

RANCANG BANGUN KIT PERCOBAAN UNTUK MENENTUKAN MOMEN INERSIA BENDA TEGAR

Nur Halizah¹⁾, Dzulkiifli²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Fisika Universitas Negeri Surabaya, email: nurhalizah@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: dzulkiifli@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat sistem pengukuran momen inersia benda tegar bentuk teratur dengan mengaplikasikan sistem torsi dan mengetahui hasil pengujian dari pengaplikasian sistem torsi untuk menentukan nilai momen inersia benda tegar serta membandingkannya dengan nilai teoritisnya. Metode pengujian yang digunakan yaitu dengan mengukur nilai RPM dari perputaran benda uji sesaat setelah beban dijatuhkan, selanjutnya dikonversikan ke dalam satuan rad/s dan disajikan dalam bentuk grafik kecepatan sudut *versus* waktu oleh *software* PLX-DAQ. Nilai percepatan sudut diperoleh dari kemiringan garis dalam grafik tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan momen inersia. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa 2 buah piringan pejal dan 2 buah cincin tebal dengan massa dan diameter yang berbeda, serta massa beban yang berbeda pula. Peneliti menentukan sensor rotary encoder sebagai sensor pembaca nilai kecepatan sudut. Langkah awal dalam penelitian ini yaitu dengan membandingkan nilai kecepatan sudut yang didapat dari sensor *rotary encoder* dengan nilai kecepatan sudut yang diperoleh dari *Rotary Motion Sensor* milik PASCO. Langkah berikutnya yaitu menguji alat dengan melakukan pengukuran pada masing-masing benda uji yang akan dicari momen inersianya dengan massa beban yang berbeda. Hasil percobaan diperoleh perbandingan nilai momen inersia rata-rata berdasarkan percobaan dengan perhitungan teoritis, dimana untuk benda uji 1 memiliki error sebesar 5,46% - 6,01%; untuk benda uji 2 memiliki nilai error sebesar 4,12% dan 4,58%; untuk benda uji 3 memiliki nilai error sebesar 7,10% - 11,66%; dan untuk benda uji 4 memiliki nilai error sebesar 3,58% - 4,22%.

Kata Kunci: Momen inersia, kecepatan sudut, *rotary encoder*.

Abstract

This study aims to create a regular form rigid inertia moment measurement system by applying the torque system and knowing the test results from the application of the torque system to determine the moment value of rigid inertia and compare it with its theoretical value. The test method used is by measuring the RPM value of the rotation of the test object immediately after the load is dropped, then converted into rad / s units and presented in graphical angular velocity versus time by PLX-DAQ software. The angle acceleration value obtained from the slope of the line in the graph is then entered into the moment of inertia equation. The specimens used in this study were in the form of 2 solid discs and 2 thick rings with different masses and diameters, as well as different weight masses. The researcher determined the rotary encoder sensor as a reader sensor for angular velocity values. The first step in this research is to compare the angular velocity values obtained from the sensor rotary encoder with the angular velocity values obtained from the Rotary Motion Sensor of PASCO. The next step is to test the tool by measuring each specimen to be searched for inertia with a different mass of load. The final results of the experiment obtained a comparison of the moment inertia values on average based on experiments with theoretical calculations, where for specimen 1 has an error of 5.46% - 6.01%; for specimen 2 has an error value of 4.12% and 4.58%; for specimen 3 has an error value of 7.10% - 11.66%; and for specimen 4 has an error value of 3.58% - 4.22%.

Keywords: Moment of inertia, angle of speed, *rotary encoder*.

PENDAHULUAN

Fisika adalah salah satu cabang ilmu sains yang selama ini lebih sering hanya dipelajari di dalam kelas dengan proses pembelajaran searah yang dilakukan oleh guru. Fisika semestinya dipelajari dengan cara *doing* (melakukan langsung) atau biasa dikenal dengan istilah percobaan atau eksperimen (Young and Freedman, 2002). Salah satu aplikasi pengukuran dalam eksperimen fisika adalah pengukuran momen inersia.

