

MENGETAHUI KOEFISIEN GESEK STATIK DAN KINETIS MELALUI KONSEP GERAK MELINGKAR BERATURAN

Hernawati

Dosen pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
e-mail: Hernawati@uin-alauddin.ac.id

Abstract: Uniform circular motion is one of the topic in the physics lesson, in the learning process is very closely related to the observation or experiment. To find out the static friction coefficient and kinetic friction coefficient in the uniform circular motion, we made measurement on angular velocity, position of objects, mass of objects, angle between rope and horizontal surface, and rope tension. Data obtained was analyzed to determine the relationship between these variables, static friction coefficient, and kinetic friction coefficient. Analysis of this data done in two ways: calculating using the equation related, and through reading the graphic relationship between two variables we obtained a quite small difference results from those analysis.

Key words: uniform circular motion, static friction coefficient, and kinetic friction coefficient.

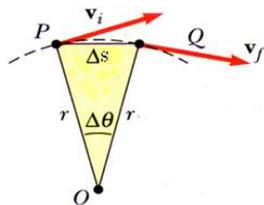
PENDAHULUAN

Gerak Melingkar Beraturan

Ketika sebuah benda bergerak pada lintasan berbentuk melingkar, maka gerak tersebut dinamakan gerak melingkar, apakah benda itu bergerak keseluruhan mengelilingi satu lintasan penuh berbentuk melingkar atau hanya setengah melingkar saja (Peter Signal. 2002).

Sedangkan gerak melingkar beraturan adalah gerak suatu benda yang bergerak dengan laju tetap (teratur) pada suatu lintasan berbentuk lingkaran. Dengan arah vektor kecepatannya berubah terus- menerus tetapi besar kecepatannya tidak berubah (Halliday and Resnick R. 1999).

Sebuah benda yang bergerak sepanjang lintasan melingkar dengan jejari tertentu dan waktu tertentu, maka kita dapat menggambarkan pergerakannya dalam bentuk perubahan posisi sudutnya.



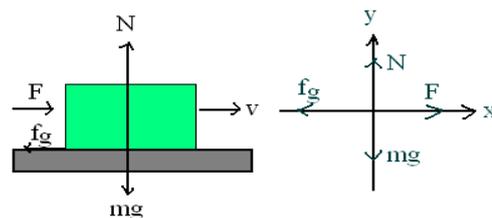
Gambar 1. Sebuah benda yang bergerak melingkar horizontal dari titik P ke Q dengan jari- jari r berlawanan arah dengan jarum jam.

Besarnya sudut dari Gambar (II.1) dapat diukur baik dalam derajat maupun radian (rad) (Kane dan Sternheim. 1988). Satu radian adalah besar sudut pada pusat yang panjang busurnya sama dengan panjang jari- jari lingkaran itu juga. Karena keliling lingkaran itu adalah 2π kali jari- jari lingkaran itu, maka dalam satu putaran adalah sebesar 2π atau 6.28 radian. Atau jika dalam satuan sudut 1 radian sebesar 57.3 derajat. Bila besarnya θ dalam radian pada suatu lingkaran dengan jejari r dan dibatasi busur sepanjang S , maka berdasarkan aturan sinus dimana bila \ll , $\theta \cong \sin \theta$ sehingga hubungannya dapat dituliskan (Francis Weston Sears. 1962) :

$$\sin \theta \cong \frac{S}{r} \rightarrow \sin \theta \cong \theta \rightarrow \theta \cong \frac{S}{r} \quad (1)$$

Gaya Gesekan (Frictional Forces)

Gaya gesekan adalah gaya yang ditimbulkan oleh dua benda yang bergesekan dengan arah gaya sejajar permukaan benda dan berlawanan dengan arah gerak benda. Seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Komponen dan arah gaya pada benda yang saling bersentuhan

Ada dua jenis gesekan bila ditinjau dari bergerak dan tidaknya suatu benda, yaitu; jika benda tidak bergerak, maka gesekannya disebut dengan gesekan statis dan jika gaya yang dikerjakan cukup untuk menggerakkan benda, maka gesekannya disebut dengan gesekan kinetik.

