

## Studi Maksimal Cekam pada Ragum Hidrolik

Indra Harwanto P<sup>1\*</sup>, Pranowo Sidi<sup>2</sup>, dan Budianto<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.<sup>1,2</sup>

Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.<sup>3</sup>

E-mail: i.harwanto55@gmail.com<sup>1\*</sup>

---

**Abstract** – Indonesia has a lot of livelihoods, especially in industry. Because the Indonesian people are very numerous, the production each year will increase, therefore every producer must be able to overcome every need that consumers want. The manufacturing field is most needed in every industry because every product manufacture must not be separated from the manufacturing process. In a worksheet there must be a hand work tool to facilitate or tidy up a final process.

In this case the viscera function as a tool for clamping workpieces is very important. Ragum is a clamping device to clamp the workpiece that will be carried out by the milling process. With the vise, the workpiece can be tightly clamped so as to facilitate the processing process and the results of a process will be maximized. In this Final Project, a maximum stress strength analysis will be carried out on one of the Hydraulic Rigs with the aim that the Raft can be more efficient and operate optimally.

The study conducted on this hydraulic formula is expected to be able to overcome problems that often occur in the manufacturing process in the field of production. So that the operator knows more about the work of the hydraulic vise and can operate optimally, and the production work is not hampered due to damage to the vise. In the end, the hydraulic vise will be able to be used longer than the vise that is used carelessly and quickly damaged.

**Keywords:** Vise, Hydraulic, manufacturing

---

### 1. PENDAHULUAN

Saat ini pendidikan tinggi di bidang Teknik dan Teknologi mendapat sorotan dari berbagai pihak karena dilihat peranannya sangat penting dalam menunjang pembangunan perindustrian Negara ini. Tidaklah mengherankan bila banyak usaha di arahkan untuk mengembangkan pendidikan Teknik di seluruh nusantara. Salah satu contohnya bidang manufaktur paling dibutuhkan di setiap industri karena setiap pembuatan produk pasti tidak lepas dari proses manufaktur. Perkembangan zaman yang disertai oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang pesat menciptakan era globalisasi dan keterbukaan bagi setiap individu untuk ikut serta didalamnya, sehingga sumber daya manusia harus menguasai IPTEK serta mampu mengaplikasikannya dalam setiap kehidupan.

Dalam *manufacturing* ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan logam secara mekanis. Pengerjaan mekanis logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun pengerjaan *finishing*, sehingga dalam pengerjaan mekanis dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin Frais atau biasa juga disebut mesin *Milling*. Dalam sebuah *worksheet* pasti terdapat alat mesin untuk memudahkan ataupun merapikan suatu

proses akhir. Dalam hal ini fungsi ragum sebagai alat untuk menjepit benda kerja sangat penting. Ragum adalah suatu alat penjepit untuk menjepit benda kerja yang akan di lakukan proses *frais*.

Dengan adanya ragum, benda kerja bisa dijepit dengan kencang sehingga memudahkan dalam proses pengerjaan dan hasil dari sebuah proses akan maksimal. Untuk membuka rahang ragum caranya yaitu putar tangkai/tuas pemutar ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam) maka batang berulir akan menarik landasan tidak tetap pada rahang tersebut, begitu pula sebaliknya untuk pekerjaan pengikatan benda kerja tangkai pemutar diputar ke arah kanan (searah jarum jam). Ragum sendiri memiliki komponen yang melengkapinya, antara lain tangkai ragum, rahang tetap dan rahang gerak. Komponen yang terdapat pada sebuah ragum masing-masing memiliki fungsi tersendiri. Karena sangat pentingnya kegunaan sebuah ragum pada proses *frais* maka diperlukan perawatan agar tidak mudah rusak, dan juga kita harus mengetahui gaya yang bekerja pada ragum hidrolik tersebut serta besarnya setiap gaya yang bekerja.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan **Studi Kekuatan Maksimal Cekam Pada Ragum Hidrolik** dengan tujuan bisa lebih efisien dan beroperasi dengan maksimal. Selain itu Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan

sumbangan ide ragam hidrolik yang benar-benar efisien untuk dioperasikan.

## 2. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode *Ulrich*. Langkah – langkah pengerjaan dilakukan sebagai berikut.

