kecepatan regang, takik, tebal pelat, tegangan sisa dan lain-lain. Ketangguhan (impact) merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impact dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impact merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.

Untuk menampung dinamika ini perlu pengujian dalam skala besar, baik jumlah maupun dimensinya. Tetapi dipandang dari sudut ekonomi hal ini tidak mungkin dilakukan. Karena itu, dibuat pengujian dalam skala kecil yang distandarkan yang disebut pengujian takik. Pengujian yang dilakukan dalam skala kecil pada umumnya adalah uji *impact metode charpy*.

1.2. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini agar tidak melebar serta terarah penulis akan membatasi permasalahan diantaranya:

1. Pemilihan bahan dan proses produksi
2. Perancangan konstruksi, dan membuat alat uji impact metode *charpy*
3. Mekanisme kerja alat uji impact metode *charpy*

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dalam Perancangan Alat Uji Impact Metode *Charpy* ini nantinya dapat memenuhi beberapa kriteria atau hal sebagai berikut :

1. Mengetahui jenis bahan yang akan dipilih untuk membuat alat.
2. Merancang alat uji impact metode *charpy* yang digunakan untuk bahan yang mudah dioperasikan.
3. Mengetahui mekanisme kerja alat.

2. Tinjauan Pustaka

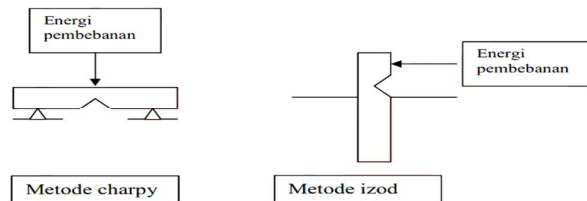
2.1. Uji Impact

Menurut Dieter, George E (1988) uji impact digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Hasil uji impact juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian impact ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya.

Sejumlah uji impact batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impact ini ada 2, yaitu uji impact

metode Charpy dan metode Izod. Metode charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode izod lebih sering digunakan di sebagian besar dataran Eropa. Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, takik berbentuk V. Proses pembebanan uji impact pada metode charpy dan metode izod dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm.

Batang uji charpy kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan ±5 m/s). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde 10^3 s^{-1} . Batang uji izod, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk v yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan. (Dieter, George E., 1988)



Gambar 2.1 Pembebanan Metode Charpy dan Metode Izod

2.2. Pengujian Impact Metode Charpy

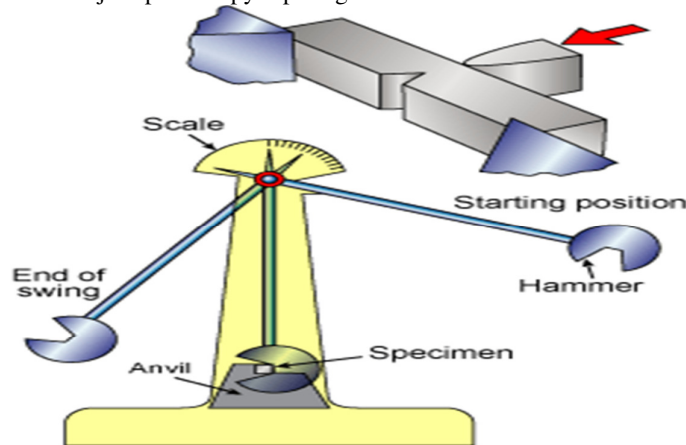
Pengujian impact Charpy (juga dikenal sebagai tes Charpy *v-notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama Perang Dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dan lain-lain) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji impact charpy adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik.

Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji impact charpy dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23 05.

2.7. Prinsip Dasar Alat Uji Impact Charpy

Secara skematik alat uji impact charpy seperti gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Ilustrasi Skematis Pengujian Impact

Bila pendulum pada kedudukan h_1 dilepaskan, maka akan mengayun sampai kedudukan fungsi akhir pada ketinggian h_2 yang juga hampir sama dengan tinggi semula h_1 dimana pendulum mengayun bebas.

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau energi yang diserap benda uji sampai patah didapat rumus yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Energi yang Diserap (Joule)} &= E_p - E_m \\ &= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 \\ &= m \cdot g (h_1 - h_2) \\ &= m \cdot g (\lambda (1 - \cos \alpha) - \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)) \\ &= m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \end{aligned}$$

Energi yang diserap = $m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$

Keterangan :

E_p = Energi Potensial

E_m = Energi Mekanik

m = Berat Pendulum (Kg)

g = Gravitasi 9,81 m/s²

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

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

λ = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

dari persamaan rumus diatas didapatkan besarnya harga impact yaitu :

$$K = \frac{W}{A} (\text{Kg m} / \text{mm}^2)$$

Bila pendulum dengan berat G dan pada kedudukan h_1 dilepaskan, maka akan mengayun sampai kedudukan fungsi akhir 4 pada ketinggian h_3 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.

