

LAMPIRAN 1

EKSPERIMEN GAYA GESEK UNTUK MENGUJI NILAI KOEFISIEN GESEKAN STATIS KAYU PADA KAYU DENGAN PROGRAM MATLAB

Puji Hariati Winingsih, Hidayati

Program Studi Pendidikan Fisika UST Yogyakarta

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan rancang bangun alat untuk menguji nilai koefisien gesekan statis kayu pada kayu melalui eksperimen gaya gesek. Telah dibuat alat eksperimen gaya gesek untuk menentukan nilai koefisien gesekan statis kayu pada kayu. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali tiap variasi massa dan diperoleh data gaya gesek (f_s). Analisis data menggunakan regresi linier berbobot dengan program REGLIN yang ditulis dalam bahasa Matlab dan uji *chisquare*. Diperoleh hasil keluaran berupa koefisien-koefisien fungsi linier yaitu $a_0=0.309$ dan $a_1= 1.937$ dengan ralat ($S_\mu= 0.010$). Besarnya koefisien gesekan statis (μ_s) kayu pada kayu dengan menggunakan Matlab yaitu $\mu_s= (0.402 \pm 0.010)$. Hasil ini sesuai dengan teori bahwa $\mu_s= 0.40$. Uji *chisquare* (χ^2) menunjukkan bahwa ada korelasi secara linier antara f_s dan m , dengan nilai peluang $P (\chi^2 \geq \chi_{hit}^2) = 50.56 \%$, sehingga data dalam eksperimen ini dapat diterima.

Kata kunci: eksperimen, koefisien gesekan statis, kayu, Matlab

ABSTRACT: The purposes of this research are designing and using tools to test the coefficient of static timber friction on wood through friction force experiments. Crafting force experiments have been developed to determine the coefficient of static timber friction coefficient on wood. The data was collected 10 times each mass variation and obtained friction force data (f_s). The data analysis used a weighted linear regression with REGLIN program written in Matlab and *chisquare* test. The results obtained by the form of coefficients of linear function are $a_0 = 0.309$ and $a_1 = 1.937$ with ralat ($S_\mu = 0.010$). The amount of coefficient of static friction (μ_s) of wood on wood using Matlab is $\mu_s = (0.402 \pm 0.010)$. This result is in accordance with the theory that $\mu_s = 0.40$. The *chisquare* test (χ^2) shows that there is a linear correlation between f_s and m , with an opportunity value $P (\chi^2 \geq \chi_{hit}^2) = 50.56\%$, so the data in this experiment is acceptable.

Keywords: experiment, friction static coefficient, wood, Matlab

PENDAHULUAN

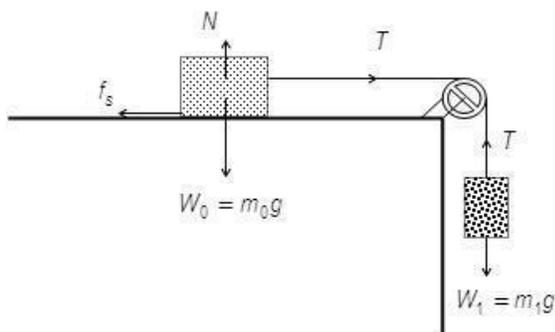
Ekspерimen fisika memiliki peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan khususnya yang berhubungan dengan fisika muncul dengan adanya

eksperimen fisika. Hal terpenting yang harus diperhatikan dalam melakukan eksperimen fisika adalah set eksperimen yang digunakan. Set eksperimen sangat menentukan hasil yang didapatkan pada suatu penelitian. Saat ini telah

banyak industri yang mengembangkan set eksperimen fisika untuk memudahkan siswa dan mahasiswa dalam memahami pelajaran fisika (Maisa Fitri, *etall*, 2014). Set eksperimen tersebut dapat berupa analog maupun digital.