1. Melakukan Pengumpulan Data.
2. Merancang model 3D dan 2D ragam hidrolik yang sesuai dengan kapasitas mesin cnc frais.
3. Memperhitungkan gaya yang bekerja pada ragam hidrolik
4. Analisa desain menggunakan software
5. Tegangan benda kerja dan pahat frais terhadap ragam < tegangan ijin ragam hidrolik tersebut

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengumpulan Data

Daya dari mesin cnc tersebut bisa di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \tau \cdot \omega$$

Dimana :

P : Daya ( W )

$\tau$  : Torsi ( Nm )

$\omega$  : Kecepatan putar ( rpm )

Torsi motor dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$\tau = F \cdot r$$

Dimana :

F : Gaya potong pahat terhadap benda kerja

r : Jarak benda ke pusat rotasi

Gaya potong pahat terhadap benda kerja dapat dihitung dengan persamaan :

$$F = \tau b \cdot A$$

Dimana :

F : Gaya potong pahat ( N )

$\tau b$  : Tegangan geser bahan ( Kg/cm<sup>2</sup> )

A : Luas penampang potong pahat ( m<sup>2</sup> )

Karena luas penampang potong pahat belum diketahui maka menghitungnya dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} A &= ts \cdot W \cdot S \\ &= 10 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} \cdot 3 \\ &= 60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

ts : Tebal pisau sayat pahat

W : Kedalaman pemotongan

S : Jumlah mata pahat

Setelah luas penampang kita ketahui maka kita dapat menghitung tegangan geser bahan sebagai acuan untuk menghitung gaya potong pahat terhadap benda kerja.

$$T = FA$$

Dimana :

T : Tegangan geser bahan

F : gaya geser

A : Luas penampang potong pahat

Gaya geser bahan dapat di ketahui melalui persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \Sigma F_v &= R_1 - P_1 - P_2 - V = 0 \\ \text{atau } V &= R_1 - P_1 - P_2 \\ &= 125 - 39.2 - 11.34 \\ &= 74.46 \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah gaya geser di ketahui maka bisa dilakukan perhitungan tegangan geser sebagai berikut

$$\begin{aligned} T &= FA \\ &= 74,46 \text{ N} / 60 \text{ mm} \\ &= 1,241 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah tegangan geser bahan di ketahui maka berikutnya gaya potong pahat terhadap benda kerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} F &= \tau b \cdot A \\ &= 1,241 \text{ ( N/mm}^2 \text{ )} \cdot 60 \\ &\text{( mm}^2 \text{)} \\ &= 74.4 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana :

F : Gaya potong pahat ( N )

$\tau b$  : Tegangan geser bahan ( Kg/cm<sup>2</sup> )

A : Luas penampang potong pahat ( m<sup>2</sup> )

Untuk menghitung Daya pada mesin cnc frais Maka di perlukan perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau &= F \cdot r \\ &= 74.4 \text{ ( N )} \cdot 0.003 \text{ ( m )} \\ &= 0.2232 \text{ Nm} \end{aligned}$$

F :Gaya potong pahat terhadap benda kerja  
 r : Jarak benda ke pusat rotasi

Diperlukan juga perhitungan Putaran spindle untuk mengetahui kemampuan kecepatan putar mesin untuk maelakukan pemotongan atau penyayatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} n &= 1000 \cdot Cs \pi \cdot d \\ &= 1000 \cdot 120 \cdot 3.14 \cdot 20 \\ &= 1910 \text{ rpm} \end{aligned}$$

d : diameter pisau frais (mm)

Cs : kecepatan potong (meter/menit)

$\pi$  : nilai konstanta = 3,14

Tabel 1: cutting speed untuk mata potong HSS

Material	Teg. Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	CS (m/mnt)
<b>Plain carbon steel</b>		
ST37 / MS	37	32
1030 / S30C	48	32
1035 / S35C	52	25
1040 / S40C	55	25
1045 / S45C / EMS45 / 1730	58	25
1050 / S50C / ST60	62	25
1055 / S55C	66	25
<b>Alloy Steel (JIS Grade)</b>		
SNC2, 3, 21	95	18
SNC22	100	13
SNCM1, 2, 22	90	18
SNCM7, 8, 23, 25	100	13
SCr3, 4, 21, 22	90	18
SCr5	100	13
SCM2, 3, 21, 22	90	18
SCM4, 5, 23	100	13
<b>Tool Steel (AISI Grade)</b>		
W Series	70	18
O Series	135	5
D Series	140	5
A Series	140	5
H Series	140	5
L Series	100	13
P Series	100	13
S Series	130	5
HSS T Series	150	5
HSS M Series	140	5

