

## PERANCANAAN MESIN CREPER DENGAN KAPASITAS 10 TON/JAM

Oleh:

Jenri Nababan <sup>1)</sup>

Kaisal Silaban <sup>2)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2)</sup>

E-mail:

[jenrinababan@gmail.com](mailto:jenrinababan@gmail.com) <sup>1)</sup>

[kaisalsilaban@gmail.com](mailto:kaisalsilaban@gmail.com) <sup>2)</sup>

### ABSTRACT

*Carried out in factories, both government-owned and private. The processing itself takes place in several continuous stages. One of the machines in rubber processing is the Creper Machine. The Creper machine functions as a rubber grinder using two rollers with the result in the form of a thick blanket and a blanket length according to the size we want so that it can be dried in the KGA house (Chamber Hanging Wind). The Creper machine in its use will certainly run well if it is supported by good components. Creper machine components include: Electromotor, Shaft, Gear transmission, Belt and Pully, Rail, and clutch. The roller has a function as to break the rubber granules into the smallest elements that finally unite in the form of blankets. In the creper machine there are two rollers where the dimensions of these rollers are adjusted to the capacity produced.*

**Keywords : Roller, Blanket, Creper Machine, Rubber**

### ABSTRAK

Dilaksanakan pada pabrik, baik yang dimiliki pemerintah maupun swasta. Proses pengolahan itu sendiri berlangsung dalam beberapa tahapan yang berkelanjutan. Salah satu mesin dalam pengolahan karet adalah Mesin Creper. Mesin Creper berfungsi sebagai penggiling cacahan karet dengan menggunakan dua buah rol dengan hasil berupa blanket yang tebal dan panjang blanket sesuai ukuran yang kita kehendaki hingga memungkinkan dapat di jemur pada rumah KGA ( Kamar Gantung Angin ). Mesin Creper dalam penggunaannya tentu akan berjalan dengan baik yang apabila didukung dengan komponen - komponen yang baik pula. Komponen - komponen Mesin Creper antara lain : Elektromotor, Poros, Transmisi roda gigi, Sabuk dan Pully, Ral, dan kopling. Rol mempunyai fungsi sebagai untuk memecahkan butiran - butiran karet hingga jadi elemen terkecil yang akhirnya menyatu dalam bentuk blanket. Pada mesin creper terdapat dua buah rol dimana dimensi dari rol ini di sesuaikan dengan kapasitas yang di hasilkan.

**Kata Kunci : Rol, Blanket, Mesin Creper, Karet**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada masa kini memaksa manusia untuk menemukan teknologi tepat guna. Pada dewasa ini banyak sekali perkembangan mesin-mesin, baik mesin-mesin pabrik, mesin pesawat terbang ataupun kendaraan roda empat dan roda dua.

Pada saat sekarang banyak kita jumpai perkebunan baik perkebunan kelapa sawit, karet, tembakau dan tebu yang dikelola pemerintah (BUMN) maupun swasta ataupun perkebunan rakyat. Semua perkebunan tersebut memiliki berbagai mesin untuk melaksanakan produksi. Akan tetapi banyak perkebunan yang belum dikelola secara maksimal khususnya perkebunan rakyat.

Di Sumatera Utara perkebunan karet rakyat membekukan karet alam tersebut dalam sebuah bak kecil ataupun lubang yang digali sampai beberapa kali pemakaian, akibat air yang terkandung didalam karet tidak bisa keluar sampai berhari-hari dan protein yang terkandung di dalam karet tersebut membusuk, sehingga menimbulkan bau yang kurang enak. Sehingga timbul pemikiran penulis bagaimana caranya untuk meminimalkan atau mengurangi bau yang di timbulkan dalam karet. Salah satu caranya adalah dengan mengepresnya.

