

MENGANALISA PENGARUH BESAR BEBAN LENTUR TERHADAP KEKUATAN FATIK POROS TEMBAGA

Karim Muhammad Hisyam, Abdul Hamid

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam, Jl. Kampus Abulyatama No. 5 Batam Center, Batam, 29464, Indonesia

ABSTRAK

Dalam Ilmu Material Teknik perlu adanya dilakukan pengujian material yang bertujuan untuk mengetahui sifat material bahan tersebut. Sifat-sifat material logam meliputi : kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), keliatan (*ductile*), kekakuan (*stiffness*), Ketangguhan (*toughness*), kelelahan (*Fatigue*). Selain itu sifat material dibagi dalam 3 kelompok yaitu : - sifat mekanik, - sifat fisik dan – sifat teknologi dan dapat dilakukan pengujian dengan 1. Pengujian Merusak (*Destructive Test*) dan 2. Pengujian Tidak Merusak (*Non Destructive Test*) yang semuanya diatur agar dapat digunakan oleh seluruh negara didunia. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa fatik lentur dikarenakan beban yang diberikan kepada spesimen adalah beban berulang-ulang tetapi pada setiap spesimen adalah diberikan beban yang berbeda-beda dengan waktu yang lama. Tujuan dari menganalisa ini adalah untuk memahami sifat dan karakteristik dari logam tembaga jika diberi beban yang berbeda-beda untuk waktu yang lama yang mana beban minimum adalah 1 kg hingga maksimum 8. Ukuran spesimen material tembaga berdiameter 8 mm pada diameter pencekam dan 4mm pada diameter tengahnya dengan panjang 88 mm.

Kata Kunci : diameter, beban lentur, spesimen.

1. Pendahuluan

Ilmu pengetahuan bahan sangat erat kaitannya dalam keseharian di dunia fabrikasi. Hal tersebut memiliki peranan penting dalam proses desain suatu produk yang akan diproduksi nantinya. Desain produk adalah proses menciptakan produk baru yang akan dijual oleh perusahaan untuk pelanggan nantinya.

Dalam menciptakan sebuah produk, perancangan memiliki peranan utama. Perancangan berguna untuk menentukan dimensi dan jenis material yang digunakan untuk mempermudah proses pembuatan dan memperkecil resiko kesalahan serta pengerjaan ulang (*Rework*). Sedangkan definisi perancangan itu sendiri adalah sebagai generasi ide,

pengembangan konsep, pengujian dan pelaksanaan manufaktur (objek fisik) atau jasa.

Dalam perancangan sebuah mesin, perlu diketahui sifat-sifat material, terutama sifat-sifat mekanis, seperti kekuatan atau ketahanan bahan terhadap beban yang dapat menyebabkan kerusakan. Sifat-sifat material diketahui dari pengujian.

Secara umum, ada 2 cara untuk pengujian suatu material, yaitu pengujian dengan cara merusak (*Destructive Test*) dan pengujian dengan cara tanpa merusak material uji (*Non Destructive Test*) tersebut. Adapun pengujian sifat mekanis material adalah termasuk kategori pengujian yang merusak material (*Destructive Test*).

Salah satu sifat mekanis material yang sangat penting untuk diketahui pada material yang akan kita gunakan adalah kekuatan luluh Kekuatan luluh ini

menjadi acuan dalam perancangan produk, yang mana setiap material tidak boleh dibebani di atas kekuatan luluhnya.

Kenyataan di lapangan sering kali kita jumpai ada bagian-bagian mesin yang sudah lama dipakai mengalami kerusakan, baik patah, bengkok dan sebagainya, meskipun materi tersebut diberi beban di bawah tegangan luluhnya. Apakah hal ini terjadi karena kesalahan dalam perancangannya? Tentunya bukan, ini bukan kesalahan disain / perancangan. Kejadian ini terjadi karena material memiliki sifat lelah / fatik (*fatigue*).