Material	Teg. Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	CS (m/mnt)
<b>Spring Steel (JIS Grade)</b>		
SUP4, 6, 7, 9, 10, 11	125	13
SUS 302, 304, 316 WPA	170	5
SUS 302, 304, WPB	210	5
SUS 631J1 WPC	200	5
<b>Stainless Steel</b>		
304, 304L, 316, 316L	70	18
410, 416	77	18
420, 420F	84	18
440C, 440F	91	18
<b>Copper</b>		
Lead Bronze		50-70
Phospor Bronze		40-50
Pure Aluminum		200-300
Aluminum Alloy		70-120
<b>Cast Iron</b>		
GG20		25
GG25		18
GG30, 35, 40		18
GG45, 50		13
GG55, 60		5

Setelah torsi motor dan kecepatan putaran spindle diketahui maka daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 P &= \tau \cdot n \\
 &= 0.2232 \text{ ( m )} \cdot 1910 \text{ ( rpm )} \\
 &= 426 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

### 3.2 gaya yang bekerja pada ragam hidrolis

Gaya, di dalam ilmu fisika, adalah interaksi apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan gerak, baik dalam bentuk arah, maupun konstruksi geometris. Dengan kata lain, sebuah gaya dapat menyebabkan sebuah objek dengan massa tertentu untuk mengubah kecepatannya (termasuk untuk bergerak dari keadaan diam), atau berakselerasi, atau untuk terdeformasi. Gaya memiliki besaran (magnitude) dan arah, sehingga merupakan kuantitas vektor. Satuan SI yang digunakan untuk mengukur gaya adalah Newton (dilambangkan dengan N). Gaya sendiri dilambangkan dengan simbol F. Sebelum menentukan besarnya gaya yang bekerja pertama yang harus dilakukan adalah menentukan tegangan ijin.

#### 3.2.1 Tegangan ijin

Tegangan yang terjadi akibat pembebanan yang berlangsung tak terbatas lamanya pada elemen mesin, tanpa mengakibatkan terjadinya kepatahan maupun perubahan bentuk yang menuju ke kerusakan. Pemilihan tegangan ijin sangat menentukan untuk menghitung dan memeriksa kembali ukuran dari elemen mesin.

$$\begin{aligned}
 \sigma_a &= \sigma_y \text{ sf} \\
 &= 250/2 \\
 &= 125 \text{ N / mm}^2
 \end{aligned}$$

dimana :

- $\sigma_a$  : tegangan ijin
- $\sigma_y$  : tegangan yield
- sf : Safety factor

#### 3.2.2 Gaya Pemotongan Pahat

Sangat penting untuk menentukan gaya – gaya yang terjadi selama proses permesinan sebagai fungsi dari parameter proses dan geometri pahat. Pengetahuan tentang gaya potong pada proses permesinan untuk parameter proses tertentu merupakan langkah penting untuk meningkatkan kualitas hasil permesinan. Informasi gaya potong akan sangat berguna untuk melihat kualitas permukaan hasil permesinan. Gaya potong pahat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = \tau_b \cdot A$$

Dimana :

- F : Gaya potong pahat ( N )
- $\tau_b$  : Tegangan geser bahan ( Kg/cm<sup>2</sup> )
- A : Luas penampang potong pahat ( m<sup>2</sup> )

Karena luas penampang potong pahat belum diketahui maka menghitungnya dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} A &= ts \cdot W \cdot S \\ &= 10 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} \cdot 3 \\ &= 60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

ts : Tebal pisau sayat pahat  
 W : Kedalaman pemotongan  
 S : Jumlah mata pahat

Setelah luas penampang kita ketahui maka kita dapat menghitung tegangan geser bahan sebagai acuan untuk menghitung gaya potong pahat terhadap benda kerja.

$$T = FA$$

Dimana :