Pengembangan set eksperimen fisika digital dapat dilakukan oleh dosen maupun mahasiswa. Namun, pengembangan set eksperimen fisika yang banyak dijumpai salah satunya adalah set eksperimen bidang miring untuk menentukan koefisien gesek statis. Diketahui bahwa penentuan koefisien gesek dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan menggunakan balok yang ditarik dengan katrol pada bidang datar, balok yang meluncur pada bidang miring, dan balok yang ditarik dengan katrol pada bidang miring (Seway, *etall*, 2004)

Pada gambar 1 terlihat, pada saat balok tepat akan meluncur, besar gaya gesekan f_s . balok mengerjakan gaya tekan pada permukaan bidang papan, akibatnya permukaan papan melakukan gaya reaksi (gaya normal N) yang besarnya sama dengan gaya tekan oleh balok tetapi arahnya berlawanan. Benda yang berada di atas papan akan mengalami gaya gesekan f_s yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan benda (Sears, *etall*, 2004).



Gambar 1. Benda balok bergerak di atas permukaan meja

Perbandingan besarnya gaya gesekan statis f_s maksimum dengan gaya normal N disebut koefisien gesekan statis μ_s dari permukaan suatu bidang seperti ditunjukkan pada persamaan 1.

$$f_s = \mu_s N \quad (1)$$

Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa besarnya koefisien gesekan kinetik kayu pada kayu sebesar 0.2 (Puji Hariati W, 2016). Pada tabel 1 ditunjukkan nilai-nilai yang terukur untuk berbagai permukaan diberikan (Atam P.Arya, 1998).

Tabel.1 Nilai-nilai Koefisien Gesekan Statis dan Kinetik untuk berbagai Permukaan

Permukaan	Koefisien gesekan statis μ_s	Koefisien gesekan kinetik μ_k
Kayu pada kayu	0.4	0.2
Es pada es	0.1	0.03
Logam pada logam	0.15	0.07
Baja pada baja	0.7	0.6
Karet pada beton kering	1.0	0.8
Karet pada beton basah	0.7	0.5
Teflon pada Teflon di udara	0.04	0.04
Teflon pada baja di udara	0.04	0.04

Pada penelitian ini, penentuan koefisien gesek statis digunakan balok kayu pada bidang horizontal yang tersambung dengan beban yang lain melalui katrol menggunakan pegas digital. Berdasarkan hukum II Newton, maka didapatkan rumus untuk menentukan koefisien

gesekan dua permukaan bersentuhan yaitu kayu pada kayu, ditunjukkan pada persamaan 1.

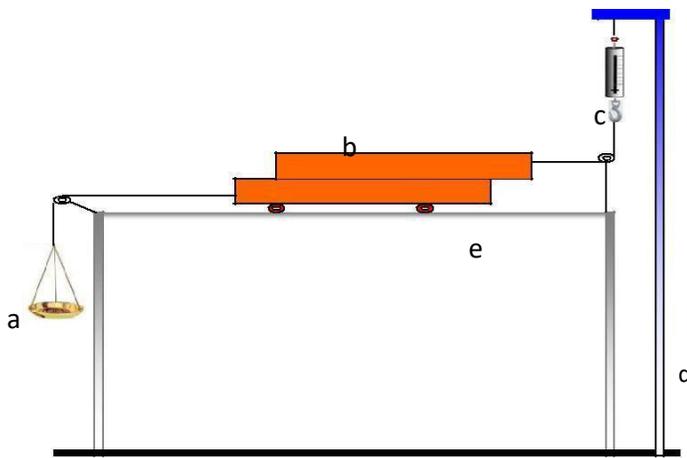
METODE EKSPERIMEN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan terdiri dari kayu, bandul, katrol, beban dan pegas digital.

Cara kerja

Eksperimen dilakukan di laboratorium fisika Dasar Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. Instrumen alat ditunjukkan pada Gambar 2 dengan massa tali dan katrol diabaikan serta momen inersia katrol juga diabaikan. Variasi massa yang digunakan adalah (12×10^{-1} , 15×10^{-1} , 22×10^{-1} , 25×10^{-1} , 27×10^{-1} , 32×10^{-1} , 36×10^{-1} , 42×10^{-1} , 46×10^{-1} , 52×10^{-1}) dalam satuan kilogram.