Kelelahan (*Fatigue*) ialah kecendrungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang – ulang (*Cyclic Stress*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekuatan elastiknya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan ini. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting, tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.

Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka penulis membuat rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana besar umur / siklus fatik poros tembaga yang diberikan beberapa variasi beban lentur ?
2. Bagaimana pengaruh beban lentur terhadap umur fatik poros tembaga.

Tujuan

Dalam menganalisa pengaruh beban puntir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui siklus fatik poros tembaga yang mengalami beban lentur dengan pembebanan berbeda-beda.
2. Menganalisa pengaruh beban lentur terhadap umur fatik poros.

Manfaat

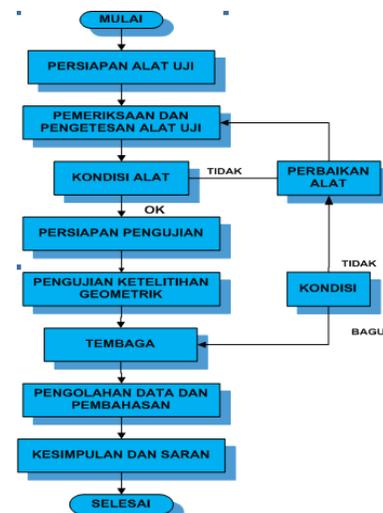
Manfaat dari menganalisa adalah :

1. Memahami karakteristik material Tembaga saat terjadinya kegagalan Fatik.
2. Memahami kapan terjadinya fatik pada material Tembaga.
3. Dapat memberikan rekomendasi untuk dijadikan poros pada pembebanan tertentu.

2. Metode Penelitian

Diagram Alir Penelitian

Penyusunan penelitian ini bisa digambarkan melalui diagram alir sebagai berikut



Gambar. 1 Flowchat



Gambar. 2 Alat Uji Lentur



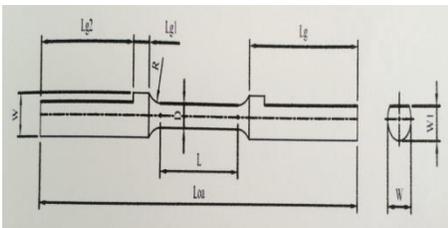
Gambar. 3 Penampang dan beban



Gambar 4. Spesimen sebelum pembubutan



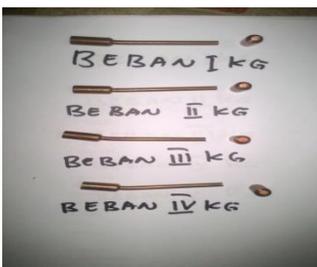
Gambar 5. Spesimen setelah pembubutan



Gambar. 6 Drawing Spesimen

Spesifikasi material spesimen Tembaga yaitu :

- Diameter Spesimen (D) = 4 mm
- Panjang *gage* specimen (L) = 50 mm
- Panjang *grip* specimen (Lg) = 20 mm
- $Lg = Lg1 + Lg2$ = 3 mm + 15 mm
- Panjang keseluruhan (Loa) = 88 mm
- Lebar *grip* specimen (W) = 8 mm
- Radius of *fillet* spesimen (R) = R 2



Gambar. 7 Beban I-IV Kg.



Gambar 8. Beban V-VIII Kg

Prosedur Pembuatan Spesimen Mesin Potong

Mesin Potong yang digunakan adalah mesin potong sudah memenuhi standar dalam fabrikasi pemesinan.



Gambar 9. Mesin Potong

Mesin Bubut

Mesin yang digunakan adalah mesin bubut yang telah memenuhi standar untuk melakukan fabrikasi pemesinan



Gambar 10. Mesin Bubut

Dial Indicator

Dial Indicator berguna untuk membuat center berda kerja agar disaat terjadi proses pembubutan benda kerja *ballance*.



Gambar 11. Dial Indicator

Menghitung Gaya Pembebanan yang terjadi pada Spesimen.

