

MENENTUKAN MOMEN INERSIA BENDA BERBENTUK SEMBARANG MENGGUNAKAN PESAWAT NANOBADE

Sunardi¹⁾, Noperma²⁾, Siti Balqis³⁾, Dewi Lusitasari⁴⁾, Auldry Walukouw⁵⁾, Triwiyono⁶⁾

¹⁾ MA DDI Entrop Kota Jayapura

²⁾ MAN Jambi

³⁾ MAN Batam

⁴⁾ SMAN 3 Raksa Tangerang

^{5,6)} Universitas Cenderawasih

ABSTRAK

Praktikum momen inersia pada pembelajaran Fisika di SMA/MA dan sederajat hanya dilakukan untuk benda berbentuk beraturan dan cenderung meninggalkan untuk benda berbentuk tidak beraturan. Praktikum untuk penentuan momen inersia benda berbentuk tidak beraturan cenderung ditinggalkan dikarenakan ketiadaan alat praktikum yang memadai. Penelitian ini mengajukan sebuah alat praktikum momen inersia yang diberi nama Pesawat Nanobade yang dapat digunakan untuk mengukur momen inersia benda berbentuk beraturan dan benda berbentuk tidak beraturan. Pada uji coba alat untuk pengukuran momen inersia (I) benda beraturan berupa balok dengan dimensi panjang 14,83 cm, lebar 14,795 cm, tebal 2,05 cm dan massa 257,92 g diperoleh nilai I sebesar 0,000929 kg m², sementara dengan menggunakan rumus diperoleh nilai I sebesar 0.000943 kg m². Terdapat selisih I sebesar 0.000014 kg m² atau kesalahan sebesar 1,48%. Dengan nilai persentase kesalahan tersebut, dapat dinyatakan bahwa alat praktikum ini layak digunakan untuk eksperimen momen inersia. Pengukuran momen inersia benda tidak beraturan menggunakan alat dilakukan terhadap dua buah benda yang berbeda yaitu botol berisi air dan karet padat, ternyata diperoleh nilai I botol berisi air sebesar 0,000929 kg m², sementara I karet padat sebesar 0,00038 kg m². Dengan ditemukan alat ini, kebutuhan praktikum momen inersia di jenjang pendidikan SMA/MA dan sederajat akan dapat terpenuhi. Dibandingkan dengan alat sejenis sebelumnya, Pesawat Nanobade ini memiliki sejumlah kelebihan seperti terbuat dari bahan yang ada di sekitar kita, mudah dalam membuatnya, biaya pembuatan yang relatif terjangkau, mendapatkan hasil yang mendekati nilai yang teliti, dan dapat menarik minat belajar siswa.

Kata kunci: benda tegar, benda tidak beraturan, eksperimen, momen inersia, nanobade.

ABSTRACT

The moment of inertia practicum in Physics learning in SMA/MA and equivalent is only carried out for objects with regular shapes and tends to be abandoned for objects with irregular shapes. The practicum for determining the moment of inertia of irregularly shaped objects tends to be abandoned due to the lack of adequate practicum tools. This study proposes a moment of inertia practicum tool called the Nanobade Plane which can be used to measure the moment of inertia of objects with regular shapes and irregular shapes. In the trial of the tool for measuring the moment of inertia (I) of a regular object in the form of a block with dimensions of length 14.83 cm, width 14.795 cm, thickness 2.05 cm and mass 257.92 g, the I value was obtained as much as 0.000929 kg m², while using the formula the I value was obtained as much as 0.000943 kg m². There is a difference in I of 0.000014 kg m² or an error of 1.48%. With the percentage error value, it can be stated that this practicum tool is suitable for use for moment of inertia experiments. Measurement of the moment of inertia of irregular objects using a tool was carried out on two different objects, namely a bottle filled with water and solid rubber, it turned out that the value of I for the bottle filled with water was 0.000929 kg m², while

I for solid rubber was 0.00038 kg m². With the discovery of this tool, the need for inertia moment practicums at the high school/vocational high school level and equivalent can be met. Compared to previous similar tools, this Nanobade Aircraft has a number of advantages such as being made from materials around us, easy to make, relatively affordable manufacturing costs, getting results close to accurate values, and can attract students' interest in learning.

Keywords: rigid bodies, irregular objects, experiment, moment of inertia, nanobade.

PENDAHULUAN

Eksperimen (percobaan) merupakan salah satu bagian penting yang tak dapat dipisahkan dari ilmu pengetahuan dan teknologi. Perkembangan teknologi seperti saat ini tak dapat dilepaskan dari aktivitas para ilmuwan untuk terus melakukan eksperimen dengan memanfaatkan fenomena yang ada di sekitarnya untuk kemudahan hidup umat manusia (Handayani & Alfina, 2021). Di samping itu, dalam dunia pendidikan, eksperimen digunakan sebagai metode pembelajaran yang dapat membuktikan sebuah teori adalah benar adanya.