Momen inersia merupakan kecenderungan suatu benda untuk tetap diam atau bergerak lurus beraturan (mempertahankan posisi atau keadaannya). Aplikasi dari

momen inersia dapat dilihat dari benda tegar, dimana benda tegar merupakan keadaan suatu benda untuk mempertahankan posisinya ketika mendapat gaya atau tekanan dari luar. Setiap benda tegar memiliki momen inersia yang berbeda karena disebabkan beberapa faktor yaitu pusat rotasi benda, massa benda dan jari-jari benda tegar itu sendiri, untuk membuktikan teori tersebut perlu dilakukan eksperimen yang membahas tentang momen kelembaman atau momen inersia pada beberapa benda tegar, dengan mengetahui momen inersia suatu benda kita dapat mengetahui ukuran kecenderungan suatu benda

untuk tetap diam untuk mempertahankan posisi atau keadaannya .

Selain itu di Jurusan Fisika UNESA, materi mengenai momen inersia hanya dipelajari di dalam kelas saja, tanpa melakukan kegiatan eksperimen secara langsung dikarenakan tidak tersedianya alat praktikum untuk pengukuran momen inersia yang lengkap dan memadai. Penulis termotivasi untuk membuat KIT percobaan untuk menentukan momen inersia benda tegar dengan prinsip kerja yang sama dengan PASCO yang berbasis mikrokontroler. Tentunya diharapkan menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk pembelajaran pada bidang mekanika khususnya momen inersia. Motivasi lain pada percobaan ini adalah tersedianya KIT percobaan dengan biaya yang relatif lebih terjangkau. Selain itu jika ada kendala dalam teknis pengoprasian, kerusakan, dan perawatan dapat dilaksanakan secara mandiri.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menentukan nilai momen inersia benda tegar, salah satunya yaitu penelitian Indriana (2017). Indriana merancang alat untuk menentukan momen inersia dengan menggunakan metode osilasi bandul fisis. Pada perancangan alat difokuskan untuk mengukur nilai periode ayunan menggunakan sensor *rotary encoder*. Selanjutnya data periode yang diperoleh diolah untuk menentukan nilai momen inersia pada pusat gravitasi benda. Untuk mengetahui pengaruh periode osilasi maka besar sudut simpangan yang diberikan diatur mulai sudut 5° sampai 20° . Benda uji berbentuk batang (*slender rod*) dengan massa, bahan, dan dimensi berbeda. Hambatan yang ditemui adalah kesulitan dalam sistem mekanik yang ideal. Jika massa terlalu ringan maka osilasi mudah teredam sehingga KIT bandul fisis tidak mampu merekam data karena mudah dipengaruhi oleh gerak angin. Jika ketebalan benda terlalu tebal akan mempengaruhi osilasi sehingga mudah teredam dikarenakan benda memiliki gaya gesek yang besar terhadap udara.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya sehingga tidak terjadi peredaman osilasi yang terekam oleh sensor sampai osilasi berhenti. Selain itu, dari beberapa penelitian dengan tujuan menentukan momen inersia yang telah dilakukan, sebagian besar menggunakan metode pengambilan data yang sama, yaitu metode osilasi. Sedangkan dalam penelitian yang penulis lakukan yaitu menentukan momen inersia dengan mengukur percepatan sudut dari rotasi benda tegar menggunakan sensor *rotary encoder* dengan mengaplikasikan torsi dan Hukum II Newton. Dengan menggunakan sensor *rotary encoder* dapat merekam kecepatan sudut dari pergerakan sensor yang seporos dengan perputaran benda tegar yang searah jarum jam dalam setiap sekon oleh mikrokontroler

Arduino melalui *USB port* ke komputer. Data kecepatan sudut (ω) yang diperoleh akan diolah oleh *PLX-DAQ* dan disajikan dalam bentuk grafik kecepatan sudut *versus* waktu, sehingga nilai percepatan sudut dapat diperoleh dari kemiringan garis dalam grafik tersebut. Nilai percepatan sudut tersebut nantinya akan dimasukkan ke dalam persamaan yang telah ditentukan sehingga menghasilkan nilai momen inersia benda tegar.