Gambar 2. Instrumen alat

Analisis data menggunakan regresi linier berbobot (Bevington dan Robinson, 2003): 98 – 114) dengan persamaan:

$$y = a_1 x + a_0 \quad (2)$$

ralat a_1 dapat dihitung dengan persamaan

$$s_{a_1} = \frac{1}{\Delta} \sum \frac{1}{s_i^2} \quad (3)$$

(10)

dan ralat a_0 dapat dihitung dengan persamaan

$$s_{a_0} = \sqrt{\frac{\sum \frac{x_i^2}{s_i^2}}{\Delta}} \quad (4)$$

sehingga dari persamaan (2) dapat ditulis

$$a_1 m = \mu_s g \quad (5)$$

Regresi linier f_s terhadap m maka μ_s dapat dicari dengan persamaan:

$$\mu_s = \frac{a}{g} \quad (6a)$$

dan ralatnya dapat dihitung dari perambatan ralat:

$$s_{\mu_s} = \sqrt{\left(\frac{\partial \mu_s}{\partial a} \right)^2 (s_a)^2 + \left(\frac{\partial \mu_s}{\partial g} \right)^2 (s_g)^2} \quad (6b)$$

Dalam regresi linier berbobot, dapat diuji baik tidaknya kecocokan (*goodness of fit*)

dengan menghitung parameter χ^2 yang didefinisikan sebagai

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{[y_i - y_{reg}(i)]^2}{s_i^2} \quad (7)$$

dengan $y_{reg}(i) = a_0 + a_1 x$

dan s_i merupakan ralat masing-masing y_i .

Secara ideal analisis regresi linier dikatakan baik jika peluang mendapatkan nilai χ^2 dari himpunan data acak lebih besar dari atau sama dengan $\chi^2_{\text{terhitung}}$ mempunyai nilai 50 % (Bavington dan Robinson, 2003), dan dalam praktek dapat diterima jika terletak dalam batas 10 % sampai 90 % (Robinowicz, 1970), $10\% < P(\chi^2 \geq \chi^2_{\text{terhitung}}) < 90\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun alat ditunjukkan pada gambar 3 (a), (b)



(a)



(b)

Gambar. 3 (a), (b). Alat Eksperimen Gaya Gesek

Penentuan Koefisien Gesekan Statis

Nilai koefisien gesekan statis μ_s sebenarnya dapat dicari dari nilai f_s , g dan m yang diperoleh dari eksperimen. Tetapi, perhitungan secara langsung mengandung beberapa kelemahan, yaitu tidak dapat dicek atau diuji apakah rumus teoritis dalam model berlaku umum, tidak dapat dideteksi perhitungan μ_s dan ralatnya masih relatif besar. Inilah alasan utama mengapa menggunakan analisis regresi linier dengan program Matlab. Dari persamaan (2) diperoleh bentuk persamaan linier:

$$f_s = \mu_s g m \quad (8)$$

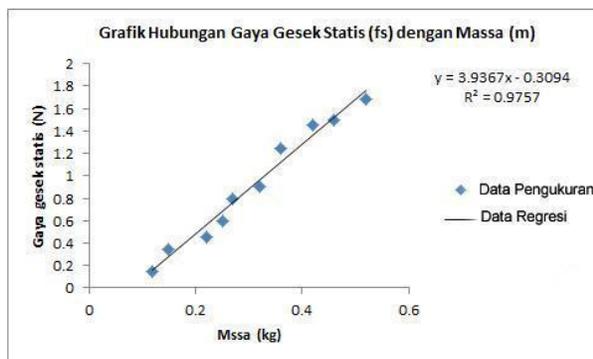
Dengan menggunakan persamaan (6b) dengan ralatnya yaitu:

$$s_{\mu_s} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{g}\right)^2 (s_{a_{\mu_s}})^2 + \left(\frac{a}{g}\right)^2 (s_g)^2}{g^2}} \quad (9)$$