Fisika merupakan cabang ilmu alam yang dibangun berdasarkan pengalaman empiris dan analisis. Berbagai konsep pengetahuan dalam fisika diperoleh melalui penalaran dan pengamatan atas fakta dan data hasil pengamatan di lapangan (Langi, 2024). Hasil pengamatan lapangan itu kemudian dianalisis, sehingga memunculkan sebuah hipotesis. Tidak berhenti di sini, hipotesis itu perlu diuji di lapangan untuk membuktikan kebenarannya melalui sebuah eksperimen penelitian. Dari proses inilah lahirlah teori, konsep, model, asas, atau hukum yang merupakan produk penting dari fisika (Chiappetta & Koballa, 2014).

Hakikat fisika sebagai sebuah proses (*a way of investigating*) mengindikasikan pentingnya pelaksanaan eksperimen dalam pembelajaran fisika. Fisika sebagai proses (*a way of investigating*) menyatakan bahwa proses fisika diturunkan dari langkah-langkah yang dikerjakan saintis ketika melakukan penelitian ilmiah

(Aryani dkk, 2019). Langkah-langkah ini disebut sebagai keterampilan proses sains yang mencakup observasi, mengukur, inferensi, memanipulasi variabel, merumuskan hipotesis, menyusun grafik dan tabel data, mendefinisikan secara operasional, dan melaksanakan eksperimen (Mundilarto, 2002). Menurut Hetherington, dkk. (dalam Chiappetta & Koballa, 2014), memahami bagaimana proses terbentuknya suatu ilmu pengetahuan itu lebih penting daripada ilmu pengetahuan itu sendiri.

Pelaksanaan eksperimen dalam pembelajaran ini, sejalan dengan salah satu kompetensi dalam pembelajaran fisika yang ingin dicapai yaitu siswa dapat merumuskan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena fisika benda, merumuskan hipotesis, mendesain dan melaksanakan eksperimen, melakukan pengukuran secara teliti, mencatat dan menyajikan hasil dalam bentuk tabel dan grafik, menyimpulkan, serta melaporkan hasilnya secara lisan maupun tertulis (Permendikbud Nomor 21 Tahun 2016).

Metode eksperimen dalam pembelajaran adalah salah satu cara mengajar, di mana siswa melakukan suatu percobaan tentang sesuatu hal, mengamati prosesnya serta menuliskan hasil percobaannya, kemudian hasil pengamatannya itu dipresentasikan dan dievaluasi oleh guru (Roestiyah, 2012). Djamarah (2006) menyatakan bahwa metode eksperimen adalah cara penyajian pelajaran di mana siswa mengalami dan membuktikan sendiri sesuatu yang dipelajarinya.

Menurut Sumantri dan Permana (1999), metode eksperimen adalah sebagai cara belajar mengajar yang melibatkan peserta didik dengan mengalami, menguji dan membuktikan sendiri proses dan hasil percobaan. Sedangkan Hernawan (2010), menyatakan bahwa metode eksperimen adalah cara penyajian pelajaran di mana siswa melakukan percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri sesuatu yang dipelajari.

Metode eksperimen memberikan kesempatan pada siswa untuk mengalami dan melakukan sendiri, mengikuti suatu proses, mengamati suatu objek, menganalisis, dan menarik kesimpulan secara mandiri. Dengan penerapan metode ini diharapkan siswa lebih mudah memahami konsep materi yang sedang dipelajari dan sekaligus menjadi ingatan jangka panjang dalam dirinya (Nurlaila & Handhika, 2020).

Salah satu pokok bahasan penting dalam fisika yang tidak hanya diajarkan dalam bentuk konsep melainkan memerlukan adanya eksperimen adalah momen inersia. Adanya eksperimen pendukung yang memadai untuk pokok bahasan ini menjadi salah satu indikator kesuksesan penanaman konsepnya kepada para siswa (Ahlmay dkk, 2022). Namun, pada kenyataannya, eksperimen pada materi momen inersia ini hanya dilakukan pada benda berbentuk beraturan dan cenderung meninggalkan untuk benda berbentuk tidak beraturan. Praktikum untuk penentuan momen inersia benda berbentuk tidak beraturan cenderung ditinggalkan dikarenakan ketiadaan alat praktikum yang memadai.

Beberapa peneliti berusaha memecahkan masalah ketiadaan alat praktikum untuk penentuan momen inersia benda, terutama untuk benda berbentuk tidak beraturan. Seperti yang dilakukan oleh Swank (2006) yang mendesain alat pengukur momen inersia dengan menggunakan 5 kawat dengan susunan

tertentu yang digantungkan pada batang yang dapat bergerak secara mekanis. Alat yang dibuat ini memiliki kelebihan dapat meletakkan benda dalam banyak variasi posisi, sehingga memungkinkan pengukuran momen inersia berbagai benda dengan berbagai posisi sumbu putarnya. Namun, sebagaimana kesimpulannya disebutkan bahwa peneliti belum dapat mengungkapkan analisis kesalahan dari pengukurannya, termasuk belum dapat mengungkapkan akurasi pengukurannya.

Koken (2017) melakukan eksperimen menentukan momen inersia suatu benda dengan metode menggantungkan benda pada dua buah tali. Benda diayunkan dalam 10 kali isolasi. Besar momen inersia diperoleh menggunakan hubungan antara periode osilasi dengan momen inersia benda dari masa tersuspensi. Meskipun desain eksperimennya sangat sederhana, namun tidak semua benda tidak beraturan dapat ditempatkan dengan baik dengan hanya menggantungkan pada dua utas tali. Demikian juga dari hasilnya masih sangat tergantung dari presisi sudut simpangan awalnya.