Pasco Rotational Inertia

Inersia rotasi suatu objek adalah ukuran seberapa sulitnya memutar objek. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan inersia rotasi dari cincin dan piringan secara eksperimental dan untuk memverifikasi bahwa hasil pengukuran yang diperoleh sesuai dengan nilai-nilai teoritis yang dihitung. Torsi diterapkan pada *three step pulley* yang terletak di atas sensor *rotary encoder*, yang berfungsi untuk memutar benda tegar (piringan dan cincin). Dari perputaran benda tersebut dapat diketahui nilai kecepatan sudut. Sedangkan, nilai percepatan sudut dapat diketahui dari kemiringan garis dalam grafik kecepatan sudut terhadap waktu. Inersia rotasi dari piringan dan kombinasi cincin dihitung dari torsi dan percepatan sudut. Sehingga dapat dirumuskan sebagai :

$$I = \frac{\tau}{\alpha} \quad (1)$$

dimana I adalah momen inersia benda tegar; τ adalah momen gaya dan α adalah percepatan sudut benda.

Momen gaya τ yang menyebabkan piringan dan cincin dapat berotasi secara matematis dirumuskan sebagai :

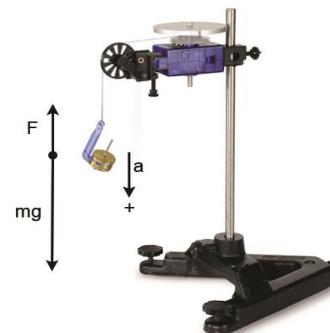
$$\tau = r F \quad (2)$$

r merupakan jari-jari katrol dimana tali dilingkarkan pada *three step pulley* dan F merupakan tegangan tali ketika alat berputar.

Nilai percepatan sudut benda dapat dicari dari hubungan antara percepatan linear dengan percepatan angular, yaitu :

$$a = r\alpha \quad (3)$$

dimana a adalah percepatan linear dari tali.



Gambar 1. Rotational apparatus and free-body diagram (PASCO)

Selanjutnya, mengaplikasikan Hukum II Newton untuk massa beban yang digantungkan m .

$$\Sigma F = m\vec{a} \quad (4)$$

$$mg - F = ma \quad (5)$$

Sehingga untuk tegangan tali F dapat dirumuskan sebagai

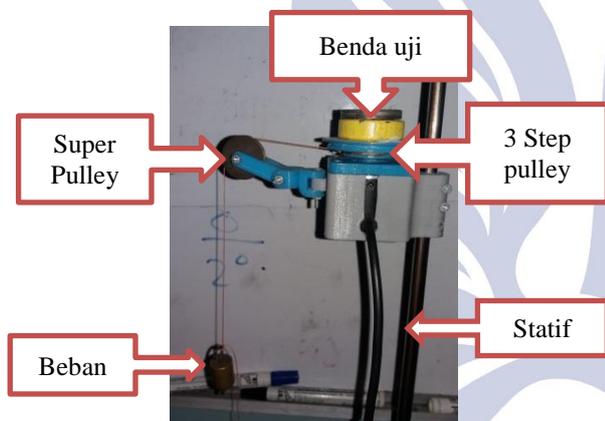
$$F = m(g - a) \quad (6)$$

Setelah percepatan linear dari massa beban m ditentukan, maka nilai torsi dan percepatan sudut dapat diperoleh untuk perhitungan inersia rotasi yang dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{r \times m (g - a)}{\alpha} \quad (7)$$

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian berbasis Laboratorium yang mempelajari hubungan antara gaya (F), massa (m) dan percepatan tangensial (a_t) benda yang berputar dengan Hukum Newton II dan sistem torsi dalam menentukan nilai momen inersia benda tegar. KIT percobaan yang telah dibuat dan diuji dalam penelitian ini tampak seperti pada gambar 1.



Gambar 2. KIT percobaan momen inersia

Sistem kerja alat ini adalah pada saat massa beban yang digantung dijatuhkan, maka dua buah katrol yang dihubungkan dengan tali akan berputar. Dari perputaran tersebut menyebabkan benda tegar yang diletakkan di atas *three step pulley* juga ikut berputar (berotasi). Rotasi benda tegar tersebut kemudian diukur oleh sensor *rotary encoder*, kemudian diolah oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan nilai RPM (rotasi per menit). Nilai RPM yang didapatkan kemudian diubah ke dalam satuan rad/s (ω) dan selanjutnya akan ditampilkan pada serial monitor menggunakan *PLX-DAQ* dalam bentuk grafik kecepatan sudut (ω) versus waktu (t) sehingga diperoleh nilai kecepatan sudut (α) dari kemiringan garis dalam grafik tersebut.