Bila 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 yaitu:

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

Dan dapat juga dengan menggunakan persamaan berikut:

Dimana :

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).

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum.

Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji adalah sebagai berikut.

dan dapat juga dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana :

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 adalah:

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

dan dapat juga dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) (\text{Kg m})$$

Dimana :

W = Usaha yang diperlukan 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).

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum.

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum.

dan besarnya harga impact dapat digunakan persamaan berikut:

$$K = \frac{W}{A} (\text{Kg m} / \text{mm}^2)$$

Dimana :

K = nilai *impact* (Kg m/mm²)

W= Usaha yang diperlukan mematahkan uji (Kg m)

A_o= Luas penampang dibawah tatikan (mm²)

Takik (notch) dalam benda uji standar ditujukan sebagai suatu konsentrasi tegangan sehingga perpatahan diharapkan akan terjadi di bagian tersebut. Selain berbentuk V dengan sudut 45°, takik dapat pula dibuat dengan bentuk lubang kunci (key hole). Pengukuran lain yang biasa dilakukan dalam pengujian impact *Charpy* adalah penelaahan permukaan perpatahan untuk menentukan jenis perpatahan yang terjadi. Secara umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan impact digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/ kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).
3. Perpatahan campuran (berserat dan *granular*). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

Informasi lain yang dapat dihasilkan dari pengujian impact adalah temperatur transisi bahan. Temperatur transisi adalah temperatur yang menunjukkan transisi perubahan jenis perpatahan suatu bahan bila diuji pada temperatur yang berbeda-beda. Pada pengujian dengan temperatur yang berbeda-beda maka akan terlihat bahwa pada dideformasi pergerakan dislokasi menjadi lebih mudah dan benda uji menjadi lebih mudah dipatahkan dengan energi yang relatif lebih rendah serta temperatur tinggi material akan bersifat ulet sedangkan pada temperatur rendah material akan bersifat rapuh atau getas. Fenomena ini berkaitan dengan vibrasi atom-atom bahan pada temperatur yang berbeda dimana pada temperatur kamar vibrasi itu berada dalam kondisi kesetimbangan dan selanjutnya akan menjadi tinggi bila temperatur dinaikkan.

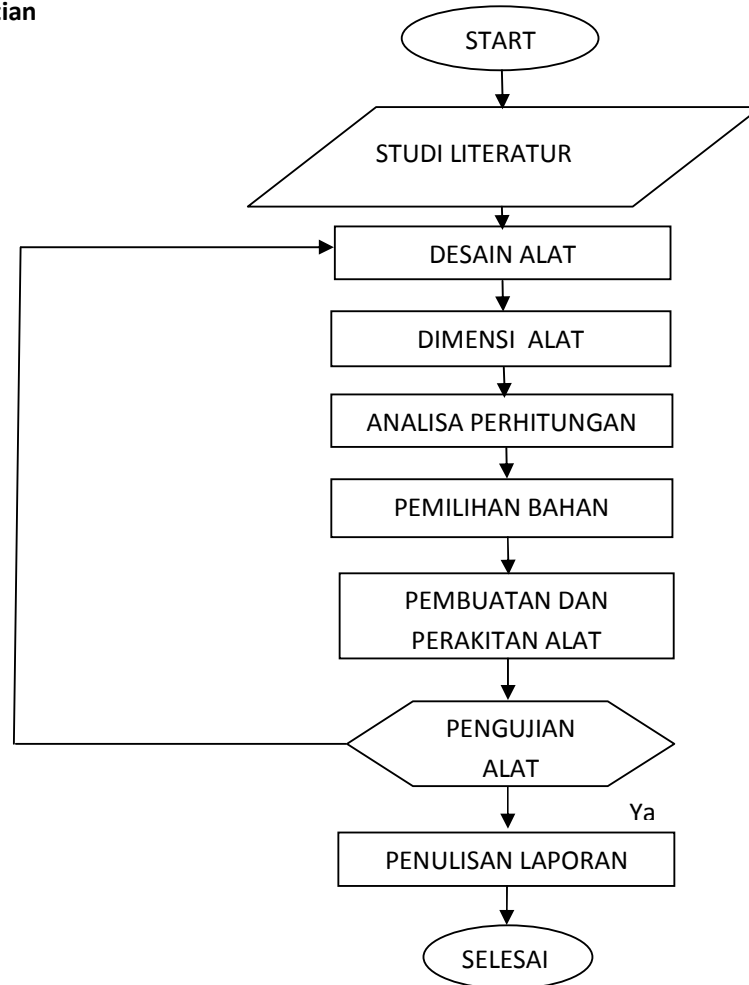
Vibrasi atom inilah yang berperan sebagai suatu penghalang terhadap pergerakan dislokasi pada saat terjadi deformasi kejut/impact dari luar. Dengan semakin tinggi vibrasi itu maka pergerakan dislokasi menjadi relatif sulit sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk mematahkan benda uji. Sebaliknya pada temperatur di bawah nol derajat celsius, vibrasi atom relatif sedikit sehingga pada saat bahan dideformasi pergerakan dislokasi menjadi lebih mudah dan benda uji menjadi lebih mudah dipatahkan dengan energi yang relatif lebih rendah.