Zhang (2014) membuat alat pengukur momen inersia dengan cara kerja meletakkan benda yang akan diukur momen inersianya di sebuah meja dudukan. Meja dudukan ini ditopang oleh batang penyangga beban. Batang penyangga beban akan berosilasi karena adanya benda yang diletakkan di atas meja dudukan itu. Osilasi ini akan dicatat oleh sensor untuk mendapatkan periode getaran batang penyangga untuk selanjutnya diukur momen inersianya melalui analisis komputerisasi. Alat ini memang mendapatkan hasil yang lebih baik, namun sebagai mana dituliskan penelitiannya suhu dan konsistensi gerakan awal pendulum memiliki pengaruh signifikan untuk mengurangi akurasi hasilnya. Alat ini tentu masih tergolong relatif mahal untuk dibuat

dan menggunakan piranti yang tidak sederhana.

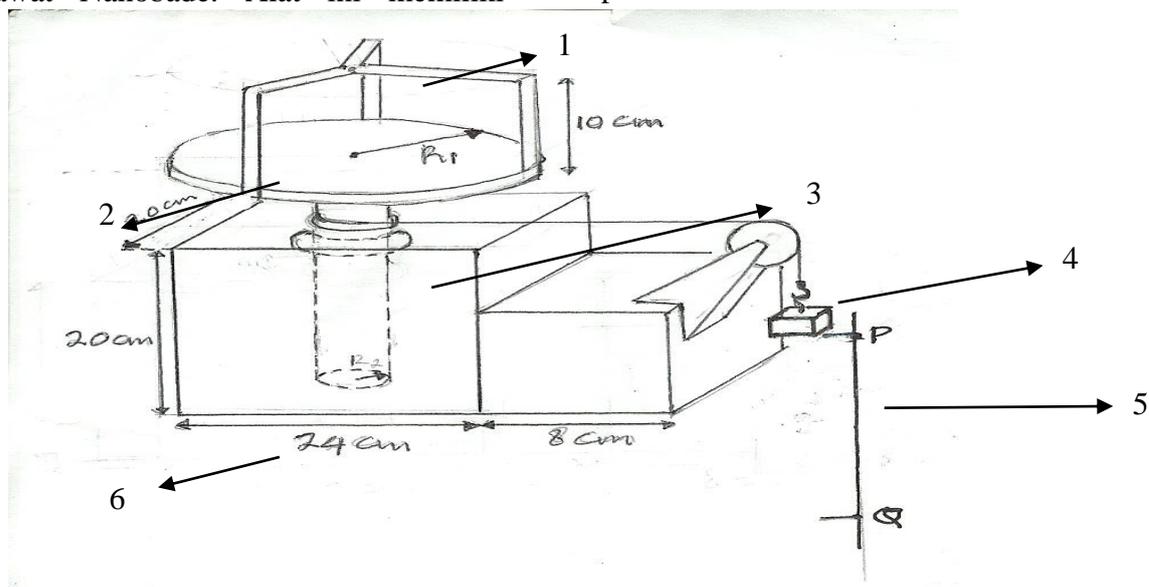
Berkaitan dengan masih terbatas dan sulitnya untuk mendesain alat, eksperimen menentukan momen inersia untuk benda tegar tidak beraturan pada siswa SMA/MA cenderung tidak dilakukan atau ditinggalkan. Eksperimen berkaitan dengan momen inersia di tingkat SMA/MA, hanya terbatas pada benda tegar beraturan. Oleh karena itu, dibutuhkan kreativitas guru untuk menghasilkan alat eksperimen yang mudah membuatnya dan terjangkau biayanya untuk dapat menentukan momen inersia benda tidak beraturan ini.

Salah satu solusi menyelesaikan permasalahan di atas adalah dengan merancang bangun alat yang diberi nama Pesawat Nanobade. Alat ini memiliki

beberapa keunggulan, di antaranya terbuat dari bahan yang ada di sekitar kita, mudah dalam membuatnya, biaya pembuatan yang relatif terjangkau, mendapatkan hasil yang mendekati nilai yang teliti, dan dapat menarik minat belajar siswa. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan untuk mengukur momen inersia benda berbentuk beraturan maupun benda berbentuk tidak beraturan.

METODE PENELITIAN

Penghitungan momen inersia benda berbentuk sembarang diawali dengan pembuatan alat praktikum yang diberi nama Pesawat Nanobade. Nama ini merupakan akronim empat orang penemu alat ini, yaitu Nardi, Noperma, Balkis dan Dewi. Adapun desain alatnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



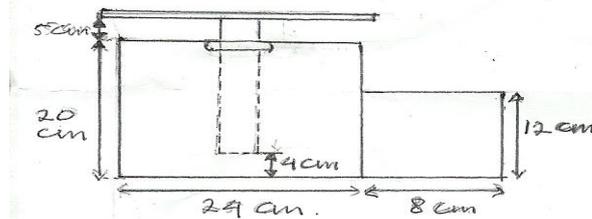
Gambar 1. Skema Pesawat Nanobade

Keterangan:

1. Tiang pengikat beban
2. Meja putar
3. Penyangga meja putar
4. Katrol

5. Beban
6. Kotak dudukan meja putar

Secara lebih lengkap ukuran kotak dudukan meja putar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ukuran kotak dudukan meja putar dudukan



Gambar 3. Pesawat Nanobade dengan benda di atas bangku beban

Prinsip kerja dari pesawat Nanobade yaitu ketika benda m yang digantung dilepaskan dari keadaan diam (titik P) maka benda akan terus bergerak ke bawah. Posisi tempat benda berhenti (titik Q) dapat ditentukan sesuai kebutuhan pengukuran. Akibat pergerakan benda ini penyangga bangku putar akan berotasi dengan kecepatan sudut $\omega = \frac{2\pi}{T}$, dengan T adalah periode rotasi bangku putar. Selanjutnya, dengan menerapkan hubungan antara usaha oleh torsi (τ) dan usaha untuk menggerakkan benda m dari titik P ke Q kita akan memperoleh persamaan untuk menghitung nilai Inersia benda yang berada di atas bangku putar. Di mana usaha untuk memutar bangku putar dan penyangganya sebagai berikut:

$$W_{PQ} = \frac{1}{2}I\omega_Q^2 - \frac{1}{2}I\omega_P^2 \rightarrow \omega_P = 0$$

(benda mula-mula diam)

(1)

$$W_{PQ} = \frac{1}{2}I\omega_Q^2$$

Usaha untuk menggerakkan benda m dari titik P ke Q akan sama dengan perubahan energi kinetiknya, yaitu:

$$W_{PQ} = \frac{1}{2}mv_Q^2 - \frac{1}{2}mv_P^2 \rightarrow v_P = 0$$

(benda mula-mula diam) (2)

$$W_{PQ} = \frac{1}{2}mv_Q^2$$

Kecepatan benda dari P ke Q diperoleh dari persamaan hukum kekekalan energi mekanik benda, sebagai berikut:

$$EM_P = EM_Q$$

$$EP_P + EK_P = EP_Q + EK_Q$$

$$mgh + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv_Q^2 \quad (3)$$

$$v_Q = \sqrt{2gh}$$

Dengan menganggap bahwa bangku putar dapat berotasi tanpa hambatan, maka berdasarkan persamaan 1, 2, 3 dan

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ diperoleh:

$$\frac{1}{2}I\omega_Q^2 = \frac{1}{2}mv_Q^2$$

$$I = \frac{mv_Q^2}{\omega_Q^2}$$

$$I = \frac{mgh}{2\pi^2} T^2$$

$$T^2 = \frac{2\pi^2}{mg} I \frac{1}{h} \quad (4)$$

Atau dalam bentuk lain:

$$T^2 = s \cdot 1/h \quad (5)$$

Dengan $s = K.I$, dan $K = \frac{2\pi^2}{gm} = 11,84$.

Nilai s merupakan kemiringan dari grafik hubungan antara T^2 dengan $1/h$, sehingga nilai I dapat ditentukan menggunakan persamaan $I = \frac{s}{K}$.

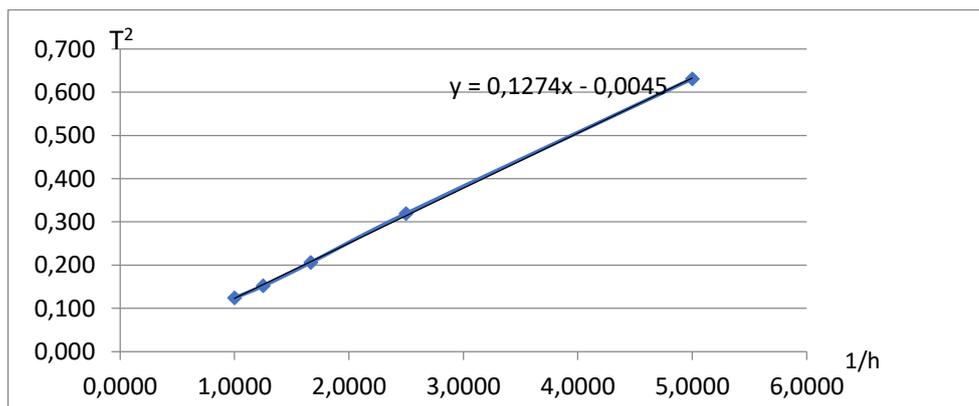
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis momen inersia alat

Data pengukuran dengan menggunakan alat diperoleh:

Tabel 1. Menentukan momen inersia alat

No	h (m)	t (s)	n (putaran)	T (s)	T^2	1/h
1	0,2	2,13	2,681	0,794	0,631	5,0000
2	0,4	3,03	5,362	0,565	0,319	2,5000
3	0,6	3,65	8,043	0,454	0,206	1,6667
4	0,8	4,18	10,724	0,390	0,152	1,2500
5	1	4,72	13,405	0,352	0,124	1,0000



Gambar 4. Grafik hubungan kuadrat Periode (T^2) terhadap satu per jarak ($1/h$) untuk menentukan momen inersia alat

Momen inersia alat diperoleh sebagai berikut:

$$I_o = \frac{s}{K} = \frac{0.1274}{11.84} = 0.01073 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Momen inersia alat ini, selanjutnya akan kita gunakan sebagai faktor koreksi

terhadap nilai momen inersia benda yang akan kita ukur.