Benda uji yang digunakan yaitu jenis benda tegar dimana secara teori momen inersianya dapat dihitung menggunakan persamaan yang telah diketahui, serta dengan tujuan untuk memudahkan dalam pengambilan

data misalkan cincin tebal dan piringan. Hasil perhitungan secara teori digunakan sebagai pembanding. Berikut ini merupakan gambar dari benda uji yang digunakan dalam percobaan.

Tabel 1. Benda Uji

Benda Uji	Gambar Benda Uji	Keterangan
1		Massa : $230,0 \times 10^{-3}$ kg R ₁ : $12,5 \times 10^{-3}$ m R ₂ : $25,0 \times 10^{-3}$ m Bentuk : Cincin tebal
2		Massa : $320,0 \times 10^{-3}$ kg R : $40,0 \times 10^{-3}$ m Bentuk : Piringan pejal
3		Massa : $42,04 \times 10^{-3}$ kg R : $17,89 \times 10^{-3}$ m Bentuk : Piringan pejal
4		Massa : $58,57 \times 10^{-3}$ kg R ₁ : $10,08 \times 10^{-3}$ m R ₂ : $19,81 \times 10^{-3}$ m Bentuk : Cincin tebal

Berdasarkan percobaan, massa beban yang digunakan yaitu mulai dari $3,19 \times 10^{-3}$ kg sampai $50,00 \times 10^{-3}$ kg dengan setiap percobaan dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali kemudian hasil yang diperoleh di rata-rata.

Perhitungan nilai momen inersia benda tegar dilakukan dengan 3 tahapan :

1. Meletakkan cincin tebal dan piringan di atas sistem sensor *rotary encoder*, dimana rotasi dari ketiganya direkam secara bersamaan sehingga mendapatkan nilai momen inersia total (I_{PDR}).
2. Memindahkan cincin tebal, dimana hanya rotasi piringan dan sensor yang direkam secara bersamaan sehingga mendapatkan nilai momen inersia piringan dan sensor (I_{PD}).
3. Mengukur rotasi sensor *rotary encoder* sehingga mendapatkan nilai momen inersia sensor *rotary encoder* (I_P).

Dari ketiga tahapan tersebut dapat dicari nilai momen inersia cincin tebal dan momen inersia piringan, yaitu :

$$I_{\text{cincin tebal}} = I_{PDR} - I_{PD}$$

$$I_{\text{piringan}} = I_{PD} - I_P$$

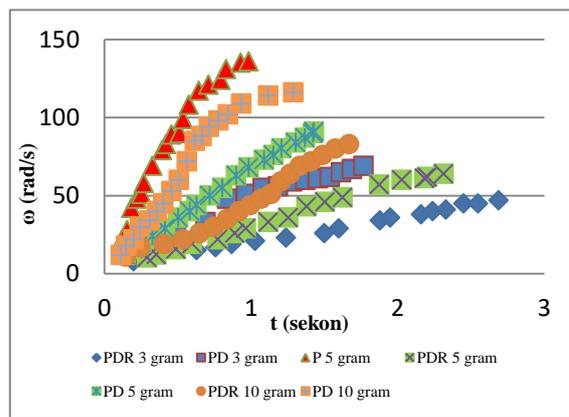
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini nilai kecepatan sudut yang terukur oleh *rotary encoder* diuji linieritasnya terhadap nilai kecepatan sudut yang terukur oleh kalibrator. Adapun kalibrator yang digunakan adalah *Rotary Motion Sensor (RMS)* yang dimiliki oleh PASCO. Dari data yang diperoleh melalui grafik hubungan nilai kecepatan sudut yang terukur oleh *rotary encoder* terhadap nilai kecepatan sudut yang terukur oleh *Rotary Motion Sensor PASCO* sebagai berikut :

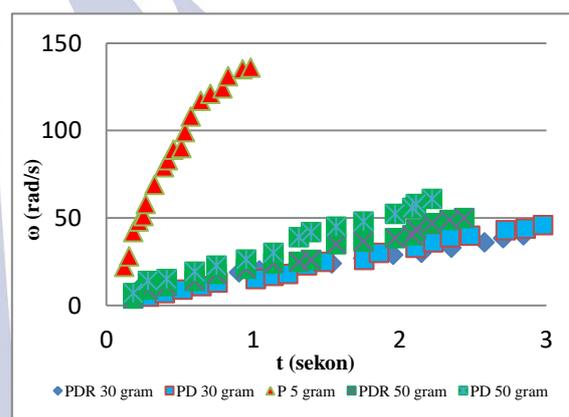
Tabel 2. Data perbandingan kecepatan sudut terukur menggunakan alat dengan terukur menggunakan PASCO