Adapun nama alat untuk mengepresnya adalah “Mesin Creper”. Mesin ini berguna untuk mengurangi kadar air yang ada dalam karet tersebut, sehingga nilai jual yang tinggi. Atas latar belakang tersebut maka penulis mengambil judul “**Perencanaan Mesin Creper untuk Menggiling atau Mengepres Karet alam (kering) membentuk lembaran memanjang dengan kapasitas 10 Ton / Jam**”

Mesin Creper ini mempunyai dua poros bawah dan poros atas. Poros tersebut mempunyai alur-alur jadi memungkinkan air keluar dari alur tersebut, jadi Mesin Creper ini sekali bekerja mendapat dua

manfaat yaitu :

1. Menghilangkan kadar air sehingga tidak menimbulkan bau
2. Membuat karet kering sehingga mempunyai nilai jual yang tinggi

### 1.2 Tujuan Perencanaan

Dalam melaksanakan proses perencanaan Mesin Creper ini, ada beberapa tujuan yang menjadi motivasi di dalam melaksanakan proses tersebut antara lain :

- a. Untuk menerapkan aplikasi ilmu pengetahuan yang telah didapat pada proses perkuliahan
- b. Dapat mempelajari penggunaan / cara kerja Mesin Creper
- c. Untuk melakukan perencanaan / perhitungan Mesin Creper
- d. Dapat menuangkan dalam bentuk gambar teknik
- e. Mengetahui jenis-jenis Mesin Creper

### 1.3 Manfaat Perencanaan

Manfaat perencanaan Mesin Creper :

1. Membantu petani meningkatkan hasil produksi karetnya
2. Memudahkan petani untuk mengurangi kadar air sehingga tidak menimbulkan bau
3. Mengurangi kerugian petani dan menambah kualitas karet tersebut

### 1.4 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan Mesin Creper permasalahan yang sering muncul adalah: 1. Motor Penggetarak

2. poros
3. Roda gigi
4. kopling
5. bantalan

### 1.5 Batasan Masalah

Dalam perencanaan Mesin Creper ini penulis mengambil batasan-batasan masalah ditinjau dari permasalahan yang ada antara lain :

1. Perencanaan Motor Penggerak
2. Perencanaan poros
3. Perencanaan roda gigi cacing
4. Perencanaan roda gigi lurus
5. Perencanaan kopling
6. Perencanaan bantalan

7. Perencanaan pasak

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teknologi Pengolahan Karet

Proses pengolahan karet merupakan proses untuk mencapai hasil akhir produksi yaitu berbentuk bal yang akan dibungkus dalam satu pelot yang dilaksanakan pada pabrik, baik yang dimiliki pemerintah maupun swasta. Proses pengolahan itu sendiri berlangsung dalam beberapa tahapan yang berkelanjutan.



Gambar 2. 1 Bahan Mentah Karet

Dalam sebuah pabrik karet mempunyai beberapa stasiun - stasiun yang mendukung proses produksi yaitu :

1. Stasiun Tempat Penimbunan Bahan Mentah
2. Stasiun Penghancur Bahan Mentah
3. Stasiun Pencucian Bahan Mentah
4. Stasiun Penggilingan / Penggulungan
5. Stasiun Penghancuran Selendang
6. Stasiun Pengering
7. Stasiun Penimbangan dan Pengempaan

### 2.2 Mesin Creper

Sejarah mesin creper di Indonesia di mulai pada tahun 1920 -an. Karena pada waktu itu pihak kolonial Belanda menguasai perkebunan karet di Indonesia. Pada waktu itu pihak kolonial Belanda sudah memakai mesin creper secara manual yang di datangkan dari Negeri Belanda untuk menggiling / mengepers karet menjadi lembaran lembaran ( blankal ) yang di kerjakan oleh pihak pribumi.

### 2.3 Jenis Jenis Mesin Creper

Jenis - jenis Mesin Creper yang umum yaitu :

1. Jenis Mesin Creper Manual

2. Jenis Mesin Creper Mekanis

### 2.4 Fungsi Mesin Creper

Dalam pengolahan karet spesifikasi teknis alat yang sangat berperan sebagai penentu kualitas dari hasil produksi adalah penggilingan karet. Dalam penggilingan karet tersebut mesin yang di gunakan adalah mesin creper.