Beban yang bekerja pada spesimen adalah beban yang bekerja secara berkala dengan *intensitas* gaya yang berbeda-beda sehingga menyebabkan spesimen mengalami kelelahan (*fatik*).Berikut gambar dan penjelasan rumus mengenai momen yang terjadi pada spesimen.

Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung gaya yang terjadi akibat adanya pembebanan pada material spesimen alat uji.

$$P = m.g$$

Dimana :

P = Gaya Yang Terjadi Akibat Adanya Pemberat (N)

m = Massa Pemberat (kg)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

Menghitung Momen yang terjadi pada spesimen.

Sedangkan, untuk menghitung momen yang terjadi pada material, dapat kita gunakan rumus sebagai berikut :

Gambar 12. Jarak Beban Pemberat Dengan Ujung Pencekam Material.

Sedangkan, untuk menghitung momen yang terjadi pada material, dapat kita gunakan rumus sebagai berikut

$$M = P.x$$

Dimana :

M = Momen (N.m)

P = Gaya yang bekerja pada spesimen (N)

x = Jarak dari pemberat ke ujung specimen (cm).

Menghitung Tegangan akibat beban bending.

Untuk menghitung tegangan bending yang terjadi pada spesimen, dapat kita gunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$$

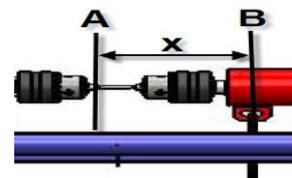
Dimana :

σ = Bending Stress (N/m²)

M = Momen Yang Terjadi Pada Spesimen Uji (N.m)

π = Konstanta Jari-Jari

d = Diameter Spesimen Uji (mm)



Prosedur Pengujian Spesimen Tembaga.

- a. Persiapkan 8 spesimen material Tembaga yang akan diuji.
- b. Pengujian pertama, dilakukan dengan memasang spesimen pertama material Tembaga pada *chuck* pencekam lalu kunci kuat agar tidak lepas.
- c. Beri beban pada material yang akan kita uji dengan beban yang diber
- d. ikan.
- e. Menghidupkan mesin bersamaan dengan menghidupkan penghitung waktu (*stopwatch*) untuk memulai pengujian.
- f. Lihat spesimen setelah pemberian beban hingga material spesiemen uji tersebut mengalami beban fatik yang pada akhirnya akan mengalami patahan,di karenakan pemberian beban yang berbeda-beda pada 1 spesiment dengan spesimen yang lainnya.
- g. Setelah material patah matikan motor dan penghitung waktu.
- h. Catat waktu yang tertera dan tandai spesimen material pengujian pertama
- i. Ulangi langkah tersebut pada spesimen ke 2-3-4 sampai langkah ke 8 untuk pengujian menggunakan beban yang berbeda-beda.
- j. Catat seluruh data paa spesimen dan kejadian selama pengambilan data.
- k. Semua data yang didapat dari hasil pengujian dimasukkan ke laporan alat uji spesimen.

3. Tinjauan Pustaka

a. Poros

Poros adalah elemen mesin yang berbentuk batang dan umumnya berpenampang lingkaran, berfungsi untuk memindahkan putaran atau mendukung sesuatu beban dengan atau tanpa meneruskan daya. Beban yang didukung oleh poros pada umumnya adalah roda gigi, roda daya (*fly wheel*), roda ban (*pulley*), roda gesek, dan lain lain. Poros hampir terdapat pada setiap konstruksi mesin

dengan fungsi yang berbeda beda. dilihat dari fungsinya poros dibedakan menjadi :

1. Poros dukung : misalnya gandar, poros motor.
2. Poros transmisi : misalnya poros motor listrik, poros gigi transmisi pada *gear box*
3. Gabungan antara dukung dan transmisi : misalnya poros pada roda mobil.

b. Puntiran (Torsi).