Tabel 2.1 Skala Kekerasan Dan Pemakaiannya

Skala	Pemakaiannya
A	Untuk <i>carbide cementite</i> , baja tipis, dan baja dengan lapisan keras yang tipis
B	Untuk paduan tembaga, baja lunak, paduan aluminium, dan besi tempa
C	Untuk baja, besi tuang keras, besi tempa peritik, titanium, baja dengan lapisan keras yang dalam, dan bahan-bahan lain yang lebih keras daripada skala B-100
D	Untuk baja tipis, baja dengan lapisan keras yang sedang, dan besi tempa peritik
E	Untuk besi tuang, paduan aluminium, magnesium, dan logam-logam bantalan
F	Untuk paduan tembaga yang dilunakkan dan pelat lunak yang tipis
G	Untuk besi tempa, paduan tembaga, nikel-seng, dan tembaga-nikel
H	Untuk aluminium, seng, dan timbale
K	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
L	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
M	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
P	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
R	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
S	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
V	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis

3. Metode Penelitian

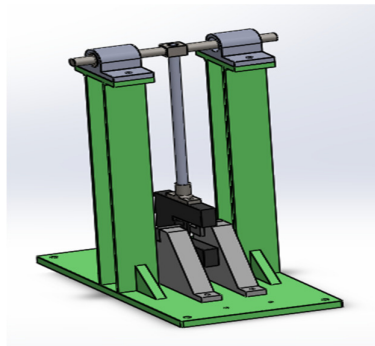
3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Alat

3.2. Desain Alat

Dari studi literatur yang ada dan pengamatan dilapangan dapat dibuat suatu perencanaan alat uji impact metode charpy.



Gambar 3.2 Sket Desain Alat Uji

3.3. Spesifikasi Alat Uji Impact Tipe Charpy Kapasitas 100 Joule

Adapun spesifikasi alat uji *impact tipe charpy* ini adalah sebagai berikut :

Tipe alat uji	: Charpy
Kapasitas	: 100 Joule
Berat gondam (pendulum)	: 11 Kg
Jarak titik ayun dengan titik pukul	: 630 mm

Posisi awal pemukulan : 140°
 Sudut pisau pemukul : 30°
 Dimensi alat uji : 750 x 400 x 1000 mm
 Standar bahan uji : Aluminium

Alat uji *impact* tipe *charpy* ini mempunyai beberapa bagian-bagian utama yang terdiri dari :

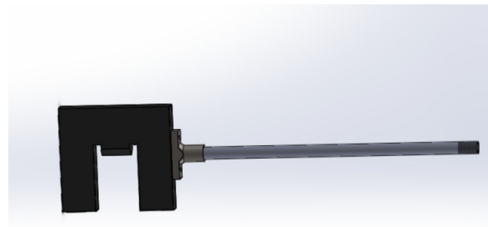
- Tiang Penyangga dan Base Plate
- Pendulum
- Lengan pengayun
- Poros pengayun
- *Bearing*
- Tempat Benda Uji
- Busur derajat dan jarum penunjuk
- Pisau pemukul
- Cakram

4. Hasil dan Pembahasan

4.2 Perhitungan Komponen Alat Uji

Untuk mendapatkan suatu mekanisme yang mampu memenuhi persyaratan, maka perlu dilakukan pemilihan komponen penyusunnya yang nantinya dirangkai menjadi satu kesatuan sistem alat uji impact metode *charpy*. Berikut akan dibahas satu persatu persatu komponen penyusun yang akan digunakan dan diharapkan dapat membentuk satu kesatuan alat uji yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian.