Mesin Creper berfungsi sebagai penggiling cacahan karet dengan menggunakan dua buah rol dengan hasil berupa blanket yang tebal dan panjang blanket sesuai ukuran yang kita kehendaki hingga memungkinkan dapat di jemur pada rumah KGA ( Kamar Gantung Angin ).

### 2.5 Prinsip Kerja Mesin Creper

Mesin Creper di golongan sebagai mesin giling dengan menggunakan dua buah rol yang berfungsi untuk mengurangi kadar kontaminasi untuk menggiling karet menjadi blanket.

Pemakaian diameter rol creper akan berpengaruh terhadap blanket yang di hasilkan, diameter rol kecil maka putaran ml hams cepat. Hal ini dilakukan untuk mencukupi kapasitas produksi, namun kelemahannya blanket yang di hasilkan tidak bagus ( solid ), bila blanket yang di hasilkan dari Creper kurang bagus akan mengakibatkan proses selanjutnya kurang efisien di mana schredder tidak dapat memotong karet menjadi halus. Untuk mengatasi hal tersebut di atas dapat di lakukan dengan memperbesar diameter rol Creper, bila diameter rol besar maka akan diperoleh volume karetnya banyak sehingga blanket yang di hasilkan akan bagus.

Penggilingan sangat menentukan mutu hasil pengeringan, jika penggilingannya kurang baik akan menimbulkan kadar kotoran masih tinggi. Karet gumpalan gumpalan kecil yang di umpankan ke permukaan kedua rol akan mengalami cekraman, geseran dan penekanan atau peremasan penggilingan oleh kedua rol tersebut sehingga air dan kotoran akan terperas sekaligus terjadi pencampuran

antara karet secara mikro hingga membentuk lembaran ( Blanket ). Untuk menimbulkan efek penggilingan tersebut ke dua permukaan rol creper di beri profit berupa bidang persegi empat yang di batasi oleh alur alur yang di lakukan lewat pematikan rol, creper memiliki fisik yang besar dan jarak antara kedua tol yang sempit agar gaya geserna cukup kuat untuk mengefektifkan pembersihan dan homogenisasi.

### 3. METODE PELAKSANAAN

#### 3.1 Spesifikasi Mesin Creper

Beberapa hal yang perlu diketahui selain proses yang terjadi didalam mesin Creper adalah spesifikasi mesinnya. Sebagai bahan perbandingan spesifikasi meliputi ( hasil dari survey dari PT. Langkat Nusantara Kepong anak perusahaan PTP. Nusantara II Kebun Gohor Lama) :

- a. Jumlah Mesin : 4 Unit
- b. Kapasitas Mesin : 250 Kg / jam
- c. Daya Motor : 22 KW
- d. Putaran ( n ) : 1450 rpm
- e. Putaran Rol : 45 rpm
- f. Panjang Rol : 600 mm
- g. Diameter Atas dan Bawah : 360 mm
- h. Diameter Poros : 110 mm
- i. Diameter Pully : 153 dan 204 mm
- j. Diameter Kopling : 254 mm
- k. Julh gigi : 19 (kecil) dan 80 (besar)
- l. Tebal Blanket sebelum di rol : 19 mm
- m. Tebal Blanket sesudah di rol : 15 mm
- n. Lembaran Blanket : 500 - 600 mm
- o. 1 Lembar Gulungan : 24 Kg (basah) dan 15 Kg (Kering)

#### 3.2 Material yang Digiling

Peninjauan pada material yang digiling perlu dilakukan dalam perencanaan creper. Material yang di giling adalah termasuk dalam klasifikasi bahan mentah.

#### 3.3 Perhitungan Rol

Rol merupakan komponen utama mesin creper yang berfungsi untuk menggiling atau mengepres lembaran karet. Rol ini di dudukan bersama ring pada sebuah poros. Ukuran rol atas dan

bawah adalah sama (hasil survey).

Keterangan Gambar :

$t_0$  = Tebal blanket sebelum di rol

$t_i$  = Tebal blanket setelah di rol

b = Lebar blanket

Bahan rol yang di gunakan adalah baja tempa nikel khrom molibden (SFNCN70s) dengan  $c_b = 75 \text{ kg / mm}^2$ . Pemilihan bahan ini adalah karena tahan karat. Arah putaran rol atas dan bawah saling berlawanan dengan perbandingan putaran 1 : 1 antara rol atas dan rol bawah yang di tentukan oleh rodagigi.