Dari eksperimen yang sudah dilakukan diperoleh data hasil pengukuran gaya gesek statis (f_s)= Y dengan variasi massa m = X dan percepatan gravitasi ($g=9,8 \text{ m/s}^2$) seperti ditunjukkan pada tabel.2 dan grafik hubungan gaya gesek statis terhadap massa pada gambar 4. Dari data pada table 2, diolah dengan menggunakan regresi linier (Persamaan 2) sehingga diperoleh $a_0 = 0.309$ dan $a_1= 1.937$ dengan ralat ($S_{\mu_s}= 0.010$).

Tabel 2. Gaya gesek statis terhadap massa

NO	X	Y
1	0.12	0.15
2	0.15	0.35
3	0.22	0.45
4	0.25	0.60
5	0.27	0.80
6	0.32	0.90
7	0.36	1.25
8	0.42	1.42
9	0.46	1.50
10	0.52	1.65



Gambar 4. Hubungan antara gaya gesek statis (f_s) dan massa (m)

Uji χ^2 menunjukkan bahwa ada korelasi secara linier antara f_s dan m , dengan nilai peluang $P(\chi^2 \geq \chi_{hit}^2) = 50.56\%$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data ini dapat diterima.

SIMPULAN

Besarnya koefisien gesekan statis kayu dengan kayu dengan percobaan gaya gesek statis menggunakan program Matlab $\mu_s = (0.402 \pm 0.010)$. Hasil ini sesuai dengan teori bahwa $\mu_s = 0.40$ (Atam P Arya, 1998).

Uji χ^2 menunjukkan bahwa ada korelasi secara linier antara f_s dan m , dengan nilai peluang $P(\chi^2 \geq \chi_{hit}^2) = 50.56\%$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data ini dapat diterima.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh LP3M, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak tersebut atas kepercayaannya.

PUSTAKA

- Atam P.Arya, (1998). *Introduction Classical Mechanics*. Second edition, Prentice Hall
- Bevington, P.R., & Robinson, D.K. (2003). *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Science*. Third Edition, New York: McGraw-Hill
- Benenson, W., Harris, J.W., Stocker, H., Lutz, H. (2001). *Handbook of Physics*. New York: Springer
- Fitri M, dkk. (2014). *Pembuatan system Penentuan Koefisien Gesek Statis Benda pada Bidang Miring Secara Digital Berbasis Mikrokontroler*. Padang : Universitas Negeri Padang
- PMS. (1987). *Ilmu Bahan Jilid 2*. Bandung : Polytechnic Mechanic Swiss, ITB
- Robinowicz, E. (1970). *An Introduction to Experimentation*. Reading: Addison Wesley
- Sears, F.W., Zemansky, M.W. (2004). *Fisika Universitas*. Jakarta: Bandung

Serway, Raymond A dan Jewwet Jhon W.
(2004). *Physics for Scientists and
Engineers*. Thomson Brooks: California

Winingsih, PH. (2016). *Penentuan Koefisien
Gesekan Kayu Pada Kayu dengan
Metode Grafis*. Jurnal Sciencetech LP2M
Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa:
Yogyakarta

LAMPIRAN 2

Faktor koreksi dan standart baja karbon

Tabel faktor – faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan, f_c

Daya yang ditransmisikan	Fc
Daya rata-rata yang diperlukan.	1.2 – 2.0
Daya maksimum yang diperlukan.	0.8 – 1.2
Daya normal	1.0 – 1.5

Tabel Baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros.