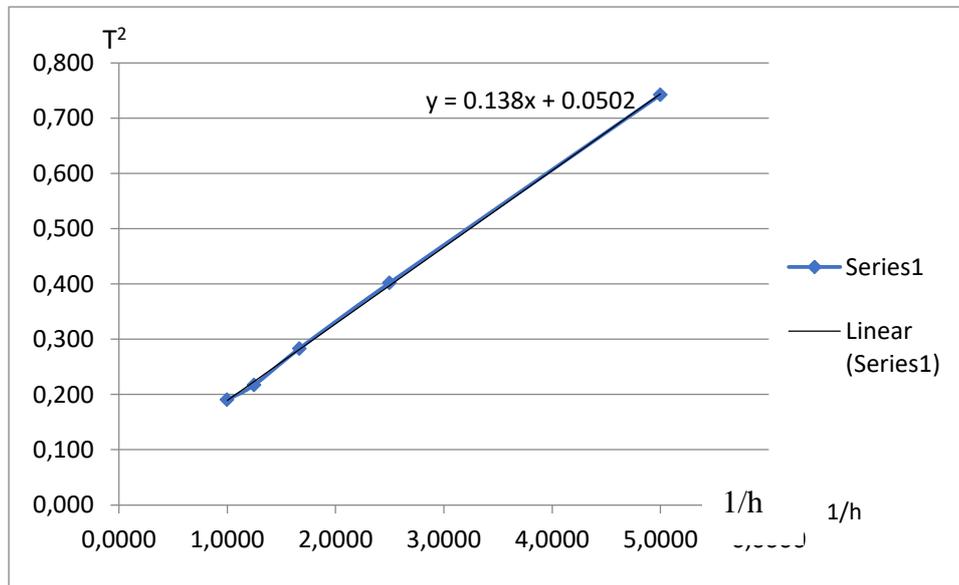
Hasil Analisis momen Inersia Benda Teratur dengan Menggunakan Alat dan Menggunakan Rumus

Data pengukuran dengan menggunakan alat diperoleh:

Tabel 2. Menentukan momen inersia benda berbentuk beraturan

No	h (m)	t(s)	n (putaran)	Periode (T)	T^2	1/h
1	0,2	2,31	2,681	0,862	0,742	5,0000
2	0,4	3,40	5,362	0,634	0,402	2,5000
3	0,6	4,28	8,043	0,532	0,283	1,6667

No	h (m)	t (s)	n (putaran)	Periode (T)	T^2	$1/h$
4	0,8	5,00	10,724	0,466	0,217	1,2500
5	1,0	5,85	13,405	0,436	0,190	1,0000



Gambar 5. Grafik hubungan kuadrat Periode (T^2) terhadap satu per jarak ($1/h$) untuk menentukan momen inersia balok (benda beraturan)

Dari grafik diperoleh nilai kemiringan sebesar 0.138, sehingga momen inersia sistem dapat diperoleh dengan persamaan:

$$I = \frac{s}{K} = \frac{0.138}{11.84} = 0.01166 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia balok dapat diperoleh sebagai berikut:

$$I_B = I - I_o = 0,01166 - 0.01073 = 0,000929 \text{ kg. m}^2$$

Selanjutnya, berdasarkan rumus, benda beraturan berupa balok memiliki dimensi panjang 0,1483 m, lebar 0,1479 m, dan tebal 0,0205 m, memiliki momen inersia sebesar:

$$I_B = \frac{1}{12} (P^2 + L^2) M = \frac{1}{12} (0.1483^2 + 0.14795^2) 0,25792 = 0.000943 \text{ kgm}^2$$

Dari kedua nilai yang diperoleh di atas, terdapat selisih hasil pengukuran sebesar 0,000014 kg. m^2 , atau persentase kesalahan alat sebesar 1,49%. Berdasarkan nilai kesalahan seperti ini, dapatlah dianggap bahwa pengukuran momen inersia dengan menggunakan Pesawat

Nanobade ini telah menunjukkan kesesuaian dengan teori. Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa alat praktikum yang dipakai layak untuk digunakan sebagai alat untuk eksperimen momen inersia.

Dibandingkan dengan alat yang dikembangkan oleh Swank (2006), Pesawat Nanobade ini jauh lebih maju beberapa langkah. Seperti yang diungkapkan oleh Swank sendiri bahwa alat yang dikembangkannya belum bisa dianalisis dari segi kesalahan ukurnya. Alat yang dikembangkan Swank belum memiliki persentase akurasi pengukuran momen inersia. Swank baru menunjukkan bahwa memungkinkan untuk merancang sebuah alat untuk menentukan momen inersia benda dengan posisi poros benda yang berbeda-beda, namun belum mampu menunjukkan akurasi alatnya.

Alat pengukur momen inersia yang dikembangkan oleh Koken (2017) mendapatkan persentase kesalahan alat

berada pada *range* antara 0,42% hingga 1,70%. Dari sini terlihat bahwa kesalahan pengukuran momen inersia dengan menggunakan Pesawat Nanobade ini masih berada di antara kedua batas angka kesalahan tersebut, yaitu lebih kecil dibandingkan dengan nilai kesalahan terbesar yang diperoleh oleh Koken, namun lebih besar dibandingkan dengan nilai kesalahan terendah yang diperoleh oleh Koken.