No	Massa beban (x10 ⁻³ kg)	Benda	ω_{alat} (rad/s)	ω_{RMS} (rad/s)	Error (%)
1	3,19	PDR	47,00	46,95	0,11
		PD	69,00	69,12	0,17
	5,15	P	136,00	136,14	0,10
2	5,15	PDR	60,00	59,87	0,23
		PD	91,00	93,20	2,36
3	10,00	PDR	83,00	82,73	0,33
		PD	116,00	113,97	1,78
	5,15	P	136,00	136,14	0,10
4	30,00	PDR	40,00	40,14	0,36
		PD	48,0000	46,77	2,62
5	50,00	PDR	50,00	50,44	0,87
		PD	61,00	60,56	0,72
	5,15	P	136,00	136,14	0,10

Data hasil pengukuran kecepatan sudut (ω) disajikan dalam bentuk grafik *versus* waktu yang digunakan untuk mendapatkan nilai percepatan sudut (α) dari kemiringan garis sehingga dapat menentukan nilai momen inersia (I) untuk masing-masing benda uji yang ditampilkan pada tabel. Momen inersia teori (I_{teori}) dari cincin tebal dan piringan, sedangkan momen inersia alat (I_{alat}) dapat dicari dengan menggunakan persamaan (7).



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran rotasi inersia pada benda uji 3 dan benda uji 4 dengan menggunakan massa beban sebesar 3,19 gram; 5,15 gram dan 10,00 gram.



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran rotasi inersia pada benda uji 1 dan benda uji 2 dengan menggunakan massa beban sebesar 30,00 gram dan 50,00 gram.

Berdasarkan grafik di atas diperoleh gradien rata-rata $y = mx$ yang berarti nilai $\omega = \alpha \times t$. Sehingga nilai gradient grafik (m) yang didapatkan merupakan nilai percepatan sudut pada rotasi benda tersebut. Hasil percepatan sudut yang didapatkan berdasarkan grafik (*sensor rotary encoder*) dibandingkan dengan nilai percepatan sudut yang diperoleh menggunakan *rotary motion sensor (RMS)* yang dimiliki PASCO.

Tabel 3. Perbandingan nilai percepatan sudut menggunakan alat dengan menggunakan *rotary motion sensor (RMS)*

No	Massa beban (x 10 ⁻³ kg)	Benda Uji	α_{Alat} (rad/s ²)	α_{RMS} (rad/s ²)	Error (%)
1	3,19	PDR	15,53	15,36	1,05
		PD	35,02	34,02	2,92
	5,15	P	134,34	132,86	1,11
2	5,15	PDR	27,67	28,35	2,39
		PD	61,56	62,01	0,73
	5,15	P	134,34	132,86	1,11

No	Massa beban ($\times 10^{-3}$ kg)	Benda Uji	α_{Alat} (rad/s ²)	α_{RMS} (rad/s ²)	Error (%)
3	10,00	PDR	50,76	50,09	1,34
		PD	102,55	99,98	2,58
	5,15	P	134,34	132,86	1,11
4	30,00	PDR	11,43	11,37	0,81
		PD	15,32	14,55	5,30
	5,15	P	134,34	132,86	1,11
5	50,00	PDR	19,43	20,39	4,75
		PD	25,26	25,75	1,92
	5,15	P	134,34	132,86	1,11

Sehingga, perbandingan nilai momen inersia berdasarkan percobaan dan teori dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. Perbandingan nilai momen inersia berdasarkan perhitungan teori , pengukuran PASCO dan percobaan.