4.3. Perhitungan Pendulum



Gambar 4.1. Pendulum

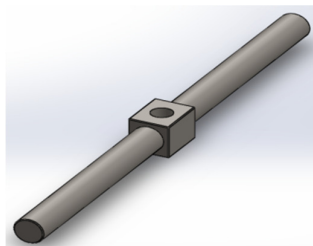
Untuk mendapatkan berat bandul dan untuk memperoleh energy potensial sebesar 100 joule dengan panjang lengan 630 mm dan panjang pendulum 230 mm serta sudut angkat (α) = 140° maka didapat berat bandul

$$\begin{aligned}
 EP &= M g h (1 - \cos \alpha) \\
 &= 11 .9.8.745 \text{cm} (1- 140^\circ) \\
 &= 11.9.8.0.745 (1- 140) \\
 &= 107.8 .0.745 (1,766) \\
 &= 80.311 (1.766) \\
 &= 141.82 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

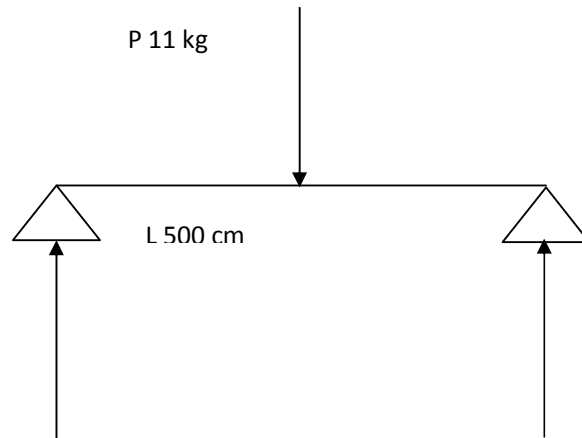
Dalam proses pembuatan pendulum yang perlu diperhatikan adalah pada proses pembuatan mata penumbuk, karena harus mempunyai sifat mekanik yang memadai. Untuk itu dalam proses ini dilakukan material harus dilakukan *hardening*/proses kekerasan agar tahan terhadap beban kejut.

Proses *hardening* diatas (750°C) kemudian didinginkan dengan cepat sehingga memperoleh memperoleh kekerasan yang maksimal.

4.3.2 Perhitungan Lendutan Poros



Gambar 4.2. Poros Pendulum



Gambar 4.3. Tumpuan poros

$$\delta = \frac{P L^3}{48 E I}$$

$$I \text{ } \emptyset = \frac{1}{64} \cdot \pi d^4$$

Keterangan :

δ = Lendutan

P = muatan

L = Panjang Poros

E = Modulus young

I = Tegangan Izin

$$= \frac{1}{64} \cdot 3.14 \cdot 30^4$$

$$= 39740.625$$

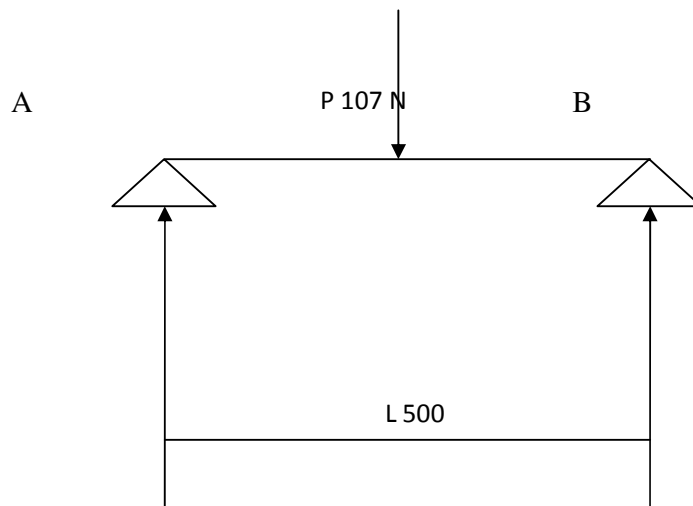
$$\delta = \frac{P L^3}{48 E I}$$

$$= \frac{11 \text{ kg} (0.5)^3}{48 \cdot 200 \cdot 39740.625 \text{ mm}}$$

$$= \frac{1.375}{381510000}$$

$$= 3.6 \times 10^{-3}$$

4.4. Perhitungan Reaksi Tumpuan pada Poros Pendulum



4.5 Gambar Reaksi Tumpuan pada Poros Pendulum

Menghitung R_A , $\sum M_B = 0$

Menghitung R_B , $\sum M_A = 0$

$\sum M_B = 0$

$$(R_A \cdot L) - (P \cdot \frac{1}{2}l) = 0$$

$$(R_A \cdot 0.5 \text{ m}) - (107 \text{ N} \cdot 0.25 \text{ m}) = 0$$

$$(R_A \cdot 0.5) - (26.75 \text{ N}) = 0$$

$$R_A = 26.75 \text{ N} / 0.5 \text{ m}$$

$$= 53.5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$- (R_B \cdot L) + (P \cdot \frac{1}{2}l) = 0$$