Torsi merupakan satuan tenaga yang sebenarnya untuk mengukur gaya puntir. Contohnya torsi sebesar 1 Nm adalah gaya puntir yang dibutuhkan untuk menopang beban sebesar satu pound pada sebuah bidang horizontal tanpa bobot sejauh 1 foot dari pusat. Sesungguhnya, saat mengukur tenaga mesin pada mesin dynamometer, yang diukur ialah besaran torsinya. Baru setelah itu dikonversi ke daya kuda. Rumusnya daya kuda = (torsi x putaran mesin)/5252. Jadi daya kuda ialah satuan yang digunakan untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh torsi tersebut pada putaran mesin tertentu.

c. Karakteristik Sifat Material Logam

Pemilihan bahan dalam perancangan suatu komponen atau produk adalah berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan tersebut yang sesuai dengan fungsi dan prinsip kerja dari komponen yang dirancang. Jadi yang dimanfaatkan dari suatu material adalah sifatnya.

d. Sifat karakteristik Material :

1. Sifat Mekanik
2. Sifat Fisik
3. Sifat Teknologi

e. Tegangan

Apabila suatu gaya dalam ditahan oleh penampang batang maka di dalam penampang batang tersebut akan mengalami adanya tegangan. *Tegangan* adalah reaksi yang timbul di seluruh bagian spesimen dalam rangka menahan beban yang diberikan. Bila penampangnya kecil itu dijumlah hingga mencapai penampang spesimen, maka jumlah gaya per satuan luas yang muncul di dalam bahan itu harus menjadi sama dengan beban dari luar. Satuan yang digunakan dalam penjabaran tegangan adalah satuan gaya dibagi dengan satuan luas. Pada satuan SI, gaya diukur dalam *Newton* (N) dan luas diukur dalam satuan meter kuadrat (m²). 1 N/m² dikenal sebagai satu *Pascal* (Pa). Apabila dijabarkan dalam rumus adalah sebagai berikut :

$$\sigma = F/A$$

dengan :

σ : Tegangan (N/m²)

F : Gaya (Newton)

A : Luas (m²)

f. *Fatigue* (Kelelahan)

Fatigue atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi di bawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. *Fatig* menduduki 90% penyebab utama kegagalan pemakaian. Terdapat 3 fase dalam perpatahan *fatig* : permulaan retak, penyebaran retak, dan patah. Mekanisme dari permulaan retak umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, *notch*, lubang-pits dan lain-lain) akibat adanya pembebanan berulang. Selanjutnya, adalah penyebaran retak ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*. Maka setelah itu, material akan mengalami apa yang dinamakan perpatahan. Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen.

g. Sifat Mekanik Material Pada Uji *Fatig* Lentur.

Sifat-sifat mekanik yang dapat di ukur dari uji *fatig* adalah sifat-sifat mekanik yang dapat diukur dari uji puntir adalah modulus geser (G), *ultimate torsional shearing* (S_{st}), dan *yield torsional shearing strength* (S_{sy}). Berikut sifat-sifat mekanik material tersebut :

1. Modulus geser
2. *Ultimate torsional shearing strength* (*modulus of rupture*)
3. *Yield torsional shearing strength*

h. Pengenalan Alat Uji Puntir Beban Lentur.

Alat uji puntir beban lentur adalah suatu alat yang dirancang untuk mengukur seberapa besar gaya puntir beban lentur yang dapat dilakukan saat kita melakukan pengujian dari suatu alat. Caranya adalah dengan memuntir batang uji terus-menerus sampai batang uji putus atau mencapai jumlah puntiran yang di tentukan dan putarannya harus searah. Uji puntir pada suatu spesimen dilakukan untuk menentukan keplastisan suatu material. Spesimen yang digunakan pada pengujian puntir beban lentur adalah batang dengan penampang lingkaran karna bentuk penampang ini paling sederhana, sehingga mudah diukur. Spesimen hanya diberi beban pada salah satu ujungnya karena dua pembebanan akan memberikan ketidakkonstanan sudut puntir yang diperoleh dari pengukuran.

4. Hasil Dan Pembahasan

Menghitung Gaya Akibat Pemberat.