Benda uji	Mb (10^{-3} kg)	Benda	I _{alat} ($\times 10^{-6}$ kgm ²)	I _{teori} ($\times 10^6$ kgm ²)	I _{Pasco} ($\times 10^6$ kgm ²)
Benda 3 dan benda 4	3,19 & 5,15	PDR	26,83		
		PD	11,54		
		P	4,24		
		Cincin	15,28	14,66	14,89
		Piringan	7,31	6,73	7,05
	5,15	PDR	24,63		
		PD	10,49		
		Pulley	4,24		
		Cincin	14,13	14,66	14,48
		Piringan	6,25	6,73	6,53
	5,15 & 10,0	PDR	25,89		
		PD	11,75		
		Pulley	4,24		
		Cincin	14,14	14,66	14,44
		Piringan	7,52	6,73	6,89
Benda 1 dan benda 2	5,15 & 30,0	PDR	366,72		
		PD	271,97		
		P	4,24		
		Cincin	94,75	89,84	92,54
		Piringan	267,74	256,0	258,7
	5,15 & 50,0	PDR	355,22		
		PD	270,77		
		Pulley	4,24		
		Cincin	84,44	89,84	88,13
		Piringan	266,54	256,0	258,7

Tabel 5. Perbandingan nilai error penentuan momen inersia percobaan terhadap perhitungan teori dan pengukuran PASCO.

Benda uji	Beban (10^{-3} kg)	Benda	%Error Pasco	%Error Teori
Benda 3 dan benda 4	3,19	Cincin	2,62	4,22
		Piringan	3,69	8,33
	5,15	Cincin	2,15	3,61
		Piringan	4,29	7,10
	5,15	Cincin	2,08	3,58
		Piringan	9,14	11,66
Benda 1 dan benda 2	5,15	Cincin	2,39	5,46
		Piringan	3,43	4,58
	30,00	Cincin	4,19	6,01
		Piringan	2,96	4,12

Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan massa uji yang akan dihitung nilai momen inersianya berupa dua buah piringan pejal dan dua buah cincin tebal yang memiliki massa serta diameter yang berbeda. Selain itu, massa beban yang digunakan juga bervariasi. Variasi massa beban dilakukan untuk memperoleh nilai RPM dan kecepatan sudut yang berbeda – beda dari setiap percobaan. Untuk piringan dan cincin yang memiliki massa lebih ringan menggunakan beban yang juga relatif ringan agar putaran benda tidak berlangsung secara cepat sehingga nilai RPM dapat terukur oleh sensor *rotary encoder* dengan optimal.

Massa beban yang dijatuhkan berpengaruh terhadap perputaran benda uji sehingga mempengaruhi nilai kecepatan sudut (ω) dan percepatan sudutnya. Dengan kasus benda uji yang sama, semakin besar massa beban yang dijatuhkan maka nilai kecepatan sudut dan percepatan sudut benda akan semakin besar. Lain halnya jika massa beban sama dan benda uji berbeda, semakin besar massa benda uji maka kecepatan sudut dan percepatan sudut akan semakin kecil dikarenakan putaran benda berlangsung secara lambat.

Berdasarkan grafik hasil pengukuran rotasi inersia di atas, didapatkan nilai c pada grafik yang merupakan titik potong garis dengan sumbu y. Perbedaan nilai c yang diperoleh pada setiap percobaan dipengaruhi oleh besarnya nilai kecepatan sudut (ω) setiap waktu yang didapatkan dalam pengukuran dan tentunya juga dipengaruhi oleh nilai RPM yang terukur pada sensor *rotary encoder*. Dalam setiap pengukuran, nilai RPM yang terukur oleh sensor sensor berbeda-beda tergantung pada kecepatan putar dari benda sehingga titik potong grafik pada sumbu y nya juga berubah-ubah.

Pada tabel 4 diperoleh perbandingan nilai momen inersia berdasarkan percobaan, hasil perhitungan teoritis serta KIT percobaan yang dimiliki PASCO dengan massa

beban yang bervariasi dan menggunakan dua benda uji, yaitu piringan pejal dan cincin tebal dengan massa dan diameter yang berbeda-beda. Untuk benda uji 1 dengan memiliki nilai error sebesar 5,46% - 6,01% terhadap perhitungan teoritis dan 2,39% - 3,43% terhadap PASCO. Untuk benda uji 2 memiliki nilai error sebesar 4,12% dan 4,58% terhadap perhitungan teoritis dan 2,96% - 4,19% terhadap PASCO. Sedangkan untuk benda uji 3 untuk massa beban yang berbeda-beda memiliki nilai error sebesar 7,10% - 11,66% terhadap perhitungan teoritis dan 3,69% - 9,14% terhadap PASCO; dan untuk benda uji 4 untuk massa beban yang berbeda-beda memiliki nilai error sebesar 3,58% - 4,22% terhadap perhitungan teoritis dan 2,08% - 2,62% terhadap PASCO.