Jika permukaan suatu benda bergesekan dengan permukaan benda lain, maka masing- masing benda akan melakukan gaya gesekan satu terhadap yang lain. Gaya gesekan ini secara otomatis melawan gerak, sekalipun tidak ada gerak relatifnya. Gaya gesekan sangat penting dalam kehidupan sehari- hari. Sekitar 20 % daya mesin mobil habis digunakan untuk melawan gaya gesekan. Namun sebaliknya juga tanpa gesekan manusia tidak dapat berjalan dan melakukan aktivitas sehari- hari. Dengan mempelajari hukum gaya untuk gaya gesekan diharapkan mampu menyatakan gaya gesekan dalam sifat- sifat benda dan lingkungannya.

Misalnya, tinjau sebuah balok yang diam di atas meja horizontal yang diikat dengan pegas. Ternyata balok tidak bergerak jika dikenakan gaya yang kecil. Dalam hal ini dapat dikatakan gaya yang diberikan diimbangi oleh gaya gesekan yang dilakukan meja pada balok sepanjang sepanjang permukaan

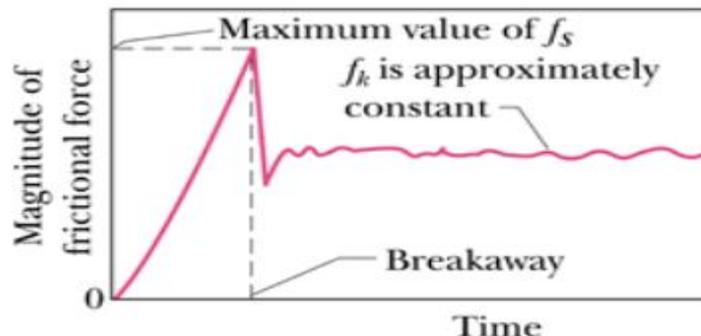
kontakannya. Jika gaya yang diberikan diperbesar, ternyata pada suatu harga gaya tertentu balok mulai bergerak. Sekali gerak telah dimulai gaya yang sama menghasilkan gerak dipercepat. Lalu dengan memperkecil kembali gaya tersebut, diharapkan agar balok bergerak seragam.

Gaya gesekan statik (f_s) maksimum antara dua permukaan kering tanpa pelumas memenuhi dua hukum empiris berikut: (1) gaya tersebut tidak bergantung luas daerah kontak, dalam batas yang cukup lebar dan (2) besarnya sebanding dengan gaya normal (gaya yang dilakukan oleh benda yang satu pada benda lainnya dalam arah tegak lurus pada bidang antarmuka keduanya. Gaya ini muncul karena benda tidak pernah tegar sempurna. Untuk benda yang diam atau meluncur di atas meja horizontal gaya normal sama dengan gaya berat benda.

Sedangkan gaya gesekan kinetik (f_k) antara dua permukaan benda kering tanpa pelumas, juga memenuhi kedua hukum pada gaya gesekan statik. Selain itu gaya gesekan kinetik juga tidak bergantung pada laju relative gerak permukaan yang satu di atas permukaan lainnya.

Perbandingan gaya gesekan terhadap gaya normal disebut koefisien gesek. Jika gaya gesekannya statik maka koefisien geseknya juga koefisien gesek statik dan sebaliknya dan dilambangkan μ . Baik μ_s (koefisien gesek statik) dan μ_k (koefisien gesek kinetik) adalah konstanta tak berdimensi yang merupakan perbandingan dua buah gaya yang bergantung pada sifat kedua permukaan yang bersentuhan.

Selain itu koefisien gesekan juga bergantung pada banyak variabel seperti, pengolahan permukaan, lapisan permukaan, suhu, derajat pengotoran. Sebagai contoh, jika dua permukaan logam yang etlah dibersihkan dengan baik diletakkan dalam ruang hamper hampa sehingga tidak terbentuk lapisan oksida permukaan, maka koefisien geseknya melonjak sangat besar dan pada kenyataannya kedua permukaan itu menjadi kuat satu dengan lainnya. Namun sebaliknya jika sedikit udara dimasukkan ke dalam ruangan itu sehingga dapat terbentuk lapisan oksida pada kedua permukaan yang berhadapan maka koefisien geseknya menjadi berharga normal.



Gambar 3. Grafik hubungan antara nilai gaya gesekan terhadap waktu

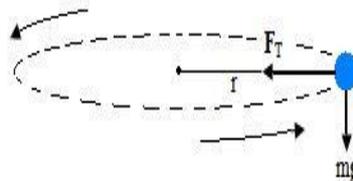
Pada grafik di atas, untuk laju yang tidak terlalu besar gaya gesek kinetik terlihat hampir konstan. Tetapi untuk kasus laju benda yang besar dan benda

memasuki medium yang cenderung rapat, gaya gesek kinetik yang dialami benda akan bergantung kepada laju (Ronald.A.L.Rorrer,Vikas Juneja).