#### 3.4 Perhitungan Daya Motor

Pada perencanaan menggunakan electromotor ( motor listrik ). Poros penggerak di rangkai dengan system transmisi sabuk, yang mana dari system transmisi di reduksi daya dan putaran dari motor penggerak

Untuk daya penggerak mesin creper dapat di hitung sebagai berikut :

$$\mu_0 = ( 4 \times \pi \times a \times P \times n ) / 600 \quad 3.5$$

sularso

Dimana :

$\mu_0$  : Daya Motor penggerak mesin creeper (KW)

P = Penekanan pada rol ( N )

n = Putaran rol ( rpm )

dimana :

$$n = Q / ( m \times 600 )$$

$$m = ( \pi \times d \times l \times t ) p$$

Dimana :

Q = Kapasitas

m = Massa karet

d = Diameter Poros = 110

l = Lebar Blanket = 0,6 mm

t = Tebal Blanket = 0,15 mm

p = Massa Jenis Karet = 0,940 kg/ $dm^2$

Maka ;

$$m = \pi ( 0,110 \cdot 0,6 \cdot 0,15 \cdot 940 ) \text{ Kg / } m^3$$

$$m = 9,306 \text{ Kg / } m^3$$

Maka ;

$$n = \frac{10.000}{9,306 \times 600}$$

$$n = 644,7 \text{ rpm}$$

a = Panjang lengan efektif

maka ;

$$\mu_0 = \frac{4 \times \pi \times 9,306 \times 0,940 \times 644,7}{600}$$

$$p_0 = 22 \text{ KW}$$

### 3.5 Perhitungan Puli

Puli penggerak di pasang pada poros motor listrik yang mempunyai daya 22 kw dengan putaran (  $n$  ) 14,5 rpm. Diameter puli penggerak di rencanakan 254 mm. pada perencanaan ini bahan poros untuk puli penggerak yang di gunakan adalah baja konstruksi mesin ( S 45 C ) yang mempunyai kekuatan tarik maksimum (  $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$  ). Tegangan geser izin bahan di ketahui persamaan di bawah ini :

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{s_{f_1} \times s_{f_2}}$$

$$\tau_a = \frac{58}{6,0 \times 2}$$

$$\tau_a = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

Momen rencana yang dialami puli penggerak di ikat dengan poros adalah

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n_1}$$

Dimana :

- T = Momen rencana
- Pd = Daya rencana
- $n_1$  = Putaran puli penggerak

maka :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{22}{1450}$$

$$T = 14,7779 \text{ kg.mm}$$

Besar diameter poros yang di rencanakan dapat di hitung dengan persamaan berikut :

$$ds = \left[ \frac{5,1}{\tau_a} \times kt \times cb \times T \right]^{\frac{1}{3}}$$

Sularso hal. 8

Dimana ;

- ds = Diameter poros puli penggerak
- T = Momen Torsi ( kg.mm )
- $\tau_a$  = Tegangan geser izin (  $\text{kg.mm}^2$  )
- kt = Faktor koreksi momen puntir = 1,0 - 3,0
- cb = Faktor koreksi beban lentur = 1,2 - 2,3

Maka :

$$ds_1 = \left[ \frac{5,1}{4,83} \times 2,7 \times 2,1 \times 73,8896 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 147,457 \text{ mm}$$

### 3.6 Perhitungan Kopling

Dalam perencanaan mesin creper ini kopling yang digunakan adalah kopling tetap dengan jenis kopling flens kaku. Kopling adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai alat penerus daya dan putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakan secara pasti tanpa terjadi slip.