Berdasarkan data percobaan yang diperoleh, diketahui bahwa dengan menggunakan massa beban yang berbeda dan benda uji yang sama yaitu piringan dan cincin, nilai momen inersianya tidak jauh berbeda satu sama lain. Sehingga sesuai teori bahwa momen inersia benda tegar tidak bergantung pada besarnya massa beban. Meskipun nilai momen inersia dapat ditentukan dengan data massa beban dari percobaan.

PENUTUP

Simpulan

1. Hasil dari rancangan KIT percobaan untuk menentukan momen inersia benda tegar dengan mengaplikasikan sistem torsi terbukti mampu untuk menentukan nilai momen inersia dari piringan pejal dan cincin tebal.
2. Hasil penentuan nilai momen inersia berdasarkan percobaan dibandingkan perhitungan teoritis memiliki tingkat kesalahan maksimal penentuan momen inersia pada benda berbentuk piringan pejal dengan massa $42,0434 \times 10^{-3}$ kg sebesar 11,66% dan nilai kesalahan terendah pada benda berbentuk cincin tebal dengan massa $58,5669 \times 10^{-3}$ kg sebesar 3,58%. Pada piringan pejal dengan massa $320,00 \times 10^{-3}$ kg memiliki error sebesar 4,19% dan pada cincin tebal dengan massa $230,00 \times 10^{-3}$ kg memiliki error sebesar 6,01%.

Saran

Pengembangan KIT percobaan untuk menentukan momen inersia benda tegar dengan mengaplikasikan sistem torsi, hambatan yang ditemui adalah kesulitan dalam sistem mekanik yang ideal. Karakteristik benda uji yang susah diperoleh karena keterbatasan biaya dan sulit untuk disesuaikan terhadap massa beban. Jika massa beban terlalu ringan maka benda uji tidak dapat berputar sehingga nilai RPM tidak terukur oleh sensor. Dan jika massa beban terlalu berat maka benda uji akan berputar dengan cepat sehingga nilai RPM yang terukur pada

sensor tidak optimal dikarenakan keterbatasan dari sensor itu sendiri maupun mikrokontroler yang digunakan. Statif yang digunakan haruslah kokoh sehingga apabila ketika benda uji berputar maka tidak terjadi guncangan sehingga mempengaruhi nilai pengukuran. Selain itu, alat yang digunakan terutama *three step pulley* harus terbuat dari bahan yang pejal atau homogen dimana tidak terdapat rongga di dalamnya sehingga tidak mempengaruhi hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Chusni, M.M., Rizaldi, F.M., Nurlaela, S., Nursetia, S., dan Susilawati, W. 2018. *Penentuan momen inersia benda silinder pejal dengan integral dan tracker*. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, **4** (1), doi: 10.2572/jpfk.v4i1.2068, 42-47.
- Indriana, P., and Rahmawati, Endah. *Penentuan Momen Inersia Benda Tegar Menggunakan Metode Osilasi Bandul Fisis Berbasis Mikrokontroler*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* Volume **06** Nomor 03 Tahun 2017, hal 78 – 83.
- Mochlas, J.A. *Kit percobaan untuk menentukan momen inersia benda tegar*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* Volume **05** Nomor 03 Tahun 2016, hal 1 – 5.
- Rivia, N., Yohandri., dan Kamus, Z. (2016). *Pembuatan Alat Ukur Momen Inersia Benda Digital Menggunakan Sensor Optocoupler*. *Pillar Of Physics*, **8**, 81-88.
- Rosyid, F.M., Firmasah, E., dan Prabowo, D.Y. 2014. *Fisika Dasar Jilid I : Mekanika*. Yogyakarta : Penerbit Periuk.
- Sahala S., S. (2013). *Penentuan Inersia Benda Tegar Dengan Bandul Fisis*. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, **4** (2), 36-42.
- Young & Freedman. 2002. *Fisika Universitas. Edisi Kesepuluh Jilid1*. (Penerjemah: Penerbit Erlangga). Jakarta : Erlangga.