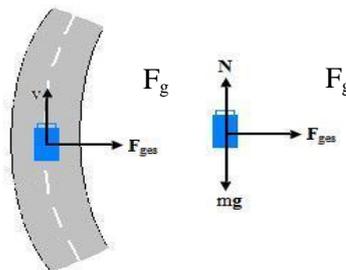
Secara eksperimen, ditemukan bahwa gaya gesek bergantung pada gaya yang mendorong permukaan benda, yakni F_n , yang merupakan gaya normal dan sifat permukaan yang bersentuhan. Hasil eksperimen tersebut dapat ditulis secara matematis;

$$F_g = \mu F_n \tag{2}$$

Pada persamaan tersebut μ disebut dengan koefisien gesekan, sebuah konstanta yang besarnya bergantung pada karakteristik permukaan yang bersentuhan. Selain itu penyebab terjadinya gesekan adalah kombinasi dari tiga hal, yakni kekasaran permukaan, gaya tarik menarik antarmolekul tak sejenis, dan deformasi. Sebagai contoh untuk melihat pengaruh gaya gesek pada benda yang bergerak melingkar beraturan adalah; sebuah uang logam yang bergerak melingkar dalam arah horisontal pada disk atau sebuah mobil yang membelok di tikungan seperti pada gambar 4 dan gambar 5. Dari kedua gambar tersebut dapat terlihat bahwa ada gaya gesek yang menjaga agar kedua benda tersebut tetap berada pada lintasan melingkar atau mempertahankan benda tidak tergelincir.



Gambar 4. Komponen gaya yang bekerja pada uang logam yang bergerak melingkar horizontal



Gambar 5. Komponen gaya pada mobil yang bergerak di tikungan

Gambar tersebut terlihat juga bahwa benda bergerak dalam arah horizontal saja, sehingga gaya yang bekerja pada arah horizontal tersebut hanyalah gaya gesek. Dengan demikian gaya gesek tersebut berperan sebagai gaya sentripetalnya. Saat benda mempunyai gerak relatif terhadap permukaannya maka gaya gesek yang bekerja adalah gaya gesek kinetik. Dan sebaliknya jika tidak ada gerak relatif terhadap permukaan atau benda tepat akan bergerak maka

dalam hal ini gaya gesek yang berperan adalah gaya gesek static (David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker). Maka persamaan kelajuan maksimum jika koefisien gesekannya diketahui adalah:

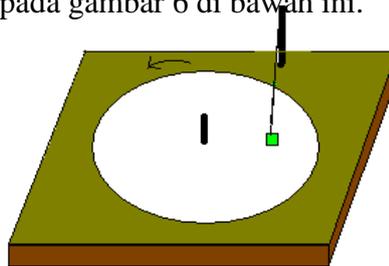
$$F_s = F_g \rightarrow m \frac{v^2}{r} = mg \mu_s \rightarrow v = \sqrt{gr \mu_s} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) terlihat bahwa kelajuan benda yang bergerak melingkar beraturan dipengaruhi oleh besarnya gaya gesek dan posisinya. Jika kelajuan benda dapat diukur, maka koefisien gesekannya adalah:

$$\mu = \frac{v^2}{gr} \quad (4)$$

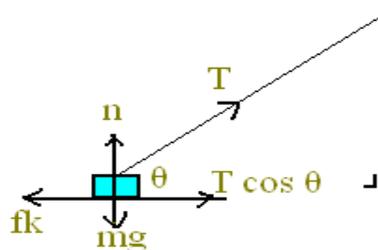
Dari persamaan (4) di atas dapat dijelaskan bahwa, jika v adalah kelajuan maksimum benda dan r adalah posisi benda dimana benda tepat akan bergerak atau benda tidak stabil lagi, maka koefisien gesekannya adalah koefisien gesek statik. Jika gaya geseknya adalah gaya gesek statik dalam kasus benda yang berada di atas piringan bergerak dalam arah horisontal maka benda akan ikut serta bergerak bersama piringan tersebut. Sedangkan jika benda sudah atau dalam keadaan bergerak maka koefisien gesekannya adalah koefisien gesek kinetik.