$$- (R_B \cdot 0.5 \text{ m}) + (107 \text{ N} \cdot 0.25 \text{ m}) = 0$$

$$- (R_B \cdot 0.5) + (26.75 \text{ N}) = 0$$

$$- R_B \cdot 0.5 + 26.75 \text{ N} = 0$$

$$26.75 \text{ N} / 0.5 = R_B$$

$$R_B = 53.5 \text{ N}$$

$$R_A + R_B = P$$

$$53.5 \text{ N} + 53.5 \text{ N} = 107$$

$$107 \text{ N} = 107$$

4.5. Spesifikasi Bantalan Poros Pendulum



Gambar 4.6 Bearing FYH UCP206/20J

Tabel 4.1 Spesifikasi Bearing FYH UCP206/20J

Specifications	
Housing Number	P206
Bearing Number	UC206-20
Shaft Size	1-1/4 in
Bolt Size	M14 1/2 in
Weight	1.3 kg 2.87 lb
Locking Style	Set Screw Locking
Grease Fitting	A-1/4-28UNF


Dimensions	
H	42.9 mm 1-11/16 in
L	165 mm 6-1/2 in
A	48 mm 1-7/8 in
J	121 mm 4-3/4 in
N	17 mm 21/32 in
N1	21 mm 13/16 in
H1	15 mm 19/32 in
H2	84 mm 3-5/16 in
L1	53 mm 2-3/32 in
B	38.1 mm 1.500 in
S	15.9 mm 0.626 in

Basic Load Rating	
Cr	19.5 kN 4384 lbf
Cor	11.3 kN 2540 lbf
Factor fo	13.9

5. Kesimpulan

1. Pengujian impact adalah pengujian ketahanan terhadap beban kejut. Ada dua metode pengujian impact, yaitu cara charpy, dimana specimen diletakkan horizontal lalu diberi beban kejut sebesar P. Cara izod, specimen diletakkan vertical lalu ditumbuk dengan beban sebesar P.
2. Tipe- tipe perpatahan adalah perpatahan intergranular, dan perpatahan transgranular. Perpatahan transgranular adalah perpatahan yang terjadi di dalam butir, sedangkan perpatahan intergranular adalah perpatahan yang terjadi diantara butir.
3. Hal- hal yang mempengaruhi ketangguhan material adalah takikan, beban dan temperature.

6. Daftar Pustaka

- 1) Dieter George E, *University Of Maryland, 1987, " Metalurgi mekanik ", Halaman 91-117, Edisi ketiga, Jilid II, Jakarta, Erlangga, 1042.*
- 2) Lakhtin, Y., (1968), " *Engineering Physical Metallurgy* ", MIR Published, Moscow.
- 3) Machine Design (1980) karangan Khurmi, R.S. dan Gupta, J.K.
- 4) *Elemen Mesin (1980) karangan Kiyokatsu Suga diterjemahkan Sularso*
- 5) karangan Shigley, J.E. L.D. dan Mitchell, (1986) *Perencanaan Teknik Mesin*
- 6) <http://teknikmesin2011unila.blogspot.com/2013/02/ujiimpak.html#iARMmDMTaiFplAiu.99>
- 7) <http://ekoalan.blogspot.com/2013/02/ujiimpak.html#DvH1mAePEXg8eFfE.99>
- 8) http://teknikmesin2011unila.blogspot.com/2013/02/uji_impak.html#iARMmDMTaiFplAiu.99
- 9) *Diposkan oleh navale.engineering di 17:14*  Label: **PENGETESAN DI KAPAL, UJI BAHAN**
- 10) Josep E. Shigley larry D Mitchell, *Teknik Perencanaan Mesin*, edisi keempat, Gandhi Harahap M.eng.
- 11) Briyamoko Budi, 2001, *Aplikasi Alat uji Impact dibidang Material Struktur, /Rekayasa Bidang Ilmu.*