Pada analisa kali ini, dilakukan 8 kali pengujian dengan beban yang berbeda-beda. Diantaranya menggunakan Beban 1 Kg, 2 Kg, 3 Kg, 4 Kg, 5 Kg, 6 Kg, 7 Kg, 8 Kg. Berikut Pembahasan mengenai Rumusnya.

Massa beban 1 kg =

$$P = m.g$$

$$P = 1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$p = 9,8 \text{ N}$$

Untuk besarnya gaya akibat massa beban II kg sampai dengan VIII Kg dihitung dengan cara yang saya dengan cara di atas.

Menghitung Momen Bending Pada Spesimen Uji

1. Massa beban 1 kg

$$M = P \cdot x$$

$$= 9,8 \text{ N} \times 95 \text{ mm}$$

$$= 931 \text{ N.m}$$

Untuk besarnya gaya akibat massa beban II kg sampai dengan VIII Kg dihitung dengan cara yang saya dengan cara di atas.

Menghitung Tegangan Akibat Beban Bending

Menghitung Tegangan Akibat Beban Bending

Tabel Pengujian Fatik poros Tembaga dengan beban lentur.

NO	D (mm)	Massa (kg)	Beban (N)	Momen (Nm)	Tegangan Bending (Mpa)	T	Kecepatan (Rpm)	Siklus (tx.Rpm) 60
1	4	1	9,8	931	148	420	2000 Rpm	14.000
2	4	2	19,6	1.862	2.964	288	2000 Rpm	9.600
3	4	3	29,4	2.793	4.447	190	2000 Rpm	6.333
4	4	4	39,2	3.724	5.929	45	2000 Rpm	1500
5	4	5	49	4.655	7.412	20	2000 Rpm	667
6	4	6	58,8	5.586	8.894	15	2000 Rpm	500
7	4	7	68,6	6.517	10.377	7	2000 Rpm	233
8	4	8	78,4	7.448	11.859	5	2000 Rpm	16

1. Beban 1 Kg

$$\sigma = \frac{32 \times m}{\pi \times d^3}$$

$$= \frac{32 \times 931}{3,14 \times 4^3}$$

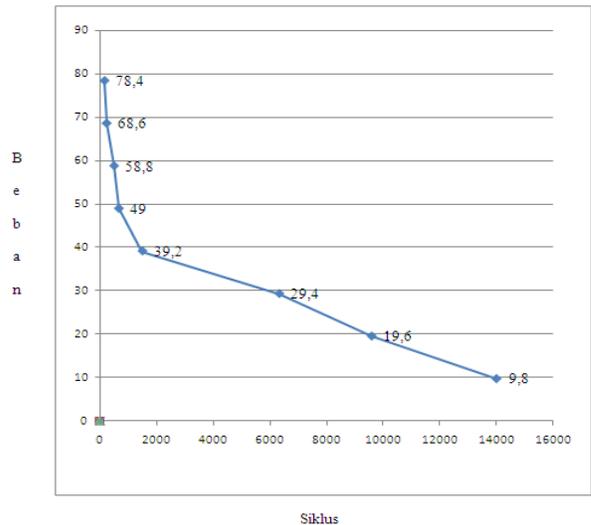
$$= \frac{29.792}{200,96 \times 10^{-9}}$$

$$= 1.48 \times 10^9$$

$$= 148 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$= 148 \text{ mpa}$$

Untuk besarnya gaya akibat massa beban II kg sampai dengan VIII Kg dihitung dengan cara yang saya dengan cara di atas.