Dalam hal menentukan koefisien gesek kinetik ini, dapat dilakukan dengan banyak cara. Seperti pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Benda yang berada di atas piringan berputar yang dihubungkan dengan statif

Dari gambar 6 sebuah benda yang diikat pada statif berada di atas piringan yang bergerak melingkar beraturan sehingga membentuk sudut. Antara benda dan statif dihubungkan dengan neraca pegas yang akan mengukur besarnya gaya tegangan tali. Gaya tegangan tali timbul akibat permukaan benda yang bergesekan dengan permukaan piringan. Adapun dari gambar di atas dapat digambarkan gaya-gaya yang bekerja dalam diagram benda bebas seperti di bawah ini:



Gambar 7. Diagram benda bebas gaya yang bekerja pada benda dari gambar 6

Adapun gaya- gaya yang bekerja adalah:

$$\sum F_y = n - mg = 0 \rightarrow n = mg \quad (5)$$

$$\sum F_x = T \cos \theta - f_k = 0 \rightarrow f_k = T \cos \theta \quad (6)$$

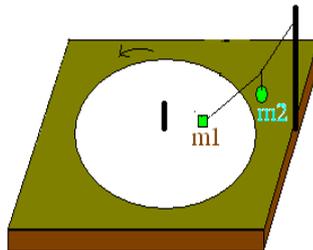
$$f_k = \mu_k n \rightarrow f_k = \mu_k mg \quad (7)$$

$$\mu_k mg = T \cos \theta \quad (8)$$

$$\mu_k = \frac{T \cos \theta}{mg} \quad (9)$$

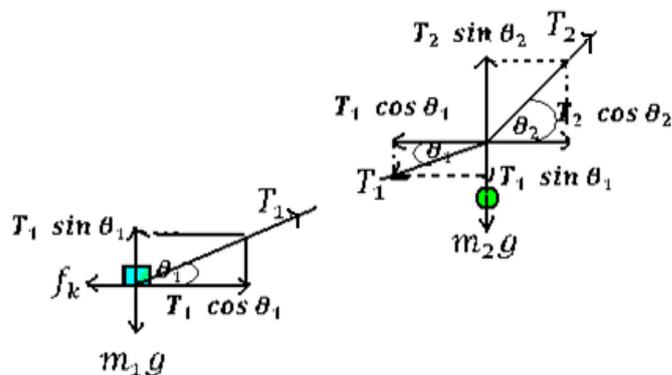
Dari persamaan (9) di atas T adalah gaya tegangan tali yang terbaca pada neraca pegas dalam satuan Newton, θ adalah sudut yang terbentuk antara benda dan tali dalam satuan derajat. Dengan mengetahui besarnya T dan θ , maka besarnya koefisien gesek kinetik dapat diketahui pula.

Selain dengan cara pengukuran gaya tegangan tali secara langsung, besarnya koefisien gesek kinetik juga dapat diketahui melalui konsep bandul sederhana. Seperti gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Benda yang bergerak di atas peringan berputar yang dihubungkan dengan beban m2 di tengahnya dan terikat dengan statif.

Dari gambar di atas diagram benda bebasnya adalah:



Gambar 2. Diagram benda bebas

Dari gambar 9 di atas dapat dituliskan gaya- gaya yang bekerja adalah:
Untuk benda m₂ :

$$\sum F_{y_2} = T_2 \sin \theta_2 - T_1 \sin \theta_1 - m_2 g = 0 \quad (10)$$

$$T_2 \sin \theta_2 = T_1 \sin \theta_1 + m_2 g \quad (11)$$

$$T_2 = \frac{T_1 \sin \theta_1 + m_2 g}{\sin \theta_2} \quad (12)$$

$$\sum F_{x_2} = T_2 \cos \theta_2 - T_1 \cos \theta_1 = 0 \quad (13)$$

$$T_2 \cos \theta_2 = T_1 \cos \theta_1 \quad (14)$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cos \theta_1}{\cos \theta_2} \quad (15)$$

Substitusi persamaan (14) ke persamaan (15), diperoleh;

$$T_1 = \frac{m_2 g}{\frac{\sin \theta_2 \cos \theta_1}{\cos \theta_2} - \sin \theta_1} \quad (16)$$