Sementara itu, jika dibandingkan dengan alat canggih yang dihasilkan oleh Zhang (2014), Pesawat Nanobade ini masih memiliki persentase kesalahan yang lebih besar, di mana Zhang mendapatkan angka kesalahan alatnya sebesar 0,60%. Meski memiliki persentase kesalahan yang lebih besar, pesawat Nanobade ini memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan dengan alat yang kembangkan Zhang, seperti dari sisi material bahan, kemudahan dalam pembuatan dan biaya pembuatan. Pesawat Nanobade terbuat dari material bahan yang ada di sekitar kita, sehingga mudah untuk mendapatkannya. Pesawat Nanobade memiliki konstruksi yang sederhana sehingga mudah dalam membuatnya, termasuk mudah untuk diperbanyak oleh siapa pun dibandingkan dengan alat oleh Zhang yang merupakan alat pabrikan yang tidak semua orang dapat menduplikasinya. Dari segi biaya, Pesawat Nanobade ini relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan alat supercanggih buatan Zhang.

Angka persentase kesalahan Pesawat Nanobade masih tidak terlalu jauh

dibandingkan dengan alat yang dikembangkan oleh Zhang ini, yaitu dengan perbedaan sekitar 2,48 kali, dan masih berada dalam range angka kesalahan alat yang dikembangkan oleh Koken. Dengan persentase kesalahan yang demikian, dapat dinyatakan bahwa Pesawat Nanobade masih sangat layak untuk digunakan sebagai alat praktikum bagi siswa SMA/MA dan sederajat yang selama ini tidak melaksanakan praktikum dalam penentuan momen inersia untuk benda berbentuk tidak beraturan.

Menentukan momen inersia Benda tidak teratur

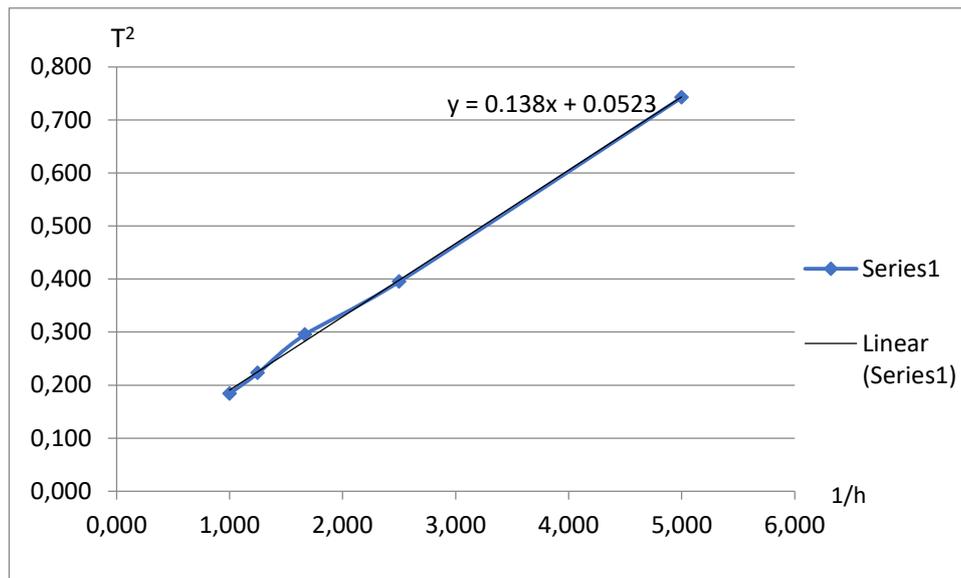
Setelah Pesawat Nanobade dinyatakan layak untuk melakukan pengukuran momen inersia suatu benda, kini saatnya kita menggunakannya untuk mengukur momen inersia benda berbentuk tidak beraturan. Kita gunakan dua buah benda untuk keperluan ini yaitu botol berisi air dan karet padat. Sebenarnya, botol masih bisa dianalisis dengan menggunakan analisis dimensi, dan momen inersianya dapat dihitung dengan menggunakan integral elemen dm . Namun, sebagai bahan uji coba botol tersebut dapatlah dianggap sebagai benda tidak beraturan.

a) Benda berupa botol berisi air

Dengan menggunakan langkah-langkah serupa untuk pengukuran momen inersia benda beraturan, diperoleh nilai persamaan-persamaan di atas, kita mendapatkan data-data sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Menentukan momen inersia benda berupa botol berisi air

No	h (m)	t (s)	n (putaran)	1/h	T (s)	T ²
1	0,2	2,31	2,681	5,000	0,862	0,742
2	0,4	3,37	5,362	2,500	0,629	0,395
3	0,6	4,37	8,043	1,667	0,543	0,295
4	0,8	5,06	10,724	1,250	0,472	0,223
5	1,0	5,75	13,405	1,000	0,429	0,184



Gambar 6. Grafik hubungan kuadrat Periode (T^2) terhadap satu per jarak ($1/h$) untuk menentukan momen inersia benda berupa botol minum berisi air