Dalam perencanaan mesin creper ini bahan kopling yang digunakan adalah Baja Carbon (SF 50) dengan kekuatan tarik ( $\sigma = 50 \text{ kg/mm}^2$ ). Untuk bahan dengan penggerak massa maka factor keamanan untuk bahan ( $Sf_1 = 6$ ) dan factor koreksi  $Sf_2 = 2,5$

Tegangan geser izin bahan adalah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau_a = \frac{50}{6 \times 2,5}$$

$$= 3,33 \text{ kg/mm}^2$$

Dari daya motor yang direncanakan adalah

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n_2}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{22}{67}$$

$$T = 319820,9 \text{ kg/mm}^2$$

### 3.7 Perhitungan Poros

Poros yang dirancangkan pada perencanaan ini digunakan sebagai tumpuan rol penggiling karet. Poros dengan rol menjadi satu. Poros dihubungkan dengan poros kopling dengan menggunakan kopling tetap jenis flens kaku.

Pada perencanaan ini bahan poros yang digunakan adalah baja khrom nikel molybdenum (SNCM 25) yang mempunyai kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_B = 120 \text{ kg/mm}^2$ ), poros yang dirancang ini diberi alur pasak dan direncanakan bentuk poros ini bertingkat guna mengantisipasi beban lentur dan beban puntir. Dalam hal ini beban lentur terjadi akibat beban rol dan beban blanket sedangkan beban puntir disebabkan oleh poros.

### 3.8 Perhitungan Roda gigi Lurus

Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dari putaran elemen

mesin yang lainnya yang mempunyai jarak dekat tanpa slip. Dalam perencanaan ini roda gigi untuk mesin creper adalah roda gigi lurus. Roda gigi ini digunakan pada mesin creper berfungsi sebagai penerus putaran dari rol atas ke rol bawah untuk menghasilkan putaran yang sama.

### 3.9 Perhitungan Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros yang berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan mempunyai umur yang panjang.

Pada perencanaan ini bantalan yang digunakan adalah bantalan bola dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Beban besar karena permukaan kontak kecil
2. Konstruksi rumit.
3. Putaran harus rendah
4. Gesekan rendah atau sangat kecil

Gaya tangensial pada roda gigi dari hasil perhitungan 1604,89 kg maka gaya radial ( $F_r$ )

$$F_r = F_t \times \tan \theta$$

$$F_r = 1564,735 \times 20$$

$$F_r = 508,5 \text{ kg}$$

### 3.10 Perencanaan Pasak

Pasak adalah suatu elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan atau mengikat bagian - bagian mesin seperti roda gigi, pully, kopling, dan lain - lain. Pasak umumnya digolongkan atas beberapa macam menurut letaknya pasak dapat dibedakan atas :

1. Pasak benam
2. Pasak pelana
3. Pasak rata
4. Pasak singgung
5. Pasak tembereng
6. Pasak jarum

Perhitungan kekuatan pasak di dasarkan pada besarnya torsi yang terjadi dan jenis bahan yang di pilih. Kekuatan bahan pasak juga dapat di tinjau dari tegangan geser dan tekanan bidang

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perawatan pada mesin creper untuk proses cumber rubber, untuk menghindari

kerusakan seelum pada waktunya perlu di lakukan perawatan yang terencana agar sistem yang ada pada mesin dapat bekerja secara optimal. Pekerjaan yang mendasar dalam perawatan adalah membersihkan peralatan dari debu maupun kotoran-kotoran lain yang dianggap tidak perlu. Debu ini akan menjadi proses kondensasi dari uap air yang berada di udara cenderung akan merusak peralatan lambat laun.

Pekerjaan kedua adalah memeriksa bagian-bagian yang dianggap cukup kritis dari peralatan. Adapun proses perawatan yang di lakukan terhadap mesin-mesin proses crumb rubber dapat dibagi:

1. Perawatan harian
2. Perawatan berkala
3. Perbaikan

### 4.1. Perawatan Harian

Perawatan harian yang harus dilakukan pada mesin creper adalah melakukan pengecekan setiap harinya pada kondisi mesin seperti:

- a. Rol
- b. Kopling
- c. Roda gigi

### 4.2. Perawatan Berkala

Tujuan perawatan berkala ini untuk menghindari menurunnya hasil produksi akibat kurangnya perawatan yang dilakukan pada mesin. Untuk itu perlu adanya penggantian komponen-komponen yang telah mencapai jumlah jam kerja dari komponen tersebut. Dalam hal ini telah di jadwalkan tentang perawatan berkala pada mesin creper sebagai berikut:

- a. Penggantian oli pada transmisi 1x3 bulan
- b. Penggantian rol sesuai kondisi

### 4.3. Perbaikan

Perbaikan yang dilakukan adalah penggantian komponen-komponen akibat adanya kesalahan efisien pada saat mesin beroperasi. Perbaikan ini sangat jarang dilakukan apabila perawatan harian dan harian berkala telah berjalan dengan baik. Perbaikan harus segera di lakukan agar produksi tidak terganggu

## 4.1 SIMPULAN

Setelah selesai pelaksanaan proses pengerolan blanket ini maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin creper adalah alat untuk mengepres bahan baku karet mentah membentuk lembaran-lembaran memanjang.
2. Rol adalah suatu alat untuk membuat lembaran karet menjadi padat.
3. Kualitas blanket juga tergantung pada proses rol, sebab mesin creper juga berfungsi untuk mengurangi kadar kotoran dan air dengan proses penekanan.
4. Hasil perhitungan dilakukan adalah:
  - a. Bahan rol baja tempa nikel khrom molibden

Kekuatan tarik = 70-85

Momen puntir = 24668,8 kg.mm

Putaran rol = 45 rpm

- b. Poros atas dan bawah

Bahan poros SNCM 25

Kekuatan tarik = 120

$\text{kg/mm}^2$  Tegangan geser izin =  $13,33 \text{ kg/mm}^2$

Diameter poros = 50 mm

Momen torsi = 14610 kg/mm

- c. Pully penggerak

Bahan pully = S 45 C

Diameter pully = 48 mm

Momen torsi = 14610 kg.mm

- d. Sistem transmisi

Roda gigi yang digunakan adalah roda gigi cacing

Jumlah gigi = 51 buah

Diameter = 50 mm

Diameter lingkaran bagi = 102 mm

Tinggi kepala gigi = 23,9 mm

Tinggi kaki gigi = 23,9 mm

Kelonggaran puncak = 3,25 mm

Diameter luar cacing = 143,4 mm

- e. Sabuk

Kecepatan linier = 9,14 m/s

Jarak sumbu = 609,5 mm

- f. Kopling

Bahan Sf 50

Diameter luar naf = 90 mm

Tebal flens = 15 mm

Panjang naf = 63 mm

- g. Perencanaan Roda gigi

Roda gigi yang digunakan roda gigi lurus

Diameter = 409 mm

Jumlah gigi = 136 buah

Diameter jarak bagi = 408 mm

Gaya tangensial = 1604,89 kg

Efisiensi roda gigi = 0,85 %

- h. Pasak

Lebar = 18 mm

Tebal = 11 mm

Tegangan geser izin =  $60 \text{ kg/mm}^2$

$t_1$  = 6 mm

$t_2$  = 4,4 mm

### Saran

Setelah selesai pelaksanaan proses pengerolan blanket ini maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Blanket harus dijemur sampai kering
2. Setiap mesin atau peralatan selalu dilakukan pemeliharaan

### 6. DAFTAR PUSTAKA

Gere dan Thimosanco, "Mekanika Bahan", Erlangga, Jakarta 1987

Sularso, Suga. K, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradya

Paramitha, Jakarta 1997.

Shigley, J.E. Mitchell, L.d, "Perencanaan Teknik Mesin", Edisi ke 4 Jilid 2,

Erlangga, Jakarta 1994.

Tim penulis PS. "Pengolahan Karet Edisi Ke 9", Penebar Swadaya, Jakarta 2004

Khurmi, R.S. Gupta, J.K, "Machine Design", New Delhi Eurisa 1980.

Niewman, Gustare, "Machine Element Design and Calculation in Mechanical Engineering Design", 1990.

Alfred Jenson, "Kekuatan Bahan Terapan" Erlangga, Jakarta 1983.

Sriati Djaprie, "Metalurgi Mekanik" Edisi Ke 3 Jilid 2, erlangga, Jakarta 1992.