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm^2)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	“	52	
	S40C	“	55	
	S45C	“	58	
	S50C	“	62	
	S55C	“	66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	-	53	Ditarik dingin, digerinda, dibubut, atau gabungan antara hal-hal tersebut.
	S45C-D	-	60	
	S55C-D	-	72	

Tabel koefisien gesek benda (fg)

Koefisien Gesekan benda		
Permukaan	Koefisien Gesekan Statik, μ_s	Koefisien Gesekan Kinetik, μ_k
Kayu pada kayu	0,4	0,2
Es pada es	0,1	0,03
Logam pada logam (dilumasi)	0,15	0,07
Baja pada baja (tidak dilumasi)	0,7	0,6
Karet pada beton kering	1,0	0,8
Karet pada beton basah	0,7	0,5
Karetpadapermukaan padat lainnya	1-4	1
Teflon pada teflon di udara	0,04	0,04
Teflon pada baja di udara	0,04	0,04
Bantalan peluru yang dilumasi	<0,01	<0,01
Persendian tungkai (lengan manusia)	0,01	0,01

Tabel. Bantalan untuk Permesinan Serta Umurnya

Umur Lh		2000 s.d 4000 (jam)	5000 s.d 15000 (jam)	20000 s.d 30000 (jam)	40000s.d6 0000(jam)
Fakor Beban <i>fw</i>		Pemakaian jarang	Pemakaian sebentar- sebentar (tidak terus menerus)	Pemakaian terus menerus	Pemakaian terus menerus dengan keandalan tinggi
1 s.d 1,1	Kerja halus tanpa tumbukan	Alat listrik rumah tangga, sepeda	Konveyor, mesin pengangkat, <i>lift</i> , tangga jalan	Pompa, poros transmisi, separator, pengayak, mesin perkakas, pres putar, separator sentrifugal, sentrifus pemurni gula, motor listrik	Poros transmisi utama yang memegang peranan penting, motor- motor listrik yang penting.
1,1 s.d 1,3	Kerja biasa	Mesin pertanian, grinda tangan	Otomobil, mesin jahit	Motor kecil, roda meja, pemegang pinion, roda gigi reduksi, kereta rel	Pompa penguras, mesin pabrik kertas, rol kalender, kipas angin, kran, penggiling bola, motor utama kereta rel listrik
1,2 s.d 1,5	Kerja dengan getaran atau tumbukan		Alat-alat besar,unit roda gigi dengan getaran besar, <i>rolling mill</i> .	Penggetar, penghancur.	

LAMPIRAN 3

Lampiran 3.1 Koefisien Gesek pada Baja Terhadap Baja dengan Pelumas

Data hasil dari pengujian tersebut dapat dihitung menggunakan (Rumus 3.1) hingga (Rumus 3.3). sebagai contoh, berikut adalah perhitungan nilai koefisien gesek pada spesimen 1 pengujian ke-1 secara teoritis.

Mencari gaya gesek terlebih dahulu dengan Rumus 3.1 seperti perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 P &= T \times \omega \\
 P &= F \times R \times \omega \\
 F &= R \times \omega \\
 F &= \frac{P}{R} \\
 F &= \frac{372.85 \text{ N} \cdot \text{m/s}}{0.025 \text{ m}} \\
 F &= 96,669 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$\xrightarrow{\text{F motor = f gesek}}$

Dimana,

F = f = Gaya Gesek (N)
P = Daya Motor (Watt)
R = Jarak/jari – jari (mm)
n = putaran motor (Rpm)

Mencari gaya normal yang diberikan dihitung melalui dengan Rumus 3.2 seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 T &= F \times R \\
 T &= 1200 \text{ N} \times 0,125 \text{ meter} \\
 T &= 150 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dimana,

$$F = N = \text{Gaya Normal (N)}$$

$$T = \text{Torsi (Nm)} \quad x = \text{jarak kunci momen ke pusat beban penekan (m)}$$

Selanjutnya menghitung koefisien geseknya dengan Rumus 3.3

$$= \frac{N}{N} = 0.000975$$

$$= 1200 \text{ N} = 0.000975$$

Lampiran 3.2 Koefisien Gesek pada Baja Terhadap Baja Tanpa Pelumas

Data hasil dari pengujian tersebut dapat dihitung menggunakan (Rumus 3.1) hingga (Rumus 3.3). sebagai contoh, berikut adalah perhitungan nilai koefisien gesek pada spesimen 1 pengujian ke-1 secara teoritis.