Dari grafik diperoleh nilai kemiringan sebesar 0.138, sehingga momen inersia sistem dapat diperoleh dengan persamaan:

$$I = \frac{s}{K} = \frac{0.138}{11.84} = 0.01166 \text{ kg m}^2$$

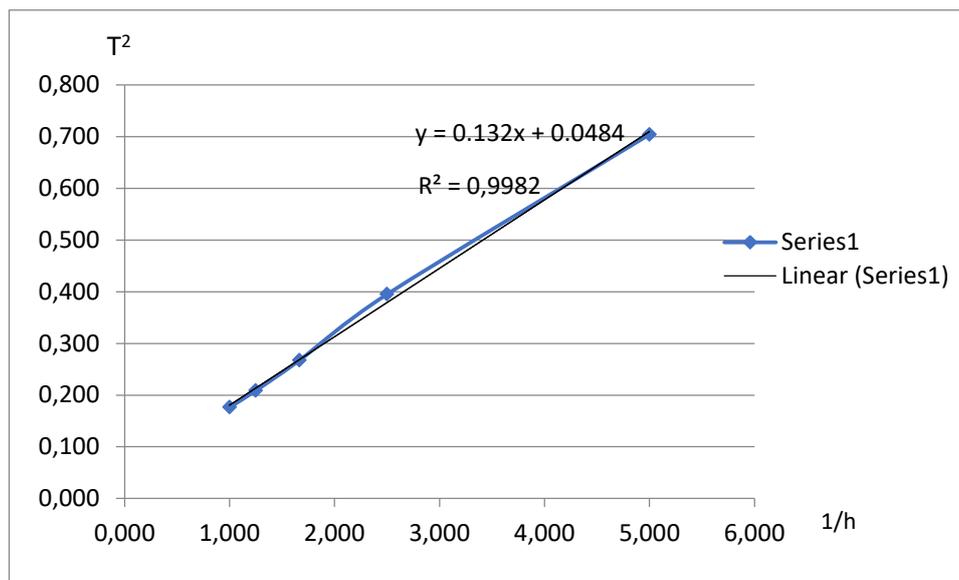
Momen inersia botol berisi air dapat diperoleh dengan persamaan:

$$I_B = I - I_o = 0,01166 - 0.01073 = 0,000929 \text{ kg. m}^2$$

b) Benda 2: Karet padat bermassa 549 g
 Data-data yang kita peroleh ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Menentukan momen inersia benda berupa karet padat

No	h (m)	T (s)	n (putaran)	T	T ²	1/h
1	0,2	2,25	2,681	0,839	0,704	5,000
2	0,4	3,37	5,362	0,629	0,395	2,500
3	0,6	4,16	8,043	0,517	0,268	1,667
4	0,8	4,90	10,724	0,457	0,209	1,250
5	1,0	5,63	13,405	0,420	0,176	1,000



Gambar 7. Grafik hubungan kuadrat Periode (T^2) terhadap satu per jarak ($1/h$) untuk menentukan momen inersia benda karet padat

Dari grafik diperoleh nilai kemiringan sebesar 0,132, sehingga momen inersia sistem dapat diperoleh dengan persamaan

$$I = \frac{s}{K} = \frac{0.132}{11.84} = 0.01111 \text{ kg m}^2$$

Momen Inersia benda dapat diperoleh dengan persamaan:

$$I_B = I - I_o = 0,01111 - 0.01073 = 0,00038 \text{ kg m}^2$$

Demikianlah contoh penggunaan Pesawat Nanobade untuk praktikum penentuan momen inersia benda berbentuk tidak beraturan beserta langkah-langkah analisis hasilnya. Benda pertama yang diukur momen inersianya ialah botol berisi air, diperoleh momen inersianya sebesar $0,000929 \text{ kg.m}^2$, sedangkan benda kedua berupa karet padat memiliki momen inersia sebesar $0,00038 \text{ kg.m}^2$.

Penemuan Pesawat Nanobade sebagai alat praktikum momen inersia ini akan memberikan manfaat yang besar baik dalam proses maupun hasil pembelajaran. Penemuan Pesawat Nanobade ini akan menjadi solusi bagi ketiadaan alat praktikum berkaitan

dengan materi penentuan momen inersia, terutama penentuan momen inersia untuk benda berbentuk tidak beraturan. Pembelajaran pada jenjang SMA/MA dan sederajat yang selama ini hanya melakukan praktikum untuk penentuan momen inersia untuk benda berbentuk beraturan saja, dan cenderung meninggalkan atau tidak melakukan praktikum untuk benda berbentuk tidak beraturan, telah ada solusinya dengan alat ini. Dengan pemberian praktikum diharapkan proses pembelajaran akan menjadi menyenangkan, menumbuhkan antusiasme, dan lebih menarik minat siswa sebab siswa terlibat langsung. Dari segi hasil belajar, pemberian praktikum pada materi momen inersia ini akan menjadikan materi ini berada dalam ingatan jangka panjang siswa. Selain itu, diharapkan siswa bisa lebih memahami konsep berkaitan dengan momen inersia ini sekaligus siswa dapat meningkatkan prestasi belajarnya.