Untuk benda m_1 :

$$\sum F_{y_1} = n + T_1 \sin \theta_1 - m_1 g = 0 \quad (17)$$

$$n = -T_1 \sin \theta_1 + m_1 g \quad (18)$$

$$\sum F_{x_1} = T_1 \cos \theta_1 - f_k = 0 \quad (19)$$

$$T_1 \cos \theta_1 = f_k \rightarrow f_k = \mu_k n \quad (20)$$

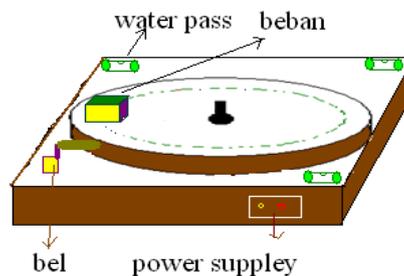
$$\mu_k (m_1 g - T_1 \sin \theta_1) = T_1 \cos \theta_1 \quad (21)$$

$$\mu_k = \frac{T_1 \cos \theta_1}{(m_1 g - T_1 \sin \theta_1)} \quad (22)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (16) ke dalam persamaan (22), maka besarnya koefisien gesek kinetik dapat diketahui.

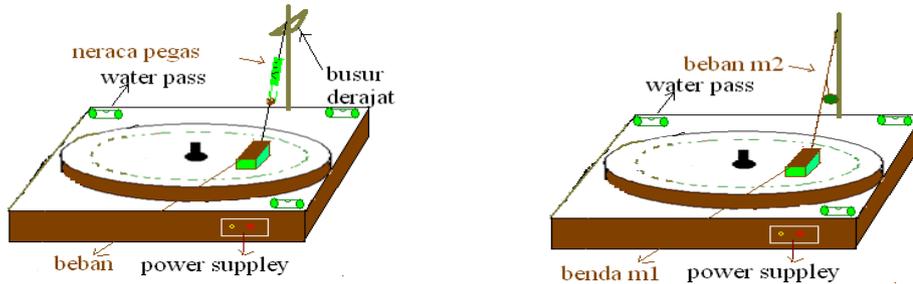
METODE PENELITIAN

Nilai koefisien gesek statik diperoleh dari pengambilan data kelajuan benda dan perubahan posisi benda yang diletakkan di atas piringan bergerak melingkar beraturan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 10. Perangkat percobaan untuk menentukan koefisien gesek statik

Sedangkan nilai koefisien gesek kinetik diperoleh dengan dua cara yaitu; dari pengambilan data gaya tegangan tali yang terbaca pada neraca pegas dan nilai sudut yang ditunjuk oleh busur derajat serta variasi nilai massa.

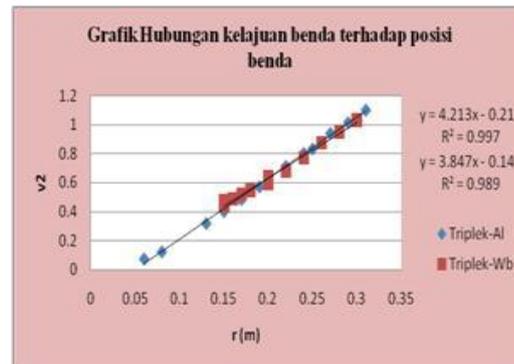


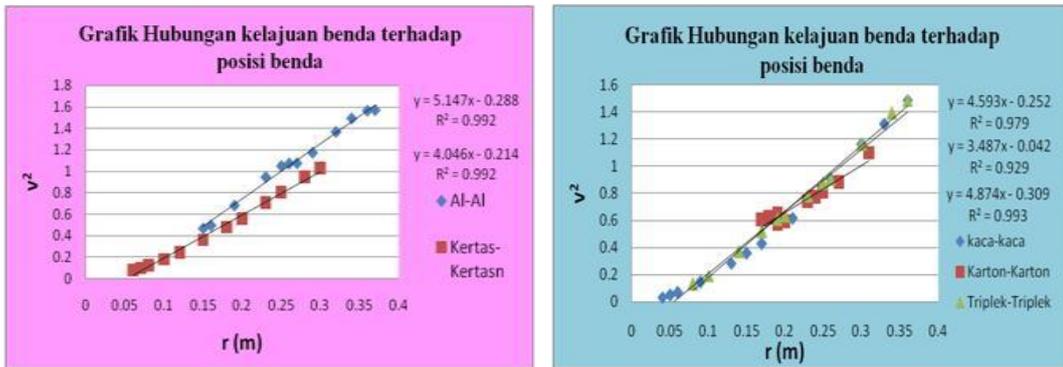
Gambar 11. Perangkat percobaan untuk menentukan koefisien gesek kinetik pengukuran langsung gaya tegangan tali dan variasi massa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Koefisien Gesek Statik Beberapa Jenis Permukaan Benda

Dengan melakukan pengukuran hubungan antara kelajuan benda terhadap posisi maksimum benda tetap stabil untuk setiap jenis permukaan benda, diperoleh grafik di bawah ini. Nilai dari regresi linearnya sebanding dengan koefisien gesek statiknya.