T : Tegangan geser bahan  
 F : gaya geser  
 A : Luas penampang potong pahat

Gaya geser bahan dapat di ketahui melalui persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \Sigma F_v &= R_1 - P_1 - P_2 - V = 0 \\ \text{atau } V &= R_1 - P_1 - P_2 \\ &= 125 - 39.2 - 11.34 \\ &= 74.46 \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah gaya geser di ketahui maka bisa dilakukan perhitungan tegangan geser sebagai berikut

$$\begin{aligned} T &= FA \\ &= 74,46 \text{ N} / 60 \text{ mm} \\ &= 1,241 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah tegangan geser bahan di ketahui maka berikutnya gaya potong pahat terhadap benda kerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} F &= \tau b \cdot A \\ &= 1,241 \text{ ( N/mm}^2 \text{ )} \cdot 60 \\ &\text{( mm}^2 \text{)} \\ &= 74.4 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana :

F : Gaya potong pahat ( N )  
 $\tau b$  : Tegangan geser bahan ( Kg/cm<sup>2</sup> )  
 A : Luas penampang potong pahat ( m<sup>2</sup> )

### 3.2.3 Gaya normal / gaya berat

Gaya Normal adalah gaya yang bekerja pada bidang yang bersentuhan antara dua permukaan benda, yang arahnya selalu tegak lurus dengan bidang sentuh. Lambang gaya normal adalah N dan satuan Sistem Internasionalnya adalah kgm/s<sup>2</sup> atau Newton.

$$\begin{aligned} \omega &= m \times g \\ &= 4 \times 9.8 \\ &= 39.2 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana :

$\omega$  : Gaya normal / gaya berat ( N )  
 m : Massa benda ( kg )  
 g : Gravitasi bumi ( m/s<sup>2</sup> )

### 3.2.4 Gaya tekan

Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa suhu di pegunungan lebih rendah daripada di dataran rendah, karena di dataran rendah tekanan lebih tinggi.

$$\begin{aligned} P &= FA \\ &= 39.2 \text{ N} / 0.6 \text{ cm}^2 \\ &= 65 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

P : Tekanan (N/cm<sup>2</sup>)  
 F : Gaya (N/dn)  
 A : Luas alas / penampang (m<sup>2</sup> atau cm<sup>2</sup>)  
 (60 mm<sup>2</sup> = 0.6 cm<sup>2</sup>)

### 3.2.5 Gaya geser

Gaya geser secara numerik adalah jumlah aljabar dari semua komponen vertikal gaya – gaya luar yang bekerja pada segmen yang terisolasi, tetapi dengan arah yang berlawanan, dinotasikan dengan V. Penentuan gaya geser pada sebuah irisan balok memenuhi syarat keseimbangan statis pada arah vertikal.

$$\begin{aligned} \Sigma F_v &= R_1 - P_1 - P_2 - V = 0 \\ \text{atau } V &= R_1 - P_1 - P_2 \\ &= 125 - 39.2 - 11.34 \\ &= 74.46 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan ijin

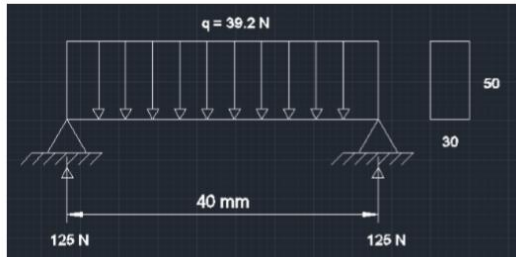
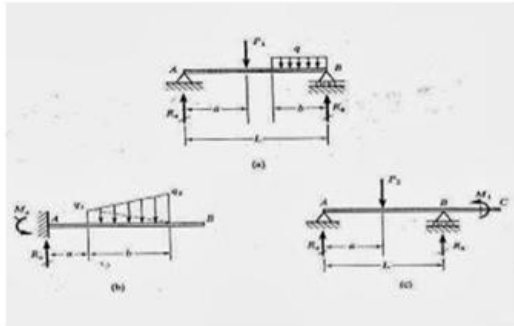
$$\begin{aligned} \sigma_a &= \sigma_y / sf \\ &= 250 / 2 \\ &= 125 \text{ N / mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya normal / gaya berat

$$\begin{aligned} \omega &= m \times g \\ &= 4 \times 9.8 \\ &= 39.2 \text{ N} \end{aligned}$$

momen puntir pahat

$$\begin{aligned} M_t &= 9550 \times P_{motor} \\ &= 9550 \times 9.5 / 6000 \\ &= 11.34 \text{ Nm} \end{aligned}$$