SIMPULAN DAN SARAN SIMPULAN

1. Alat praktikum yang diberi nama Pesawat Nanobade ini digunakan untuk menghitung momen inersia berbagai jenis benda, baik berbentuk beraturan maupun tidak beraturan. Pada kalibrasi dengan menggunakan benda beraturan, alat praktikum ini telah menunjukkan kesesuaian dengan teori. Dari data kalibrasi menunjukkan bahwa pengukuran momen inersia balok dengan menggunakan alat diperoleh nilai sebesar $0,00925 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, sedangkan perhitungan momen inersia balok dengan rumus berdasarkan kajian teori diperoleh nilai sebesar $0,000943 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Beda antara keduanya yaitu $0,000943 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 - 0,00925 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 0,000014 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ atau kesalahan sebesar 1,48 %. Dengan nilai persentase kesalahan alat tersebut, dapat dinyatakan bahwa alat praktikum yang dipakai layak untuk digunakan sebagai alat untuk eksperimen momen inersia.
2. Benda tidak beraturan yang diukur momen inersianya pada praktikum ini yaitu benda botol air bermassa 270,85 gram dan karet padatan bermassa 549 gram. Momen inersia yang diperoleh untuk masing-masing benda tersebut yaitu botol air sebesar $0,000929 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ dan karet padat sebesar $0,00038 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.
3. Pesawat Nanobade ini memiliki sejumlah kelebihan diantaranya memiliki nilai kesalahan pengukuran yang relatif kecil, terbuat dari bahan dan material yang ada di sekitar kita, mudah dalam membuatnya, dan biaya pembuatannya relatif terjangkau.
4. Penggunaan Pesawat Nanobade sebagai alat praktikum dalam pembelajaran akan menjadikan pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, sehingga dapat menumbuhkan antusiasme dan lebih menarik minat siswa. Pemberian praktikum pada materi momen inersia

dengan menggunakan Pesawat nanobade ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan prestasi belajar siswa sekaligus menjadikan materi ini berada dalam ingatan jangka panjang siswa.

SARAN

Beberapa saran yang penulis ajukan yaitu:

- a. Untuk meningkatkan minat siswa dalam pembelajaran materi momen inersia dapat digunakan alat Pesawat Nanobade ini.
- b. Untuk meningkatkan keakuratan alat disarankan menggunakan mikrokontroler pada penghitung waktu sebagai pengganti penggunaan *stop watch*.

Pada bagian penutup berisi uraian kesimpulan dan saran serta menjawab pertanyaan dalam perumusan masalah yang menjawab tujuan penelitian dibuat secara ringkas dan jelas, sehingga reviewers dan pembaca tentu akan mudah untuk memberi penilaian terhadap artikel anda. Diharapkan tidak mengulang penulisan abstrak, atau hanya mendeskripsikan hasil penelitian. Namun diharapkan lebih tajam dalam memberikan uraian yang jelas mengenai kemungkinan penerapannya dan saran-saran terkait temuan penelitian.

REFERENSI

- Ahlamy, S. M., Susilamawi., Padilah, H. N., & Izzatulhaq, A. (2022). Analisis Pembelajaran Fisika Materi Dinamika Rotasi: Studi Literatur Publikasi Ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi*, 1(2), 213-230. <https://doi.org/10.58797/pilar.0102.11>
- Aryani, P. R., Akhlis, I., & Subali, B. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbentuk Augmented Reality pada

- Peserta Didik untuk Meningkatkan Minat dan Pemahaman Konsep IPA, *Unnes Physics Education Journal*, 8 (2), 90-101.
- Chiappetta, Eugene L., & Koballa, Thomas R. (2014). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools: Developing Fundamental Knowledge and Skills*. 8th edition. Upper Saddle River : Pearson.
- Djamarah, S. B. (2006). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Handayani, D. & Alfina, V. D. (2021). Penerapan Media Pembelajaran Menggunakan Laboratorium Virtual Pada Masa Pandemi Covid-19. *Seminar Nasional Pendidikan*. 233-238.
- Hernawan, A. H. (2010). *Pokok Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Koken, M. (2017). *The Experimental Determination of the Moment of Inertia of a Model Airplane*. *Honors Research Projects*. 585. Tersedia pada:
http://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/585
- Langi, J. P. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Quantum Teaching Terhadap Pemahaman Konsep Fisika. *Journal of Syntax Literate*, 9(3), doi: 10.36418/syntax-literate.v9i3.15418.
- Mundilarto. (2002). Posisi dan Peranan Strategis Pengajaran IPA (Fisika) di SLTP. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 21(3), 339-356.
- Nurlaila, N. & Handhika, J. (2020). Penerapan Pendekatan Saintifik Melalui Eksperimen di Kelas dan Penugasan Guna Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa. *Papua Journal of Physics Education*, 01(01), 8-12.
- Permendikbud. (2016). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan, Nomor 21, Tahun 2016, tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah. Kemendikbud.
- Roestiyah, N.K. (2012). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sumantri, M., & Permana, J. (1999). *Strategi Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- Swank, J. A. (2006). *Moment of inertia measurement using a five-wire torsion pendulum and optical sensing*. *Proceedings of the 21st Annual ASPE Meeting, Monterey, CA, United states*.
- Zhang, C. (2014). *Moment of Inertia Measurement Based on Displacement Sensor*. *Bio Technology an Indian Journal*, 10(13), 7501-7505.