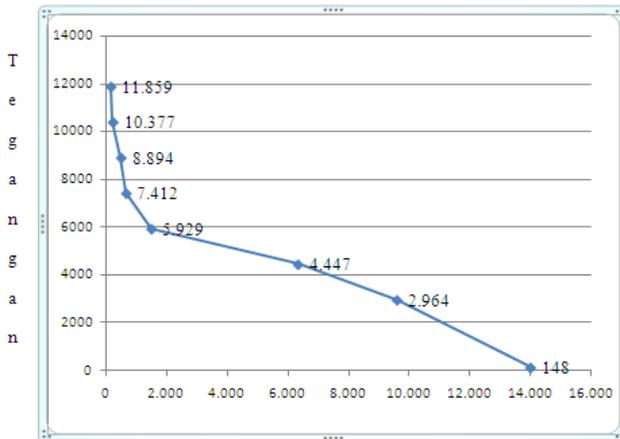


menunjukkan grafik hubungan antara besarnya beban yang diberikan terhadap siklus fatik poros tembaga yang mengalami beban lentur. Pengujian dilakukan mulai dari beban terendah sebesar 1 kg (9,8 N) sampai beban maksimum sebesar 8 kg (78,4 N). Dari Grafik tampak bahwa perubahan besarnya siklus fatik tampak jelas pada beban rendah mulai dari 1 kg (9,8 N) sampai beban 4 kg (39,2 N), yaitu terjadi

penurunan siklus fatik antara 3000 sd 5000 siklus untuk setiap kenaikan beban sebesar 1 kg (9,8 N). Namun pada beban sebesar 5 kg sampai dengan 8 kg, penurunan jumlah siklus hanya

berkisar 150 sampai 200 siklus untuk kenaikan beban sebesar 1 kg (9,8 N).

Kurva titik Siklus dengan tegangan (Mpa)



menunjukkan grafik hubungan antara besarnya tegangan lentur terhadap siklus fatik poros tembaga. Pada Pengujian ini, tegangan terendah yang diberikan pada poros adalah sebesar 148 MPa sedangkan tegangan terbesar yang diberikan pada poros adalah sebesar 11.859 MPa. Dari Grafik tampak bahwa perubahan besarnya siklus fatik tampak jelas pada tegangan rendah mulai dari 148 MPa sampai tegangan 5.929 MPa, yaitu terjadi penurunan siklus fatik antara 3000 sd 5000 siklus untuk setiap kenaikan tegangan sekitar 1.500 MPa. Namun pada tegangan 7412 MPa sampai 11.859 MPa penurunan jumlah siklus hanya berkisar 150 sampai 200 siklus untuk kenaikan tegangan sebesar 1500 MPa.

Kesimpulan

1. Hasil uji fatik poros beban lentur, untuk 8 variasi beban mulai dari 1 kg sampai dengan 8 kg di dapat siklus fatik sebagai berikut:
 - a. Beban 1 Kg, P = 9,8 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 14000
 - b. Beban 2 Kg, P= 19,6 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 9600

- c. Beban 3 Kg, P = 29,4 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 6333
- d. Beban 4 Kg, P = 39,2 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 1500
- e. Beban 5 Kg, P= 49 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 666
- f. Beban 6 Kg, P= 58,8 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 500
- g. Beban 7 Kg, P= 68,6 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 233
- h. Beban 8 Kg, P= 78,4 N atau tegangan (\square) = MPa siklus fatik = 167

2. Dari Data siklus fatik material yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa spesimen yang diberi beban berbeda-beda akan mengalami siklus fatik yang berbeda-beda pula, makin besar beban yang diberikan siklus fatik makin pendek.

Daftar Pustaka

- Fitri, Muhammad, 2010 Diktat Material Teknik. Batam. Universitas Batam
- Sukanto Jatmiko, Sarjito Jokosisworo, 2008 Jurnal : Analisa Kekuatan Puntir Dan Kekuatan Lentur putar poros Baja ST 60 Sebagai Aplikasi Perancangan. Bahan poros baling-baling Kapal. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Gunawan, Indra 2014 Skripsi Pengujian Alat Uji Fatik Puntir. Batam. Universitas Batam.
- Suga. Kiyokatsu 1997, “ *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin* “. Jakarta. Terjemahan Oleh Sularso. Penerbit PT.Pradnya Paramita. (Cetakan kesebelas).
- Hearn, E.J 1978 “ *mechanic Materials* “. Edisi : 3