Mencari gaya gesek terlebih dahulu dengan Rumus 3.1 seperti perhitungan dibawah ini :

$$P = T \times \omega$$
$$P = F \times R \times \omega \quad \rightarrow \quad F_{\text{motor}} = f_{\text{gesek}}$$
$$F = R \times \omega$$
$$F = 0.025 \text{ m} \times 314 \times 60$$
$$F = 0.025 \text{ m} \times 2 \times 3.14 \times 1432 \text{ rad/s}$$
$$F = 124,381 \text{ N}$$

Dimana,

$$F = f = \text{Gaya Gesek (N)}$$

P = Daya Motor (Watt)

R = Jarak/jari - jari (mm)

n = putaran motor (Rpm)

Mencari gaya normal yang diberikan dihitung melalui dengan Rumus 3.2 seperti dibawah ini :

$$T = x \longrightarrow F \text{ (yang terjadi saat pembebanan) = N (gaya normal)}$$

$$= \frac{T}{x}$$

$$= \frac{30 \text{ Nm}}{0,125 \text{ meter}} = 240 \text{ N}$$

Dimana,

F = N = Gaya Normal (N)

T = Torsi (Nm) x = jarak kunci momen ke pusat beban penekan (m)

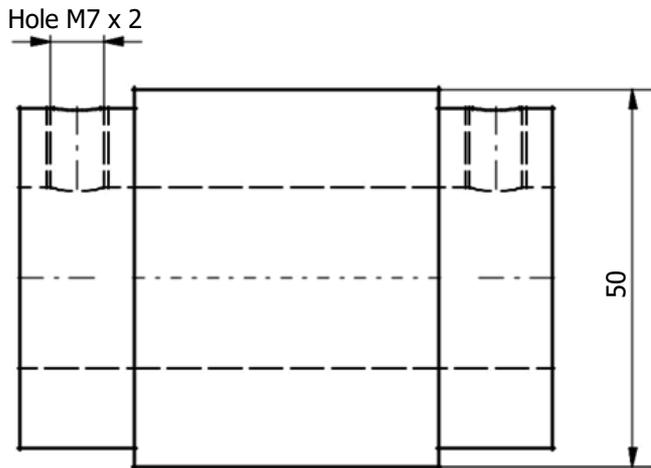
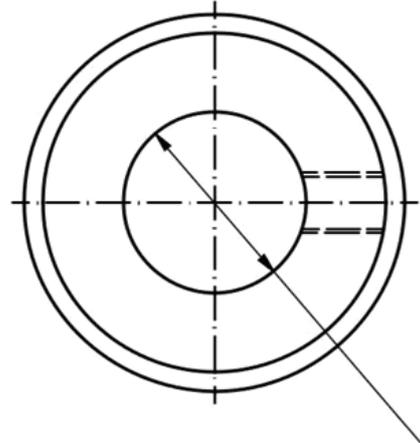
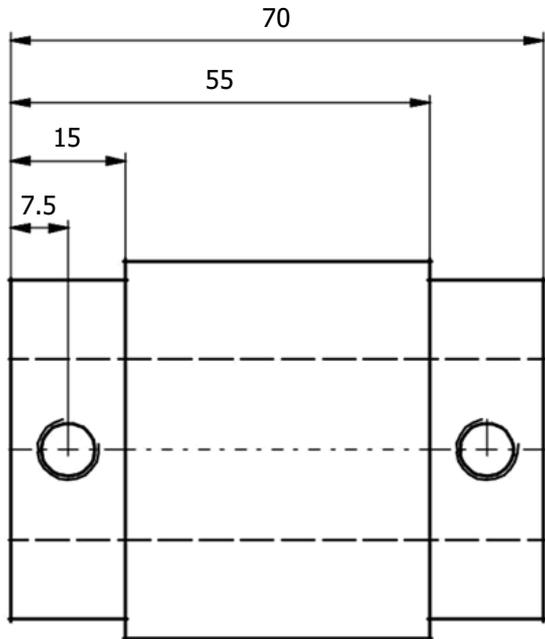
Selanjutnya menghitung koefisien geseknya dengan Rumus 3.3

$$= . N$$

$$= \frac{\text{---}}{N}$$

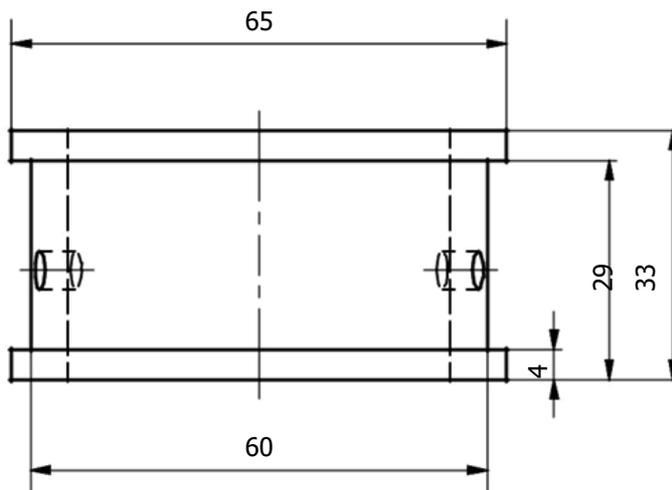
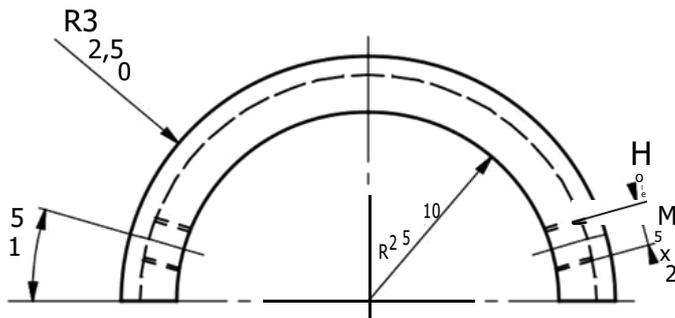
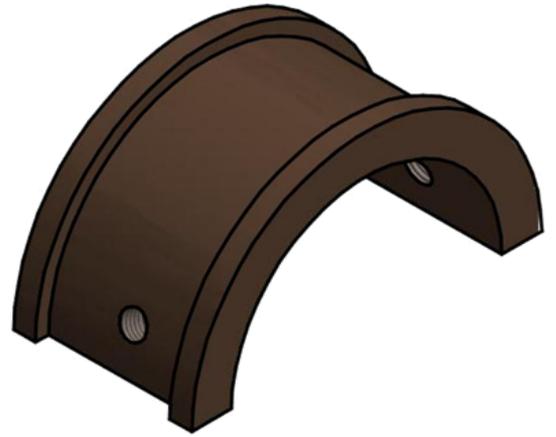
$$= \frac{124,381 \text{ N}}{240 \text{ N}} = 0,518$$

Di Bubut
N6



Jumlah Quantity	Nama Bagian Part Name	No. Bag Part No.	Bahan Material	Ukuran Size	Keterangan Remark	
I	II	III	Perubahan: Revision			
	<h1>Spesimen Uji</h1>			Skala Scale 1 : 1	Digambar r Drawn Diperiks a Checked Maulana	
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang				DRAME PART 02/2018		

Di Bubut
N6



Jumlah Quantity			Nama Bagian Part Name	No. Bag Part No.	Bahan Material	Ukuran Size	Keterangan Remark
I	II	III	Perubahan: Revision				
			<h1>Spesimen Uji</h1>			Skala Scale 1 : 1	Digambar Drawn Diperiksa Checked Maulana
						POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang	