Gambar 1. Free body diagram

### 3.2.6 Gaya gesek

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Benda-benda yang dimaksud di sini tidak harus berbentuk padat, melainkan dapat pula berbentuk cair, ataupun gas. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya adalah gaya gesek statis dan kinetis. Gaya gesek dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f = \mu \times N$$

$$= 0.74 \times 39.2$$

$$= 29.008 \text{ N}$$

Dimana :

$f$  : Gaya gesek  
 $\mu$  : koefisien gesek  
 $N$  : gaya normal

Tabel 2: Koefisien gesek

BAHAN	$\mu_s$	$\mu_k$
Besi pada Baja	0,74	0,57
Aluminium pada Baja	0,61	0,47
Tembaga pada Baja	0,53	0,36
Kuningan pada Baja	0,51	0,44
Seng pada Besi	0,83	0,21
Tembaga pada Besi	1,05	0,29
Kaca pada Kaca	0,94	0,40
Tembaga pada Kaca	0,68	0,53
Teflon pada Teflon	0,04	0,04
Karet pada Beton (kering)	1,00	0,80
Karet pada Beton (basah)	0,30	0,25

Keterangan :

$\mu_s$  : koefisien gesek statis  
 $\mu_k$  : koefisien gesek kinetis

Tegangan normal

$$\sigma = My/I$$

Dimana, :

$\sigma$  : tegangan normal  
 $M$  : momen lentur pada penampang  
 $y$  : jarak dari sumbu netral ke tegangan normal  
 $I$  : momen inersia

nilai koordinat  $y$  dinotasikan dengan simbol  $c$ , sehingga tegangan normal maksimumnya menjadi:

$$\sigma_{\text{maks}} = MCI, \text{ atau}$$

$$\sigma_{\text{maks}} MIC/$$

$I/c$  disebut modulus penampang yang umumnya dinotasikan dengan simbol  $Z$ . Sehingga tegangan lentur maksimum digambarkan oleh persamaan:

$$\sigma_{\text{maks}} = MZ$$

Tegangan geser jarak  $y_0$  dari sumbu netral diberikan dengan formula:

$$\tau = V/b \int ydacy_0$$

Dimana :

$\tau$  = tegangan geser  
 $V$  = gaya geser  
 $b$  = lebar penampang balok  
 $I$  = momen-area kedua  
 $yda$  = momen-area pertama

### 3.2.7 Tegangan lentur maksimum

$$\sigma_{\text{maks}} = MZ$$

$$= 6.75 \times 103 [0.3 (0.5)^2]/16$$

$$= 14.06 \times 106 \text{ Mpa}$$

### 3.2.8 Tegangan geser maksimum

$$\tau_{AV} = 39.2 \times 103 \times 0.05 (0.03) = 26 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\text{maks}} = (3/2) 26 = 39 \text{ Mpa}$$

### 3.2.9 momen puntir pahat

$$Mt = 9550 \times P_{\text{motor}n}$$

$$= 9550 \times 9.5 \times 6000$$

$$= 11.34 \text{ Nm}$$

Dimana:

$Mt$  : momen puntir yang terjadi satuan Nm

$P_{\text{motor}}$  : power yang dihasilkan oleh motor listrik satuan Kw

$n$  : putaran dari alat potongnya satuan rpm.