Untuk setiap jenis permukaan yang berbeda, sifat grafik yang diperoleh sama dengan garfik di atas, yaitu kelajuan benda sebanding dengan posisi benda. Sehingga nilai koefisien gesek statik masing- masing jenis permukaan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Nilai koefisien gesek statik beberapa permukaan benda

Alas	Bahan	μ_s
Triplek	Kaca	0.46 ± 0.04
	Karton	0.49 ± 0.04
	Al	0.43 ± 0.04
	Wb	0.40 ± 0.03
Wb	Kaca	0.39 ± 0.03
	Karton	0.38 ± 0.03
	Al	0.39 ± 0.03
	baja	0.38 ± 0.03
Al	Al	0.53 ± 0.04
Kertas	kertas	0.41 ± 0.04
Kaca	Kaca	0.48 ± 0.04
Karton	Karton	0.38 ± 0.03
Triplek	Triplek	0.50 ± 0.04

Ket. Wb = Whiteboard, Al = Aluminium

Menentukan Koefisien Gesek Kinetik

Data yang diambil pada percobaan ini adalah pembacaan langsung gaya tegangan tali yang tertera pada neraca pegas dan sudut yang terbentuk pada busur derajat untuk masing- masing jenis permukaan yang berbeda (gambar 11.a). Dari nilai tersebut digunakan untuk mengetahui besarnya koefisien gesek kinetik dengan menggunakan persamaan yang terkait.

Selain dengan cara di atas, neraca pegas diganti dengan beban bermassa mendekati massa neraca pegas atau variasi massa (gambar 11.b). Dari kedua percobaan tersebut diperoleh besarnya nilai koefisien gesek kinetik berikut.

Tabel 2. Nilai koefisien gesek kinetik beberapa bahan dengan pengukuran langsung

Bahan	$\mu_k \pm \Delta\mu$	
	Triplek	Whiteboard
Kaca	0.31 ± 0.07	0.22 ± 0.07
Karton	0.31 ± 0.08	0.32 ± 0.07
Aluminium	0.30 ± 0.08	0.29 ± 0.08
Triplek	0.22 ± 0.08	0.32 ± 0.07

Tabel 3. Nilai- nilai koefisien gesek kinetik beberapa permukaan benda dengan variasi massa

Bahan	$\mu_k \pm \Delta\mu$	
	Triplek	Whiteboard
Kaca	0.31 ± 0.01	0.22 ± 0.01
Karton	0.31 ± 0.01	0.32 ± 0.01
Aluminium	0.30 ± 0.01	0.29 ± 0.01
Triplek	0.22 ± 0.01	0.32 ± 0.01

Dari tabel di atas nampak bahwa koefisien gesek kinetik yang diperoleh lebih kecil dari koefisien gesek statiknya. Hal ini dapat dikatakan bahwa percobaan yang dilakukan benar adanya. Walaupun demikian secara tepat nilai yang diperoleh tidak dapat dibandingkan, dikarenakan tidak ditemukannya literatur yang membahas koefisien gesek bahan yang sama.

Namun untuk beberapa bahan seperti Aluminium pada Aluminium diperoleh nilai koefisien gesek statik yang mendekati, yaitu 0.53 sedangkan pada literature yang ada 0.57.

KESIMPULAN

Koefisien gesek statik yang diperoleh lebih besar dari koefisien gesek kinetiknya.

DAFTAR RUJUKAN

Peter Signal. 2002. *Acceleration And Force In Circular Motion*. Michigan State University. East Lansing, MI.

Halliday and Resnick R. 1999. *Fisika*. Erlangga. Jakarta.

Kane dan Sternheim. 1988. *Fisika Edisi Ketiga*. John Wiley & Sons Inc. New York.

Francis Weston Sears. 1962. *Mekanika, Panas, dan Bunyi*. Binacipta. Jakarta.

David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. *Fundamentals of Physics (extended) eighth edition*

Ronald. A.L. Rorrer, Vikas Juneja. *Friction-Induced Vibration and Noise Generation of Instrument Panel material Pairs*. Tribology International Journal.