Setelah mendapatkan momen puntir yang terjadi maka dihitung gaya keliling yang terjadi dengan persamaan (B. Sudibyo, I.H., 2012):

$$f_{\mu} = Mt \times 2 d$$

$$= 11.34 \times 2 \times 10$$

$$= 2.268 \text{ N}$$

### 3.2.10 Gaya cekam maksimal

$$\begin{aligned} F_c &= F_u - (m \times g) \times 2 \times \mu \\ &= 2268 - (1 \times 9.8) \times 2 \times 29.008 \\ &= 38.92 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana:

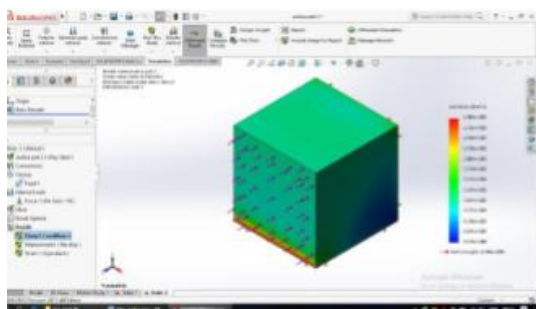
F<sub>c</sub>: gaya cekam satuan N

F<sub>u</sub>: gaya keliling satuan N

M: massa benda kerja satuan kg

G: gaya gravitasi satuan m/s<sup>2</sup> dan

μ: angka gesekan luncur.



Gambar 2. hasil analisa

Pada tahapan ini dilakukan validasi FEA, yang dimaksud adalah merubah nilai value pada proses meshing menjadi lebih kecil namun sampai hasil akhir tetap sama. Kemudian dilakukan lagi penggantian value ke nilai yang besar namun mengalami kegagalan karena desain tidak compatible dengan nilai value yang lebih besar karena berukuran kecil Sehingga ditentukan nilai yang didapat dari value diatas telah valid.

## 4. KESIMPULAN

Ragum hidrolik yang dianalisa memiliki tegangan yang diijinkan pada ragum ragum hidrolik tersebut ialah sebesar 125 N, gaya tekan 39.2 N, gaya pemotongan pahat 74.4 N, gaya geser 74.46, gaya gesek 29.008, tegangan lentur maksimum 14.06 x 10<sup>6</sup> Mpa, tegangan geser maksimum 39 Mpa, momen puntir 11.34 Nm, Gaya keliling 2.268 N, gaya maksimal cekam 38.92 N.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budianto ( 2015 ) Analisa Kekuatan Struktur Pada kapal wisata sungai kalimas, jurnal kapal Vol. 12 No. 1 hal 9-18, Universitas Diponegoro

- [1] B. Sudibyo, I.H., 2012, Kekuatan Dan Tegangan Izin. Surabaya: Institut Sepuluh Nopember Surabaya.
- [2] Rinaldi, M., and Tia, A., 2011, Ragum, Surabaya: Institut Sepuluh Nopember Surabaya.
- [3] Sugiyarto, Y., 2014, Perkakas Tangan, Manufacturing and Materials Engineering, ICAMME 2014, Vol. 5 pp. 1417-1423.
- [4] Sugiyarto, Y., 2014, Perkakas Tangan, Surabaya: Institut Sepuluh Nopember Surabaya.
- [5] Rochim, Taufic, 1993, Teori dan Teknologi Proses Permesinan, Institute Teknologi Bandung,
- [6] Gatot. (2013). Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM. Material and Manufacturing Process Research Laboratory Program Studi Teknik Mesin, FT-UIKA Bogor
- [7] Didik Djoko. (2013). PENGARUH SUDUT POTONG PAHAT TERHADAP GAYA PEMOTONGAN PADA PROSES BUBUT BEBERAPA MATERIAL DENGAN PAHAT HSS. *Jurnal Teknik Mesin*, VII, 55-65. Universitas Sebelas Maret, Solo
- [8] Agus Kurniawan. (2015). ANALISA KEKUATAN DAN KECEPATAN PADA RANCANGAN SISTEM PENCEKAMAN RAGUM YANG DIGUNAKAN DI MESIN MILLING MIKRON POLITEKNIK ATMI SURAKARTA *Program Studi Teknik Mesin – Politeknik ATMI Surakarta*
- [9] Sulis Yuliant. (2015). PENGARUH BEBAN TERHADAP TEKANAN POMPA HIDROLIK PADA REACH STACKER SAAT PROSES LIFTING PETIKEMAS *Universitas Muhammadiyah Jakarta*
- [10] HENDRI KURNIAWAN. (2016). ANALISA DEFLEKSI PADA ROD BUCKET DI SISTEM HIDROLIK EXCAVATOR HITACHI ZAXIS 210 MF SN 70165 JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONTIANAK