

**PENGEMBANGAN ALAT PERAGA FISIKA MOMEN  
INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO  
UNTUK PESERTA DIDIK SMA/MA**

**KELAS XI**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Pendidikan Fisika



Diajukan oleh

Sukindar

10690034

Kepada

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UIN SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2017**



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor :B-1486/Un.02/DST/PP.05.3/05/2017

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMS/MA Kelas XI

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Telah dimunaqasyahkan pada : 17-Apr-17  
Nilai Munaqasyah : A  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.  
NIP. 19800415 200912 2 001

Penguji I

Drs Nur Untoro, M.Si  
NIP.19661126 199603 1001

Penguji II

Winarti, S.Pd., M.Pd.Si  
NIP. 19830315 200901 2 010

Yogyakarta, 15 Mei 2017  
UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



Drs. M. Arif Mubiono, M.Si  
NIP. 19681212 200003 1 001

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi  
Lamp : 3 Eksemplar Skripsi

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

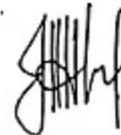
Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Judul Skripsi : PENGEMBANGAN ALAT PERAGA FISIKA MOMEN  
INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK PESERTA DIDIK  
SMA/MA KELAS XI

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 1 Maret 2017  
Pembimbing



Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.  
NIP.19800415 200912 2 001

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sukindar

NIM : 10690034

Prodi/Semester : Pendidikan Fisika/XIV

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri dan sepanjang pengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, dan atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian Tugas Akhir di Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 27 Maret 2017

Yang menyatakan



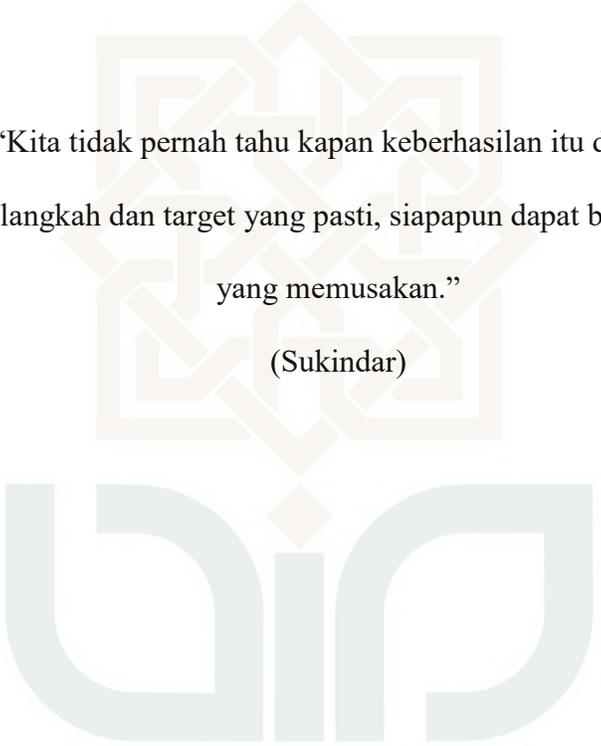
Sukindar

NIM. 10690034

## MOTTO

“Kita tidak pernah tahu kapan keberhasilan itu datang.  
Tetapi, dengan langkah dan target yang pasti, siapapun dapat berdamai dengan hasil  
yang memusakan.”

(Sukindar)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **PERSEMBAHAN**

Kupersembahkan karya ini kepada

Keempat Orang tuaku,

Istriku Hanafia Pahardini tersayang,

Adiku Emi Malina sekeluarga,

Mbak Tutik, dan

Almamaterku Pendidikan Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT sang penguasa alam semesta, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia tak terhingga kepada seluruh makhluk-Nya, dan secara khusus kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. penulis skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Drs. Nur Untoro, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, sekaligus Pembimbing I, yang begitu sabar memberikan pengarahan, bimbingan, dan ilmunya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembimbing Akademik dan Pembimbing I, yang begitu sabar memberikan semangat motivasi, pengarahan, bimbingan, dan ilmunya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Dosen Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
5. Siti Fatimah, M. Pd., Dwi Ariyanti, M.Pd., Drs. H. Aris Munandar, M. Pd., Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Chalis Setyadi, M.Sc., Asih Melati, S.

Si., M. Sc., Aulia Faqih Rifai, M. Kom, Win Indra Gunawan, S. Si, Fayakun Muchlis, S. Pd. Si., Susilo Catur Santosa, S. Pd., selaku validator dan penilai, yang telah membimbing dan memberikan masukan saran yang membangun dalam menyelesaikan penelitian.

6. Sulis Priyanto dan Dwi Yuliyanto, selaku observer, yang telah membantu pengambilan data dalam menyelesaikan penelitian.
7. Teman-teman Pendidikan Fisika 2010, semoga persahabatan dan silaturahmi tetap terjaga dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga segala bantuan, dan motivasi dari mereka akan tergantikan dengan balasan pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun selalu di harapkan demi kebaikan dan kesempurnaan skripsi ini. akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Yogyakarta, 28 Maret 2017

Penulis

Sukindar

NIM. 10690034

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
INTISARI .....	xv
ABSTACT .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	6
C. Batasan Masalah .....	6
D. Rumusan Masalah .....	7
E. Tujuan Penelitian .....	7
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan .....	8
G. Manfaat Penelitian .....	8

H. Keterbatasan Pengembangan .....	9
I. Definisi Istilah .....	9
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>11</b>
A. Kajian Teori .....	11
B. Penelitian yang Relevan .....	31
C. Kerangka Berpikir .....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
A. Model Pengembangan .....	37
B. Prosedur Pengembangan .....	37
C. Uji Coba Produk .....	45
D. Teknik Analisa Data .....	48
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
A. Hasil Penelitian .....	52
1. Produk Awal .....	53
2. Validasi dan Penilaian .....	57
3. Analisis Data .....	62
B. Pembahasan .....	64
1. Produk Awal .....	64
2. Validasi dan Penilaian .....	73
3. Analisis Data .....	86
4. Kelebihan dan Kekurangan .....	89

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>90</b>
A. Kesimpulan .....	90
B. Keterbatasan Penelitian .....	91
C. Saran Pemanfaatan dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut .....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>93</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>95</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1 Perbedaan dan Persamaan Penelitian Relevan .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabel 3.1 Aturan pemberian skor penilaian kualitas .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabel 3.2 Aturan pemberian skor respon peserta didik .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabel 3.3 Aturan pemberian skor keterlaksanaan .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabel 3.4 Klasifikasi Penilaian Kualitas .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel 3.5 Klasifikasi Respon Peserta Didik .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabel 3.6 Klasifikasi Keterlaksanaan .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabel 4.1 Hasil Penilaian Alat Peraga Momen Inersia Oleh Ahli Materi ....</b>	<b>58</b>
<b>Tabel 4.2 Hasil Penilaian Alat Peraga Momen Inersia Oleh Ahli Media .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabel 4.3 Hasil Penilaian Alat Peraga Momen Inersia Oleh Guru .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabel 4.4 Hasil Respon Peserta Didik .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabel 4.5 Hasil Observasi Keterlaksanaan Alat Peraga Momen Inersia .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabel 4.6 Hasil Uji Coba Alat Peraga Momen Inersia Bebasis</b>	
<b>Arduino Uno dengan Menggunakan Variasi Jari-Jari Cakram...</b>	<b>76</b>
<b>Tabel 4.7 Hasil Uji Coba Alat Peraga Momen Inersia Bebasis</b>	
<b>Arduino Uno dengan Menggunakan Variasi Massa Cakram .....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

<b>Gambar 2.1 Cakram Homogen .....</b>	<b>16</b>
<b>Gambar 2.2 Bagan Pengembang APP .....</b>	<b>18</b>
<b>Gambar 2.3 Pesawat Atwood .....</b>	<b>20</b>
<b>Gambar 2.4 Arduino Uno Board .....</b>	<b>23</b>
<b>Gambar 2.5 Arduino IDE .....</b>	<b>26</b>
<b>Gambar 2.6 Interactive Device .....</b>	<b>27</b>
<b>Gambar 2.7 Susunan pin LCD 16 × 2 karakter .....</b>	<b>31</b>
<b>Gambar 3.1 Rancangan Alat Peraga Momen Inersia .....</b>	<b>40</b>
<b>Gambar 3.2 Bagan Pengembang Alat Peraga .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.1 Alat Peraga Momen Inersia Berbasis Arduino UNO .....</b>	<b>52</b>
<b>Gambar 4.2 Kotak Sensor Alat Peraga Momen Inersia .....</b>	<b>54</b>
<b>Gambar 4.3 Kotak Utama Alat Peraga Momen Inersia .....</b>	<b>55</b>
<b>Gambar 4.4 Cakram Berbahan Kayu .....</b>	<b>56</b>
<b>Gambar 4.5 Skema Sensor Infrared dan Photodiode .....</b>	<b>67</b>
<b>Gambar 4.6 Skema LCD 16x2 .....</b>	<b>68</b>
<b>Gambar 4.7 Diagram Alir Stopwatch berbasis Arduino UNO .....</b>	<b>72</b>
<b>Gambar 4.8 Perubahan Lembar Kerja Peserta Didik .....</b>	<b>74</b>
<b>Gambar 4.9 Cakram Berbahan Akrilik .....</b>	<b>80</b>
<b>Gambar 4.10 Beban Gantung .....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.a. Panduan Penggunaan Alat Peraga Momen Inersia .....	95
Lampiran 1.b. Lembar Kerja Peserta Didik Momen Inersia .....	100
Lampiran 1.c. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran .....	105
Lampiran 1.d. Kode Sumber Alat Peraga Momen Inersia .....	113
Lampiran 2.a. Daftar Validator, Penilai, Pengamat, dan Peserta Didik .....	119
Lampiran 2.b. Lembar Validasi Instrumen dan Produk .....	130
Lampiran 2.c. Lembar Penilaian Materi, Media, dan Guru .....	143
Lampiran 2.d. Lembar Respon Peserta Didik .....	183
Lampiran 2.e. Lembar Observasi Keterlaksanaan .....	187
Lampiran 3.a. Perhitungan Kualitas produk .....	192
Lampiran 3.b. Perhitungan Respon Peserta Didik dan Keterlaksanaan .....	194
Lampiran 4.a. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian .....	196
Lampiran 4.b. Foto Pengambilan data .....	197
Lampiran 4.c. Curriculum Vitae .....	198

# PENGEMBANGAN ALAT PERAGA FISIKA MOMEN INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK PESERTA DIDIK SMA/MA KELAS

XI

Sukindar  
10690034

## INTISARI

Konsep momen inersia merupakan materi yang sulit diajarkan. Banyak guru yang masih menyampaikan konsep momen inersia hanya dengan metode ceramah. Di sisi lain, peserta didik membutuhkan suatu alat yang dapat memperjelas konsep momen inersia. Hal tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian dengan tujuan 1) mengembangkan alat peraga momen inersia dengan menggunakan perangkat Arduino UNO 2) mengetahui kualitas alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO 3) mengetahui respon peserta didik dan keterlaksanaan alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO.

Penelitian ini merupakan penelitian model *Research and Development* yang disampaikan oleh Borg dan Gall yang melibatkan 7 langkah utama, yaitu 1) *Research and information collecting* 2) *Planning* 3) *Develop preliminary form of product* 4) *Preliminary field testing* 5) *Main product revision* 6) *Main field testing* 7) *Operational product revision*. Proses pengambilan data pada penelitian ini menggunakan teknik angket dan observasi, dengan instrumen berupa lembar penilaian ahli materi, ahli media, dan guru SMA/MA, lembar respon peserta didik, serta lembar observasi keterlaksanaan. Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis dengan mencari skor rata-rata dan membandingkannya dengan tabel klasifikasi.

Hasil yang diperoleh dari Penelitian ini adalah 1) peneliti berhasil mengembangkan alat peraga fisika momen inersia berbasis Arduino UNO beserta Lembar Kerja Peserta Didik dan Panduan Alat Peraga Momen Inersia untuk Guru 2) alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO masuk ke dalam kategori Sangat Baik berdasarkan penilaian dari ahli materi, ahli media, dan guru dengan skor rata-rata 3,38; 3,69; dan 3,58 3) respon peserta didik terhadap alat peraga fisika momen inersia berbasis Arduino UNO masuk dalam kategori Setuju dengan skor rata-rata 0,97 dan memiliki keterlaksanaan yang menunjukkan bahwa alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO dapat digunakan untuk pembelajaran konsep momen inersia pada kelas XI SMA/MA.

**Kata kunci:** Alat Peraga, Momen Inersia, Arduino UNO, Lembar Kerja Peserta Didik

**THE DEVELOPMENT OF MOMEN OF INERTIA PROPS BASED ON ARDUINO  
UNO FOR SECOND YEAR OF SENIOR HIGH SCHOOL STUDENT**

**Sukindar**

**10690034**

**ABSTRACT**

Momen of inertia concept is difficult subject to teach. Many teachers still teach momen of inertia concept by using lecture method. On the orther hands, students need a momen of inertia props. It encourages researcher to 1) develop momen of inertia props based on Arduino UNO 2) measure the momen of inertia props based on Arduino UNO quality 3) study the students responses and Arduino UNO-based momen of inertia props enforceability.

This research is Research and Development by Borg and Gall model that consists of seven steps, namely 1) Research and information collecting 2) Planning 3) Develop preliminary form of product 4) Preliminary field testing 5) Main product revision 6) Main field testing 7) Operational product revision. This research is using questionnaires and observation techniques in data collection process with instruments such as assessment sheets, response sheets, and observation sheet. The data were analyzed by finding the average score and compared with classification table.

The research results is 1) researcher successfully developed moment of inertia props based on Arduino UNO with Student Worksheet and Teachers Guide 2) Quality of Arduino UNO-based moment of inertia props were set into Very Good category by material experts assessment, media experts assessment, and teachers assessment with average score of 3.38; 3,69; and 3.58 3) student response of the Arduino-based momen of inertia props is set into Agree category with average score of 0.97 and enforceability shows that the props can be used in momen of inertia concept learning in second year grade of Senior High School.

**Keywords:** Props, Moment of Inertia, Arduino UNO, Student Worksheets

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu sains tidak hanya ditandai dengan adanya kumpulan fakta saja, tetapi juga ditandai dengan munculnya metode ilmiah, nilai, dan sikap ilmiah ( Departemen Pendidikan nasional, 2007: 8). Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran sains tidak cukup hanya menerangkan konsep saja, seperti pembelajaran sains yang secara konvensional terjadi di Indonesia, tetapi pembelajaran sains juga harus mengajarkan metode ilmiah, nilai dan sikap ilmiah yang harus dimiliki peserta didik. Kita perlu merujuk kepada hakikat sains terlebih dahulu untuk melakukan pembelajaran sains.

Menurut Departemen Pendidikan Nasional (2007:8), hakikat sains meliputi empat unsur, yaitu produk, proses, aplikasi, dan sikap. Agar hakikat sains tersebut di atas tercapai, maka pembelajaran sains perlu memasukkan keempat unsur tersebut dalam pembelajarannya. Pembelajaran sains perlu menyampaikan produk sains, yang berupa fakta, prinsip, teori, dan hukum, dengan prosedur yang sesuai dengan metode ilmiah yang kemudian dapat diterapkan di kehidupan sehari-hari berdasarkan pada sikap sains yang dimiliki peserta didik. Pembelajaran sains yang sesuai dengan hakikat sains akan meningkatkan kemampuan sains peserta didik.

Hasil survei PISA (*Programme for International Student Assessment*) memperlihatkan kemampuan sains peserta didik pada suatu negara. Survei PISA dilakukan berdasarkan kemampuan membaca, kemampuan matematika, kemampuan sains, dan *problem-solving*. Survei PISA tahun 2012 menyebutkan bahwa kemampuan sains peserta didik di Indonesia berada di bawah rata-rata standar OECD. Nilai rata-rata OECD adalah 501, sedangkan nilai rata-rata kemampuan sains pelajar Indonesia adalah 382. Hasil survei PISA tahun 2012 menunjukkan bahwa kemampuan sains pelajar di Indonesia masih sangat lemah.

Berdasarkan hasil observasi, kemampuan sains untuk materi momen inersia juga termasuk ke dalam kategori lemah. Hanya dua orang dari dua puluh orang peserta didik di MAN Karanganom yang menyatakan materi momen inersia mudah. Nilai ujian akhir seluruh peserta didik MAN Karanganom juga berada di bawah nilai KKM. Nilai rata-rata ujian akhir peserta didik adalah 49,61 dan nilai KKM yang ditetapkan adalah 70. Data lemahnya pemahaman konsep momen inersia peserta didik MAN I Karanganom diperkuat dengan nilai rata-rata peserta didik sebesar 3,87 dalam mengerjakan soal uji coba terkait materi momen inersia yang diberikan oleh peneliti.

Peserta didik juga memerlukan sebuah metode baru agar materi dapat diterima dengan jelas serta proses pembelajaran tidak terkesan monoton dan membosankan. Berdasarkan hasil pengamatan awal, seluruh peserta didik MAN I Karanganom yang mengisi angket menyatakan bahwa

mereka membutuhkan cara belajar baru. Secara spesifik, peserta didik menyatakan membutuhkan sebuah alat agar dapat mengetahui konsep dengan jelas.

Selain sulit dipelajari oleh siswa, materi momen inersia juga sangat sulit diajarkan guru (Zulirfan dkk , 2011). Dari hasil wawancara terhadap tiga orang guru fisika, pembelajaran materi momen inersia masih dilakukan dengan metode ceramah. Konsep dari momen inersia belum tersampaikan dengan tepat sesuai dengan hakikat sains. Materi momen inersia merupakan materi yang terlihat abstrak jika disampaikan hanya dengan metode ceramah. Materi momen inersia hanya menjadi sebuah materi yang bersifat hafalan.

Untuk menunjukkan bahwa konsep momen inersia adalah konsep yang muncul pada gerak rotasi, pembelajaran momen inersia memerlukan suatu media agar konsep abstrak tersebut menjadi nyata. MAN I Karangnom dituntut untuk memenuhi kebutuhan tersebut, namun kenyataannya belum memiliki media yang dapat digunakan untuk menyampaikan materi momen inersia. MAN I Karangnom belum menyediakan media pembelajaran yang dapat digunakan untuk mempelajari konsep momen inersia.

Menurut Hamalik (dalam Azhar Arsyad, 2011), pemakaian media pembelajaran dalam proses belajar mengajar dapat membangkitkan keinginan dan minat baru, membangkitkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar, serta membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap

peserta didik. Menurut Depdiknas (2004), media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan yang dimiliki siswa, memungkinkan adanya interaksi langsung antara siswa dan lingkungannya, dapat menanamkan konsep dasar yang benar, dan mampu mengembangkan sikap ilmiah. Pemakaian media pembelajaran akan mempermudah guru dalam menyampaikan materi dan siswa dalam mempelajari materi.

Media pembelajaran untuk materi momen inersia sudah pernah dikembangkan pada beberapa penelitian. Penelitian pertama dilakukan oleh Hendar Sudrajat. Media yang dikembangkan Hendar adalah alat peraga. Alat yang dikembangkan oleh Hendar berupa meja rotasi. Meja rotasi tersebut tidak dapat menunjukkan besaran-besaran yang mempengaruhi momen inersia. Meja rotasi yang dikembangkan Hendar hanya menunjukkan besarnya momen inersia pada benda diskrit, momen inersia pada benda kontinu, dan besarnya momen inersia dengan mesin atwood. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Zulirfan, Ersya Demelinda, dan Hendar Sudrajad. Alat yang dibuat oleh Zulirfan, Ersya, dan Hendar ini memiliki ketelitian sangat lemah karena hanya menggunakan *stopwatch*. Selain itu, alat tersebut juga tidak mampu menunjukkan besaran-besaran yang mempengaruhi momen inersia. Dari dua penelitian tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa keakuratan alat peraga momen inersia perlu ditingkatkan dan alat peraga tersebut harus bisa menjelaskan besaran-besaran yang mempengaruhi momen inersia.

Peningkatan keakuratan pengukuran alat peraga dapat dilakukan dengan otomatisasi *stopwatch* atau pencacah waktu pada alat tersebut. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk membuat otomatisasi pencacah waktu adalah Arduino Uno. Arduino Uno adalah suatu sistem minimum yang memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem yang lainnya. Arduino Uno memiliki kelebihan, yaitu bersifat *open source*, dibandingkan dengan Raspberry Pi. Jika dibandingkan dengan Intel Galileo, Arduino Uno lebih tepat untuk membuat alat yang tidak terhubung internet karena pada dasarnya Intel Galileo dibuat untuk IOT (*Internet of Things*). Sedangkan jika dibandingkan dengan AVR, Arduino memiliki *library* yang lebih lengkap, memiliki pin ADC (Analog to Digital Converter) pada pin-pinnya, serta tidak membutuhkan perangkat tambahan lain untuk memrogramnya. Selain kelebihan-kelebihan di atas Arduino Uno memiliki kelebihan pada komunitasnya yang besar.

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa pengembangan media pembelajaran momen inersia sangat diperlukan. Adapun yang perlu dikembangkan adalah keakuratan dalam pengukurannya. Selain hal itu, alat peraga seharusnya mampu menjelaskan besaran-besaran yang mempengaruhinya. Arduino merupakan sistem salah satu sistem yang dapat digunakan untuk mengembangkan alat peraga tersebut dengan kelebihan-kelebihan yang dimilikinya.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat diidentifikasi permasalahannya, yaitu antara lain:

1. Kemampuan sains peserta didik di MAN I Karangnom masih sangat lemah.
2. Momen inersia merupakan materi yang sulit untuk dipahami bagi peserta didik di MAN I Karangnom.
3. Guru di MAN I Karangnom masih menyampaikan konsep momen inersia hanya dengan menggunakan metode ceramah.
4. MAN I Karangnom belum memiliki alat peraga momen inersia.

## **C. Batasan Masalah**

Mengingat sebuah penelitian harus terfokuskan, maka sebuah penelitian harus dibatasi. Adapun batasan masalah dari penelitian ini, antara lain:

1. Alat peraga yang dikembangkan adalah alat dengan sensor inframerah untuk meningkatkan keakuratan pengukuran.
2. Alat peraga yang dikembangkan adalah alat peraga momen inersia dengan variasi jari-jari cakram, massa cakram, dan massa beban gantung.

3. Alat yang dikembangkan dilengkapi modul yang berisi panduan penggunaan dan LKPD.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut ini, antara lain:

1. Bagaimana cara mengembangkan alat peraga momen inersia berbasis Arduino Uno?
2. Bagaimana kualitas alat peraga momen inersia berbasis Arduino Uno?
3. Bagaimana respon peserta didik dan keterlaksanaan alat peraga momen inersia berbasis Arduino Uno?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menghasilkan alat peraga momen inersia dengan menggunakan perangkat Arduino Uno,
2. Untuk mengetahui kualitas alat peraga momen inersia berbasis Arduino Uno,
3. Untuk mengetahui respon peserta didik dan keterlaksanaan alat peraga momen inersia berbasis Arduino Uno.

## F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan pada penelitian ini adalah berupa media pembelajaran dengan kriteria sebagai berikut

1. Media yang dikembangkan berupa alat peraga dengan materi momen inersia untuk benda diskrit berbentuk cakram dengan variasi jari-jari dan massa cakram.
2. Alat peraga ini dikembangkan dengan menggunakan prinsip kerja pesawat Atwood.
3. Alat peraga ini dilengkapi pencacah waktu otomatis berbasis perangkat Arduino Uno.
4. Alat peraga ini menggunakan LCD 16×4 untuk menampilkan data periode dengan ketelitian 0,001 s dan kecepatan sudut dengan ketelitian 0,001 rad/s.
5. Alat peraga ini mampu menampilkan data sampai dengan 16 digit pada LCD.

## G. Manfaat Penelitian

Sebuah penelitian yang dilakukan seorang peneliti tentu diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat untuk kehidupan. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu

1. Bagi siswa, alat peraga ini dapat digunakan sebagai sarana mempelajari konsep momen inersia.

2. Bagi guru, alat peraga ini dapat menambah metode pembelajaran sehingga pembelajaran yang berjalan tidak cenderung monoton.
3. Bagi peneliti, alat peraga ini dapat diteliti untuk dikembangkan menjadi lebih sempurna.

#### **H. Keterbatasan Pengembangan**

Penelitian ini menggunakan model pengelitan dan pengembangan yang disampaikan oleh Borg dan Gall. Model penelitian tersebut memiliki sepuluh tahapan yang harus dilalui tetapi pada penelitian kali ini dibatasi sampai pada langkah ke-7 yaitu sampai pada langkah *Operational Product Revision*.

#### **I. Definisi Istilah**

Di bawah ini adalah istilah-istilah operasional yang digunakan pada penelitian dan pengembangan ini, yaitu

1. Penelitian dan pengembangan pendidikan adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan (Borg dan Gall, 1989:624).
2. Media pembelajaran adalah alat dan bahan yang digunakan dalam proses pengajaran atau pembelajaran.
3. Alat peraga adalah alat yang digunakan untuk memperjelas konsep atau teori atau cara kerja tertentu yang digunakan dalam proses pembelajaran atau bimbingan (Dinas Pendidikan, 2010)

4. Momen inersia adalah ukuran resistansi/kelembaman sebuah benda terhadap perubahan dalam gerak rotasi (Tipler, 1998:267)
5. Arduino Uno adalah papan tunggal yang bersifat *open source* berbasis mikrokontroler dengan prosesor Atmel AVR.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan berdasarkan tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat peraga fisika momen inersia telah berhasil dikembangkan dengan menggunakan perangkat Arduino UNO dengan tampilan LCD 16x2 serta sensor inframerah,
2. Kualitas alat peraga fisika momen inersia berbasis Arduino UNO berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh ahli media, materi, dan guru fisika termasuk dalam kategori Sangat Baik dengan skor rata-rata penilaian ahli materi adalah sebesar 3,38; skor rata-rata penilaian ahli media adalah sebesar 3,69; skor rata-rata penilaian guru adalah sebesar 3,58,
3. Respon peserta didik terhadap alat peraga fisika momen inersia berbasis Arduino UNO masuk ke dalam kategori Sangat Baik dengan skor rata-rata 0,97 dan keterlaksanaan alat persaga fisika momen inersia berbasis Arduino UNO menunjukkan bahwa alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO dapat digunakan untuk menjelaskan bahwa momen inersia merupakan sebuah konsep yang berkaitan dengan gerak rotasi benda, momen inersia dipengaruhi oleh massa, serta momen inersia dipengaruhi oleh besar jari-jari benda, dalam pembelajaran.

## **B. Keterbatasan Penelitian**

Terdapat beberapa hal yang menjadi keterbatasan dalam proses penelitian yang dilakukan, yaitu

1. Dalam bukunya, Borg dan Gall menyarankan untuk penelitian setingkat tesis agar menggunakan langkah-langkah penelitian sampai pada tahap ke-6,
2. Keterbatasan ketersediaan peralatan pengembangan alat peraga, termasuk di dalamnya tidak adanya alat potong akrilik dan alat kalibrasi pengukuran kecepatan sudut,
3. Keterbatasan bahan pengembangan, karena pengembangan alat peraga momen inersia memerlukan beberapa bahan yang cukup mahal,
4. Keterbatasan sumber dokumentasi, termasuk di dalamnya kode sumber dan pemilihan pin yang digunakan.

## **C. Saran Pemanfaatan dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut**

### **1. Saran Pemanfaatan**

Produk berupa alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO ini dapat digunakan untuk demonstrasi dalam memperjelas konsep momen inersia dan konsep torsi bagi guru dalam pembelajaran, serta dapat digunakan sebagai alat praktikum bagi peserta didik.

## 2. Saran Pengembangan

Alat peraga momen inersia berbasis Arduino Uno dapat dikembangkan dengan penambahan variasi bentuk benda untuk menjelaskan momen inersia benda selain cakram, peningkatan sumber daya agar alat dapat digunakan pada sekolah yang tidak memiliki sumber listrik memadai, serta peningkatan LKPD untuk lebih meningkatkan nilai kependidikan dari alat peraga momen inersia berbasis Arduino UNO.

## DAFTAR PUSTAKA

ATMEL. (2009). *8-bit AVR Microcontroller with 4/5/16/32K Bytes In-System Programmable Flash*. Diakses pada tanggal 11 februari 2015 pukul 02:50 dari <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>

Andrew Duffy & Ali Loewy (27 Juli 2000). *Atwood's Machine*. Diakses pada tanggal 30 Januari 2017 pukul 01.00 WIB, dari [http://physics.bu.edu/~duffy/semester1/c5\\_atwood.html](http://physics.bu.edu/~duffy/semester1/c5_atwood.html)

Arsyad, Azhar. (2011). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Banzi, Massimo. (2011). *Getting Started with Arduino Second Edition*. Sebastopol: O'Reilly Media.

Bayle, Julien. (2013). *C Programming for Arduino*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.

Bri Huang. (2003). *Vernier Shield Hookup Guide*. Diakses pada tanggal 7 Februari 2017 pukul 16.00 WIB, dari <https://learn.sparkfun.com/tutorials/vernier-shield-hookup-guide/example-2---photogate-timer>

Delta Elektronik (16 Agustus 2008). *M1632 Module LCD 16 x 2 Baris (M1632)*. Diakses tanggal 11 Februari 2015, dari <http://delta-electronic.com/article/wp-content/uploads/2008/09/an0034.pdf>.

Departemen Pendidikan nasional. (2007). *Naskah Akademik Kajian Kebijakan kurikulum Mata Pelajaran IPA*. Jakarta: Pusat Kurikulum Badan Penelitian Dan Pengembangan Departemen Pendidikan Nasional.

\_\_\_\_\_. (2004). *Media Pembelajaran*. Disampaikan di pusat penataran guru bahasa maret 2004.

\_\_\_\_\_. (2010). Peraturan menteri pendidikan nasional nomor 35, Tahun 2010, tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya.

Direktorat Pembinaan SMA Dirjen Pendidikan Menengah Kemendikbud. (2011). *Panduan Pembuatan Alat Peraga Fisika Sederhana untuk SMA*. Jakarta: Kemendikbud.

Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R.. (1989). *Educational Research An Introduction Five Edition*. Boston: Pearson Education, Inc.

\_\_\_\_\_. (2003). *Educational Research An Introduction Seventh Edition*. Boston: Pearson Education, Inc.

Greenslade, T. B., Jr (1985). *Instruments for Natural Philosophy*. Diakses pada tanggal 30 Januari 2017 pukul 01.00 WIB, dari <http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/>

Muhammad Farchani Rosyid, Eko Firmansah, & Yusuf Dyan Prabowo. (2014). *Fisika Dasar Jilid I: Mekanika*. Yogyakarta: Penerbit Periuk.

Sudjana, Nana. (2010). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

Sudjana, Nana dan Rivai, Ahmad. (1989). *Teknologi Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru OFFSET.

Sugiyono. (2012). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

\_\_\_\_\_. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.

Tipler, Paul A. (1998). *Fisika I Sains dan Teknik* (Terjemahan Lea Prasetio dan Rahmad W. Adi). Jakarta: Erlangga.

Widoyoko, Eko Putro. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

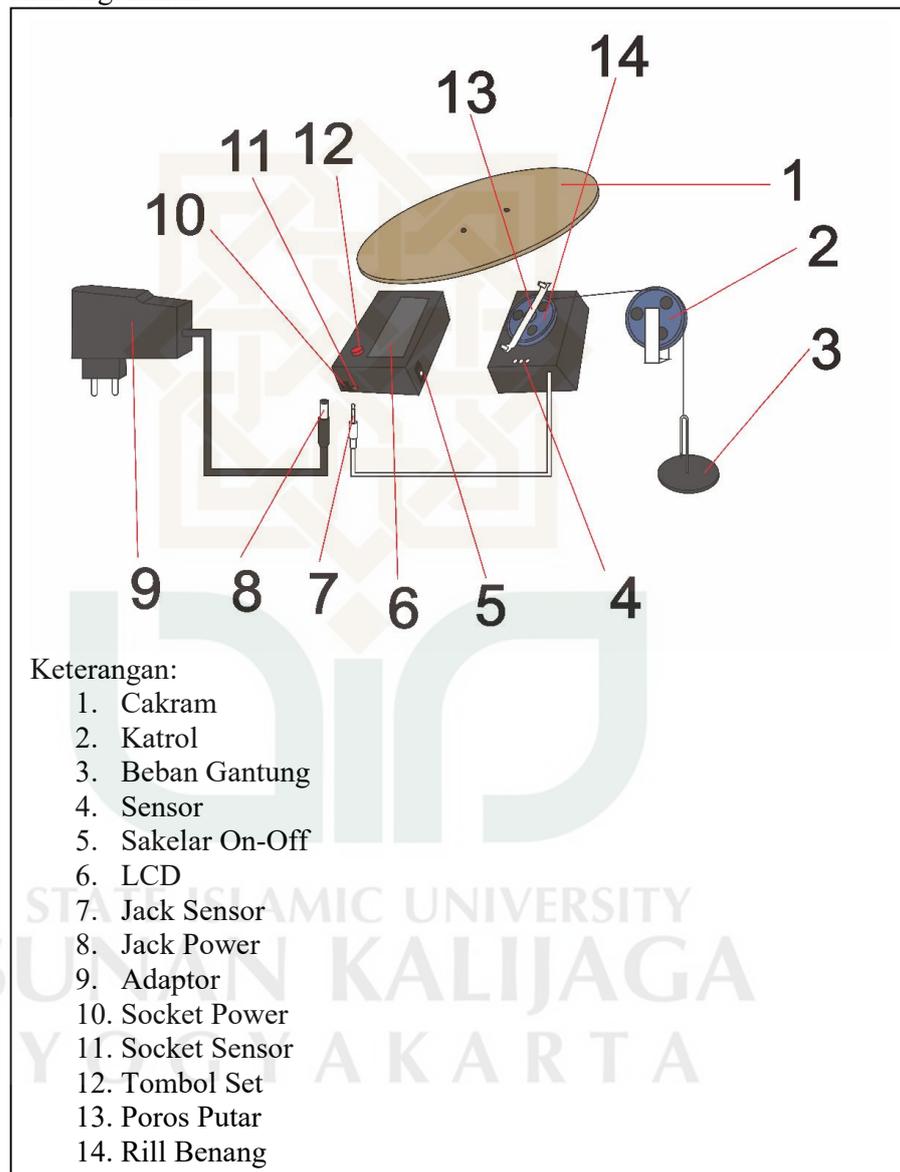
Young, H. D. & Freedman, R. A.. (2002). *Fisika Universitas jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Zulirfan, Ersya Desmelinda, & Hendar Sudrajad. (2011). *Pengembangan Perangkat percobaan Momen Inersia dan Keseimbangan Benda Tegar Sebagai Media Pembelajaran Fisika SMA*. Jurnal Pendidikan Volume 2, No. 2, 2011 ISSN 2086-4779

### Lampiran 1.a. Panduan Penggunaan Alat Peraga Momen Inersia

#### PANDUAN PENGGUNAAN ALAT PERAGA MOMEN INERSIA UNTUK GURU

1. Sebelum mulai demonstrasi jelaskan bagian-bagian dari alat peraga yang akan digunakan.



2. Jelaskan cara menggunakan alat peraga momen inersia.

Susunan Alat

Keterangan:

1. Adaptor
2. Socket Power
3. Tombol Set
4. Socket Sensor
5. Box Sensor
6. Cakram
7. Katrol
8. Beban Gantung
9. LCD

Cara memasang:

- a. Pasangkan jack sensor ke soket sensor
- b. Pasangkan jack power ke soket power
- c. Tancapkan adaptor ke sumber listrik
- d. Hidupkan sakelar
- e. Lilitkan benang pada rill, sisakan sampai ujung benang satunya agar dapat terpasang di katrol.
- f. Pasang cakram pada poros putar.
- g. Pegangi cakram, pasang beban gantung.
- h. Tekan tombol set, lalu lepaskan cakram.
- i. Baca nilai  $T$  dan  $\omega$  yang tercatat oleh LCD.  $T$  merupakan periode, yaitu banyaknya waktu yang diperlukan untuk satu kali putaran.  $\omega$  yaitu kecepatan sudut benda setelah satu putaran.

3. Bagikan lembar LKPD Momen Inersia yang telah disediakan, kemudian instruksikan peserta didik untuk melengkapi data diri.
4. Tunjuk dua orang peserta didik untuk mendemonstrasikan alat peraga momen inersia dan isi LKPD secara bersama-sama.
5. Instruksikan peserta didik untuk mengukur jari-jari cakram dengan variasi jari-jari (cakram dengan bahan yang sama tapi jari-jari berbeda) ( $r$ ), massa

cakram dengan variasi massa (cakram dengan jari-jari sama tapi bahannya berbeda)(m), massa beban gantung(M), dan jari-jari rill(R) sesuai dengan LKPD poin ke-2.

6. Instruksikan peserta didik untuk merangkai alat peraga dan memulai demonstrasi!
7. Instruksikan untuk mengisi LKPD pada poin ke-4.
8. Setelah selesai mengisi poin ke-4, mintalah beberapa peserta didik menyampaikan jawabannya. Diskusikan!
9. Konfirmasi semua jawaban dari peserta didik bahwa:

**Dalam hal tersebut bekerjalah sebuah torsi. Torsi merupakan suatu kecenderungan gaya untuk mengubah gerak putar suatu benda. Torsi dapat mengakibatkan sebuah benda yang semula diam jadi berputar atau sebaliknya yang semula berputar jadi melambat putarannya(atau sampai berhenti). Beban gantung memiliki gaya berat sehingga terjatuh. Gaya yang dikenakan pada sebuah ujung jari-jari akan mengakibatkan sebuah torsi yang besarnya sama dengan  $\tau = rF \sin \theta$ . Nilai  $\sin \theta$  menunjukkan bahwa torsi akan bernilai maksimum jika sudut antara jari-jari dan arah gaya adalah  $90^\circ$ . Saat sudutnya  $90^\circ$  maka nilai torsinnya akan menjadi  $\tau = rF$ .**

10. Mintalah seluruh peserta didik untuk menghitung nilai torsi pada percobaan dengan cara mencari gaya yang bekerja dari gaya berat beban gantung dengan persamaan  $F = Mg$  dengan besar  $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ . Kemudian mencari torsi dengan persamaan  $\tau = FR$ . (Gunakan M= massa beban gantung, R= Jari-jari Rill benang)(sesuai dengan LKPD poin ke-5)
11. Instruksikan peserta didik untuk mengulangi demonstrasi dengan variasi jari-jari dan mengisi tabel pada poin ke-6 dan membuat grafik pada poin ke-7 pada LKPD.
12. Berilah waktu peserta didik untuk menyimpulkan hubungan jari-jari dengan Periode (T) yang diperoleh dengan mengisi LKPD poin ke-8! Lalu mintalah beberapa peserta didik menyampaikan kesimpulannya. Diskusikan!
13. Konfirmasi pendapat peserta didik bahwa:

**Semakin besar jari-jari benda maka semakin lama waktu untuk berputarnya. Hubungan tersebut terlihat dari perubahan periodenya. Perbedaan periode ini terjadi karena ada “momen inersia” yang membuat benda tersebut susah untuk berputar. Semakin besar jari-jari suatu benda, maka semakin besar momen inersia benda tersebut, sehingga menyebabkan benda semakin susah untuk digerakan (ditandai dengan semakin lama periodenya).**

14. Mintalah peserta didik untuk mengulangi demonstrasi dengan memvariasikan jenis bahan yang berbeda dan mengisi tabel ke-9 dan membuat grafik poin ke-10 pada LKPD.
15. Berilah waktu peserta didik untuk menyimpulkan hubungan jari-jari dengan periode (T) yang diperoleh dengan mengisi LKPD poin ke-11!

Mintalah beberapa peserta didik menyampaikan kesimpulannya. Diskusikan!

16. Konfirmasi pendapat peserta didik bahwa:

**Semakin besar massa benda maka semakin lama waktu untuk berputarnya. Hubungan tersebut dapat terlihat dari perubahan periodenya. Perbedaan periode ini terjadi karena ada momen inersia yang membuat benda tersebut susah untuk berputar. Semakin besar massa suatu benda, maka semakin besar momen inersia benda tersebut, sehingga menyebabkan benda semakin susah untuk digerakan (ditandai dengan semakin lama periodenya).**

17. Mintalah peserta didik untuk menuliskan kesimpulannya terkait dengan definisi momen inersia pada poin ke-12 pada LKPD sesuai demonstrasi yang telah dilakukan.
18. Mintalah beberapa peserta didik untuk menyampaikan pendapatnya terkait Poin ke-12 dan diskusikan.
19. Konfirmasi pendapat peserta didik bahwa:

**Momen inersia merupakan ukuran resistensi atau kelembaman suatu benda terhadap perubahan gerak dalam rotasi. Momen inersia merupakan kecenderungan benda untuk mempertahankan posisinya terhadap gerak dalam rotasi. Momen inersia akan mengakibatkan sebuah benda diam akan sulit untuk diputar atau jika dalam keadaan berputar maka benda akan berputar secara konstan (kecepatan sudutnya konstan, tidak berubah). Dalam gerak translasi momen inersia dapat dianalogikan dengan massa. Massa yang mengakibatkan benda diam sulit digerakan atau benda bergerak dalam keadaan konstan, tidak bertambah atau berkurang kecepatannya. Besarnya momen inersia dipengaruhi oleh massa dan jari-jari sesuai percobaan yang dilakukan. Semakin besar massa atau jari-jari maka semakin besar momen inersia benda tersebut. Secara matematis momen inersia secara umum dituliskan sebagai  $\sum I_i = m_i r^2$**

20. Lalu mintalah peserta didik mendiskusikan poin ke-13 LKPD!
21. Konfirmasi jawaban peserta didik bahwa:

**Terlihat dari data semakin besar nilai momen inersia maka semakin kecil nilai kecepatan sudut yang dihasilkan. Hal ini menandakan bahwa semakin besar momen inersia maka perubahan kecepatan sudutnya akan semakin kecil, atau dengan kata lain percepatan yang didapatkan semakin kecil. Hal tersebut dapat kita analogikan dengan hukum II Newton.**

**Besarnya percepatan ( $a$ ) sebuah benda yang bergerak akan berbanding terbalik dengan besarnya massa ( $m$ ) dari benda tersebut dan berbanding lurus dengan besarnya total gaya ( $F$ ) yang bekerja pada benda tersebut.**

**Atau secara matematis dapat dituliskan dengan persamaan**

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

**Kalau dalam gerak rotasi, percepatan ( $a$ ) dapat menjadi analogi dari sebagai percepatan sudut ( $\alpha$ ), gaya ( $F$ ) analogi dari besarnya torsi ( $\tau$ ) yang bekerja, dan massa ( $m$ ) analogi dari momen inersia ( $I$ ) dari benda putar. Atau dapat dituliskan dalam persamaan**

$$\alpha = \frac{\sum \tau}{I} \text{ atau dapat dituliskan sebagai } \sum \tau = I\alpha$$

**Semakin besar momen inersia ( $I$ ) suatu benda, semakin besar torsi ( $\tau$ ) yang diperlukan untuk mengubah keadaan rotasinya. Semakin besar torsinya ( $\tau$ ) maka semakin besar percepatan sudut ( $\alpha$ ) yang bekerja pada suatu benda.**

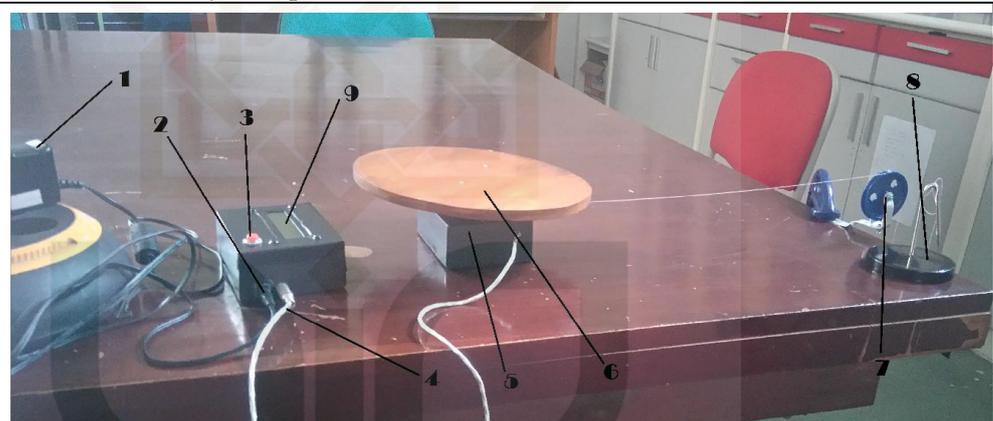
22. Berikan tugas kepada peserta didik untuk mengisi tabel pada poin ke-14 LKPD sesuai dengan metode analisa data yang diberikan.

**Lampiran 1.b. Lembar Kerja Peserta Didik Momen Inersia**  
**LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK**  
**MOMEN INERSIA**

1. Pilih dua orang teman kalian untuk melakukan demonstrasi menggunakan alat peraga momen inersia!
2. Sebelum memulai demonstrasi, mintalah teman yang di depan untuk mengukur panjang jari-jari masing-masing cakram ( $r$ ), massa cakram ( $m$ ), massa beban gantung ( $M$ ), dan jari-jari rol penggulung benang ( $R$ )! (Catatlah hasil pengukurannya!)

$r_1 =$	$m_1 =$	$M =$
$r_2 =$	$m_2 =$	$R =$
$r_3 =$	$m_3 =$	

3. Susunlah alat menjadi seperti berikut ini:



Keterangan:

1. Adaptor
2. Socket Power
3. Tombol Set
4. Socket Sensor
5. Box Sensor
6. Cakram
7. Katrol
8. Beban Gantung
9. LCD

4. Saat beban gantung mulai terjatuh, apakah yang terjadi pada cakram? kenapa bisa begitu?

5. Hitunglah besar torsi yang digunakan pada alat peraga momen inersia dengan menggunakan persamaan  $\tau = FR$  dengan  $F = Mg$  dan besar  $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$  !

6. Ulangi demonstrasi menggunakan cakram dengan variasi jari-jari! Catatlah nilai Periode (T) dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) yang tertera pada LCD!

$r$ (m)	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)

7. Gambarkan grafik hubungan antara dengan  $r^2$  dengan T!



8. Berdasarkan grafik di atas, bagaimanakah hubungan antara jari-jari dengan periode (T)? Coba jelaskan!

9. Ulangi demonstrasi menggunakan cakram dengan variasi jari-jari!  
Catatlah nilai  $T$  dan  $\omega$ !

$m$ (Kg)	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)

10. Gambarkan grafik hubungan antara dengan  $m$  dengan  $T$ !



11. Berdasarkan grafik di atas, bagaimanakah hubungan antara massa dengan periode ( $T$ )? Coba jelaskan!

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

12. Berdasarkan demonstrasi yang dilakukan, coba jelaskan apa yang dimaksud momen inersia?

YOGYAKARTA

13. Bagaimanakah hubungan antara momen inersia dengan perubahan kecepatan sudut setelah satu putaran?

14. Hitung besarnya momen inersia setiap cakram seperti analisis data yang diberikan! Tuliskan hasilnya pada tabel berikut ini!

a. Variasi Jari Jari

$r$ (m)	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)	$\alpha$ (rad/s <sup>2</sup> )	$I$ (Kgm <sup>2</sup> )

b. Variasi Massa

$m$ (Kg)	$T$ (s)	$\omega$ (rad/s)	$\alpha$ (rad/s <sup>2</sup> )	$I$ (Kgm <sup>2</sup> )

Analisis Data

1. Mencari percepatan sudut

$$\alpha = \frac{\omega}{T}$$

2. Mencari I

$$I = \frac{\tau}{\alpha}$$



**Lampiran 1.c. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran**  
**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN**  
**(RPP)**

**Sekolah** : MAN Karanganom  
**Kelas/ Semester** : XI (Sebelas)/ II  
**Mata Pelajaran** : FISIKA  
**Alokasi Waktu** : 2 x 45'

**Standar Kompetensi**

2. Menerapkan konsep dan prinsip mekanika klasik sistem kontinu dalam menyelesaikan masalah

**Kompetensi Dasar**

- 2.1 Menformulasikan hubungan antara konsep torsi, momentum sudut, dan momen inersia, berdasarkan hukum II Newton serta penerapannya dalam masalah benda tegar

**Indikator Pencapaian Kompetensi**

1. Kognitif  
Memformulasikan hubungan torsi dengan momen inersia berdasarkan hukum II Newton
2. Psikomotorik  
Membaca alat ukur

**A. Tujuan Pembelajaran**

1. Kognitif  
Setelah mengikuti proses pembelajaran, siswa dapat:
  - a. Menjelaskan pengertian dan konsep Torsi
  - b. Menjelaskan pengertian dan konsep momen inersia
  - c. Menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi momen inersia dan torsi
  - d. Menjelaskan pengaruh torsi dan momen inersia terhadap gerak rotasi suatu benda
  - e. Menentukan hubungan torsi dengan momen inersia berdasar hukum II newton
  - f. Menentukan nilai momen inersia suatu benda
  - g. Menghitung besarnya torsi yang bekerja pada suatu benda
2. Psikomotorik  
Setelah demonstrasi, siswa dapat:
  - a. Membaca alat ukur
  - b. Menggunakan alat peraga momen inersia

**B. Materi Pokok Pembelajaran**

Torsi merupakan suatu kecenderungan gaya untuk mengubah gerak putar suatu benda. Torsi dapat mengakibatkan sebuah benda yang semula diam jadi berputar atau sebaliknya yang semula berputar jadi melambat putarannya (atau sampai berhenti). Beban gantung memiliki gaya berat sehingga terjatuh. Gaya yang dikenakan pada sebuah ujung jari-jari akan mengakibatkan sebuah torsi yang besarnya sama dengan  $\tau = rF \sin \theta$ . Nilai  $\sin \theta$  menunjukkan

bahwa torsi akan bernilai maksimum jika sudut antara jari-jari dan arah gaya adalah  $90^\circ$ . Saat sudutnya  $90^\circ$  maka nilai torsinya akan menjadi  $\tau = rF$ .

Momen inersia merupakan ukuran resistensi atau kelembaman suatu benda terhadap perubahan gerak dalam rotasi. Momen inersia merupakan kecenderungan benda untuk mempertahankan posisinya terhadap gerak dalam rotasi. Momen inersia akan mengakibatkan sebuah benda diam akan sulit untuk diputar atau jika dalam keadaan berputar maka benda akan berputar secara konstan (kecepatan sudutnya konstan, tidak berubah). Dalam gerak translasi momen inersia dapat dianalogikan dengan massa. Massa yang mengakibatkan benda diam sulit digerakan atau benda bergerak dalam keadaan konstan, tidak bertambah atau berkurang kecepatannya. Besarnya momen inersia dipengaruhi oleh massa dan jari-jari sesuai percobaan yang dilakukan. Semakin besar massa atau jari-jari maka semakin besar momen inersia benda tersebut. Secara matematis momen inersia secara umum dituliskan sebagai  $\sum I_i = m_i r^2$ .

Hubungan Torsi dan momen inersia dapat kita analogikan seperti hukum II Newton. Besar gaya untuk mengubah gerak benda akan sebanding dengan massa benda. Semakin besar massa benda ( $m$ ) maka semakin besar gaya ( $F$ ) yang dibutuhkan untuk menggerakkan benda tersebut. Dan semakin besar gaya ( $F$ ) yang diberikan semakin besar pula percepatan ( $a$ ) gerak benda tersebut. Atau secara matematis dapat dituliskan  $\sum F = ma$ . Kalau dalam gerak rotasi dituliskan  $\sum \tau = I\alpha$ . Semakin besar momen inersia ( $I$ ) suatu benda, semakin besar torsi ( $\tau$ ) yang diperlukan untuk mengubah keadaan rotasinya. Semakin besar torsinya ( $\tau$ ) maka semakin besar percepatan sudut ( $\alpha$ ) yang bekerja pada suatu benda.

### C. Model dan Metode Pembelajaran

1. Model : Direct instruction
2. Metode : Demonstrasi Terstruktur

### D. Langkah-langkah Pembelajaran

Kegiatan	Langkah Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan	<p><b>Orientasi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivasi dan apresepsi:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pernahkah kalian melihat orang menggunakan kunci pas untuk membuka baut?</li> <li>✓ Kenapa bautnya bisa berputar?</li> </ul> </li> <li>• Prasyarat pengetahuan               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Konsep kecepatan sudut dan percepatan sudut</li> <li>✓ Konsep gaya berat</li> </ul> </li> </ul>	10'
Inti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eksplorasi</li> </ul> <p><b>Presentasi/ Demonstrasi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guru memberikan LKPD tentang</li> </ul>	70

	<p>materi momen inersia kepada peserta didik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guru menunjuk dua orang peserta didik untuk mendemonstrasikan alat peraga momen inersia</li> <li>✓ Guru menginstruksikan peserta didik mengisi LKPD sesuai dengan data-data yang diperoleh dalam demonstrasi momen inersia</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Elaborasi</b></li> <li>• <b>Bimbingan</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guru menginstruksikan siswa untuk menganalisis data dan menuliskan hasilnya pada LKPD</li> <li>✓ Guru menunjuk beberapa peserta didik untuk menyampaikan hasil analisisnya.</li> <li>✓ Secara bersama-sama guru mengajak peserta didik berdiskusi tentang hasil analisis peserta didik</li> </ul> </li> <li>• <b>Konfirmasi</b></li> <li>• <b>Menilai kerja dan umpan balik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guru mengkonfirmasi setiap jawaban dan pendapat dari peserta didik.</li> <li>✓ Guru menanyakan pemahaman peserta didik dan menjelaskan ulang bagian yang belum dipahami peserta didik</li> </ul> </li> </ul>	
Penutup	<p><b>Kesempatan Berlatih</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan tugas rumah untuk menyelesaikan LKPD poin terakhir yaitu mencari momen inersia cakram</li> </ul>	10'

#### E. Sumber Pembelajaran

1. Tipler, Paul A. 1998. *Fisika I Sains dan Teknik*(Terjemahan Lea Prasetio dan Rahmad W. Adi). Jakarta: Erlangga. Hlm. 262-267
2. Young, H. D. & Freedman, R. A.. 2002. *Fisika Universitas jilid I*. Jakarta: Erlangga. Hlm. 266-291

#### F. Penilaian

1. Penilaian Kognitif
  - Teknik penilaian: tes tertulis
  - Bentuk instrumen: uraian
  - Kisi-kisi/Rubrik penilaian: (terlampir)
2. Penilaian psikomotorik
  - Teknik penilaian: non tes (observasi/ pengamatan)

- Bentuk instrumen: lembar Observasi(skala Likert)  
Kisi-kisi/ rubrik penilaian: (terlampir)  
3. Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM)  
KKM: 75

**Mengetahui,  
Kepala MAN Karang Anom**

**Klaten,**

**2015**

**Guru Mapel Fisika**

---

**NIP.**

**NIP.**



## Materi Ajar

### 1. Kecepatan Angular dan Percepatan Angular

#### a. Kecepatan Angular (Kecepatan Sudut)

Dalam bukunya, Fisika Untuk Sains dan Teknik, Tipler (1998: 262) menyatakan bahwa kecepatan angular merupakan laju perubahan sudut terhadap waktu. Menurut Young dan Freedman (2002: 266), kecepatan angular dibagi menjadi dua yaitu kecepatan angular rata-rata dan kecepatan angular sesaat. Kecepatan angular rata-rata  $\omega_{rt}$  dari benda tersebut selama selang waktu  $\Delta t = t_2 - t_1$  sebagai rasio perpindahan sudut  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$  terhadap selang waktunya  $\Delta t$ ,

$$\omega_{rt} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \dots\dots\dots(1)$$

edangkan kecepatan angular sesaat  $\omega$  merupakan limit dari kecepatan angular rata-rata  $\omega_{rt}$  saat selang waktunya  $\Delta t$  mendekati nol,

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \dots\dots\dots(2)$$

Besarnya kecepatan angular dinamakan kelajuan angular dan memiliki satuan radian per sekon (Tipler, 1998:263).

#### b. Percepatan Angular

Ketika kecepatan angular benda tegar mengalami perubahan, berarti benda tersebut memiliki percepatan angular (Young dan Freedman, 2002: 267). Laju perubahan kecepatan angular terhadap waktu dinamakan percepatan angular (Tipler, 1998: 263). Menurut Young dan Freedman (2002: 267-268), Percepatan angular rata-rata merupakan kecepatan sudut dibagi selang waktunya,

$$\alpha_{rt} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \dots\dots\dots(3)$$

dan percepatan angular sesaat adalah limit percepatan angular rata-rata saat selang waktu mendekati nol,

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \dots\dots\dots(4)$$

Satuan percepatan angular adalah radian per sekon persekon ( $\text{rad/s}^2$ ) (Tipler, 1998: 263).

## 2. Momen Inersia

Momen inersia adalah ukuran resistansi/kelembaman sebuah benda terhadap perubahan dalam gerak rotasi. Momen inersia ini tergantung pada distribusi massa benda relatif terhadap sumbu rotasi. Momen inersia adalah sifat benda, seperti massa yang merupakan sifat benda yang mengukur kelembamannya terhadap perubahan dalam gerak translasi (Tipler, 1998: 267).

$$I = \sum_i m_i r^2 \dots\dots\dots(5)$$

Dalam persamaan ini, jarak adalah jarak dari partikel ke- $i$  ke sumbu rotasi.

## 3. Torsi

Ukuran kuantitatif dari kecenderungan sebuah gaya untuk menyebabkan atau mengubah gerak rotasi dari suatu benda disebut torsi (Young dan Freedman, 2002: 291). Tipler (1998: 266) menyatakan bahwa hasil kali sebuah gaya dengan lengannya dinamakan torsi.

$$\tau = rF \sin \theta \dots\dots\dots(6)$$

Hubungan antara torsi dan momen inersia dapat kita analogikan dari hukum kedua Newton. Persamaan dari analogi tersebut adalah

$$\tau = I\alpha \dots\dots\dots(7)$$

**Penilaian kognitif**

Contoh tes uraian

1. Jelaskan apa saja yang dimaksud dengan besaran –besaran dibawah ini:

a. Momen Inersia

b. Torsi

Jelaskan pula hubungan dari kedua jenis besaran tersebut!

1 soal bernilai 2 poin

Keterangan	Nilai
Mampu menjawab soal a	0,5
Mampu menjawab soal b	0,5
Mampu menjawab hubungan momen inersia dan torsi	1
<b>Total</b>	<b>2</b>

2. Sebuah batang yang diam memiliki massa 10 gram dan panjang 7 cm. Kemudian benda tersebut diputar dengan tengah-tengahnya sebagai porosnya. percepatan sudut yang bekerja adalah 5 rad/s
- <sup>2</sup>
- . Maka berapakah nilai torsi yang menyebabkan benda tersebut berputar?

1 Soal bernilai 4

Keterangan	Nilai
Mampu menuliskan persamaan momen inersia batang	1
Mampu menyelesaikan besarnya momen inersia batang	1
Mampu menuliskan persamaan hubungan torsi dengan momen inersia	1
Mampu menyelesaikan perhitungan mencari torsi	1
<b>Total</b>	<b>4</b>

3. Sebuah cakram diam memiliki jari-jari 10 cm dan massa 5 gram. Jika sebuah gaya sebesar 10N mengenai sisi cakram dengan arah tegak lurus jari-jarinya, maka berapa kecepatan sudut setelah berputar 2 sekon?

1 soal bernilai 8

Keterangan	Nilai
Mampu menuliskan persamaan momen inersia untuk cakram	1
Menyelesaikan persamaan momen inersia cakram	1
Menuliskan persamaan mencari torsi	1
Menyelesaikan persamaan mencari torsi	1
Menuliskan hubungan momen inersia dengan torsi	1
Menyelesaikan perhitungan mencari percepatan sudut	1
Menuliskan persamaan mencari kecepatan dari percepatan sudut	1
Menyelesaikan perhitungan mencari kecepatan sudut	1
<b>Total</b>	<b>8</b>

**Penilaian Psikomotorik**

No.	Nama	Skor Aspek		Jumlah skor	nilai
		1	2		
1					
2					
3					
...					

**Keterangan**

No	Aspek	Indikator	Skor
1	Menggunakan alat ukur	Mampu menggunakan mistar dan neraca	3
		Mampu menggunakan salah satu alat ukur	2
		Tidak bisa sama sekali	1

**Nilai Afektif**

Jumlah Skor	Nilai
6	A
5	B
4	C
1-3	D

### Lampiran 1.d. Kode Sumber Alat Peraga Momen Inersia

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,9,8);
// mode variable definitions
#define GATE_MODE 1
#define PULSE_MODE 2
#define PENDULUM_MODE 3

#define bufferSize 150 // Sets the size of the circular buffer for
storing interrupt data events. Increasing this may cause erratic
behavior of the code.

#define DELIM '\t' // this is the data delimiter. Default setting
is a tab character ("\t")

const int baudRate = 9600; // Baud rate for serial communications.
Increase this for high data rate applications (i.e. smart pulley)

unsigned int refreshRate = 250; // sets # of milliseconds between
refreshes of LED Display

const int buttonPin = 6; // default buttonPin on Vernier Shield
const int ledPin = 4; // re-purposed pin 13 to tie to the Serial 7
Segment
const int ledPin1 = 5;

const int photogatePin = 2; // default pin if plugged into Digital 1
on SparkFun Vernier Shield

int mode = 1; // sets the default mode of operation
// Mode 1 -- Gate, Mode 2 -- Pulse, Mode 3 -- Pendulum

int lastState;

```

```
int currTimeDigits;

unsigned long currTime;

unsigned long timerOffset = 0;

unsigned int displayIndex; // the current item that has been
displayed to the Serial Monitor from the data buffer.

unsigned int count; // tracks the total # of data entries

char tempString[4]; // String buffer to store for sending to the
serial 7 segment display

volatile int photogate = HIGH;

volatile int start = 0; // 1 == start, 0 == stop

volatile unsigned int numBlocks;

volatile unsigned long startTime; //Time in us

volatile unsigned long stopTime; //Time in us

volatile byte dataIndex;

volatile byte displayCount; // stores the number of items in data
Buffer to be displayed

volatile byte state[bufferSize];

volatile unsigned long time_us[bufferSize]; // Time in us

volatile unsigned long tralala;

volatile unsigned long trilili;

void setup()
{
  attachInterrupt(0, photogateEvent, CHANGE);
  pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(ledPin1, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin1, HIGH); delay (200);
  digitalWrite(ledPin1, LOW); delay (200);
  digitalWrite(ledPin1, HIGH);
  Serial.begin(9600); // set up Serial library at 9600 bps
```

```

    displayHeader();
    lcd.begin(16, 2);
    resetCount();
}; // end of setup

void loop ()
{
    if (displayCount > 0) // only display to Serial monitor if an
interrupt has added data to the data buffer.
    {
        tralala = (time_us[displayIndex] - time_us[displayIndex-1]);
        trilili = (time_us[displayIndex] - time_us[displayIndex-2]);
        count++;
        Serial.print(count);
        Serial.print(DELIM); //tab character
        Serial.print(state[displayIndex]);
        Serial.print(DELIM); //tab character
        Serial.print((time_us[displayIndex] - timerOffset) / 1E6, 6);
// at least 6 sig figs
        Serial.print(DELIM);
        Serial.print((time_us[displayIndex] - time_us[displayIndex-1]) /
1E6, 6);
        Serial.println();
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("periode= ");    lcd.print(trilili / 1E6, 3); //
lcd.print(" s");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("omega= ");    lcd.print(tralala / 1E6, 3); //
lcd.print(" s");
        displayIndex++;
        if(displayIndex >= bufferSize)
        {

```

```

        displayIndex = 0;
    }
    displayCount--; // deduct one
}
} // end of loop

void resetCount()
{
    dataIndex = 0;
    displayIndex = 0;
    count = 0;
    numBlocks = 0;
    start = 0;
    Serial.println();
    Serial.println("*****Reset*****");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("periode=0"); //lcd.print(tralala / 1E6, 3); //
    lcd.print(" s");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("omega=0"); //lcd.print(trilili / 1E6, 3); //
    lcd.print(" s");
    Serial.println();
    timerOffset = micros();
    digitalWrite(ledPin1, LOW); delay (200);
    digitalWrite(ledPin1, HIGH); delay (200);
    digitalWrite(ledPin1, LOW); delay (200);
    digitalWrite(ledPin1, HIGH);
}

void photogateEvent()
{

```

```
time_us[dataIndex] = micros();

photogate = digitalRead(photogatePin);

if (photogate == 1)
{
    state[dataIndex] = 0; // reverses the result so that 1 =
blocked, 0 = open
    digitalWrite(ledPin, LOW); // turns the indicator LED off
}
else
{
    state[dataIndex] = 1; // normal operation is 1
= open and 0 = blocked
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // turns the indicator LED on
}
displayCount++; // add one to "to be displayed" buffer

dataIndex++;
if(dataIndex >= bufferSize)
{
    dataIndex = 0;
}
}

void displayHeader()
{
    Serial.println("Vernier Format 2");
    Serial.println();
    Serial.print("Event");
    Serial.print(DELIM);
    Serial.print("Blocked");
}
```

```
Serial.print (DELIM);  
Serial.print ("Time      ");  
Serial.println();  
  
// Units  
Serial.print("#");  
Serial.print (DELIM);  
Serial.print ("(n/a)");  
Serial.print (DELIM);  
Serial.print ("(s)      ");  
Serial.println();  
Serial.println("-----");  
}
```

## Lampiran 2.a. Daftar Validator, Penilai, Pengamat, dan Peserta Didik

### A. Daftar Validator

#### 1. Validator Instrumen

Nama	Siti Fatimah, M. Pd
NIP	-
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

Nama	Dwi Ariyanti, M.Pd
NIP	-
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

#### 2. Validator Produk

Nama	Drs. H. Aris Munandar, M. Pd
NIP	4902158
Instansi	UST
Bidang Keahlian	Fisika

Nama	Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc
NIP	198706302015031003
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

### B. Penilai

#### 1. Ahli Materi

Nama	Chalis Setyadi, M.Sc
NIP	-
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Fisika

Nama	Asih Melati, S. Si., M. Sc
NIP	198411102011012017
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Pendidikan Fisika

#### 2. Ahli Media

Nama	Aulia Faqih Rifai, M. Kom
NIP	198603062011011009
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Pemrograman dan Multimedia

Nama	Win Indra Gunawan, S. Si
NIP	197411162009011004
Instansi	UIN Sunan Kalijaga
Bidang Keahlian	Fisika

## 3. Guru

Nama	Fayakun Muchlis, S. Pd. Si
NIP	-
Instansi	MA Hidayatullah
Bidang Keahlian	Fisika

Nama	Drs. Susilo Catur Santosa, S. Pd
NIP	1196711231995121001
Instansi	MAN I Karanganom
Bidang Keahlian	Fisika

## C. Observer Keterlaksanaan

Nama	Sulis Priyanto
NIM	10690048
Instansi	UIN Sunan Kalijaga

Nama	Dwi Yuliyanto, S. Pd.
NIP	-
Instansi	SMPIT Muh. Annajah Jatinom

## D. Daftar Peserta Didik

## 1. Preliminary Field Test

1	Silvia Fatmawati	MAN I Karanganom
2	Nurwiyanti	MAN I Karanganom
3	Sukma Rahmadhani	MAN I Karanganom
4	Mila Indah Lestari	MAN I Karanganom
5	Kurnia Santi	MAN I Karanganom
6	Sinta Purna	MAN I Karanganom
7	Siwi Damayanti	MAN I Karanganom
8	Rafika Ayu Nur Azizah	MAN I Karanganom
9	M. Choirudin A. M.	MAN I Karanganom
10	Afifa Salsabila	MAN I Karanganom

2. *Main Field Test*

1	Hela Riasmana	MAN I Karanganom
2	Putri Ayu Geno Damar A.	MAN I Karanganom
3	Dimas Tri Prasetyo	MAN I Karanganom
4	Erna Dwi Saputri	MAN I Karanganom
5	Jimmy Cahya M.	MAN I Karanganom
6	Roshela Arista	MAN I Karanganom
7	Alvian Dwi Cahyo	MAN I Karanganom
8	Andri	MAN I Karanganom
9	Ixvan Arvian Zhah	MAN I Karanganom
10	Atik Lestari	MAN I Karanganom
11	Septyana Damayanti	MAN I Karanganom
12	Fitri Handayani	MAN I Karanganom
13	Intan Wulandari	MAN I Karanganom
14	Rois Maulana	MAN I Karanganom
15	Agata Dhea Septiana	MAN I Karanganom
16	Sindi Sundari	MAN I Karanganom
17	Fifa Chofifah Putriani	MAN I Karanganom
18	Abdul Aziz	MAN I Karanganom
19	Ammar Zuhdi M.	MAN I Karanganom
20	N. Afif Syahrul S.	MAN I Karanganom
21	Puput Indah Khoula	MAN I Karanganom
22	Mulia Raharjo	MAN I Karanganom
23	Anggi Octaviana A.	MAN I Karanganom
24	Nur Indah Sari	MAN I Karanganom
25	Ridho Hafid	MAN I Karanganom
26	Dita Safitri	MAN I Karanganom
27	Eni Setyowati	MAN I Karanganom
28	Yasinta Alifah Fazamzami	MAN I Karanganom
29	Shakila Dwi Putri	MAN I Karanganom
30	Sekar Ambar Arum	MAN I Karanganom

## SURAT PERNYATAAN VALIDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siti Fatimah, M.Pd  
Instansi : Prodi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga  
Alamat instansi : Jl. Marsa Arsupto  
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

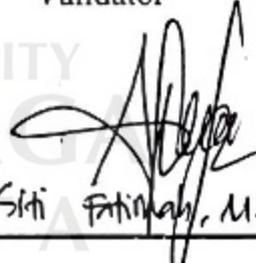
menyatakan bahwa saya telah melakukan validasi terhadap Instrumen penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil validasi ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 10 November 2015

Validator

  
Siti Fatimah, M.Pd

NIP : -

## SURAT PERNYATAAN VALIDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : *Drs H. Aris Munandar M.Pd.*  
Instansi : *UST*  
Alamat instansi :  
Bidang Keahlian : *Fisika*

menyatakan bahwa saya telah melakukan validasi terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil validasi ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta,

2016

Validator

*Drs H. Aris Munandar M.Pd.*  

---

*NIP: '4902108 .*

## SURAT PERNYATAAN VALIDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : *Norma Sidiq Risdianto*  
Instansi : *UIN Sunan Kalijaga*  
Alamat instansi : *.*  
Bidang Keahlian : *Fisika*

menyatakan bahwa saya telah melakukan validasi terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil validasi ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, *24. Agustus* 2016

Validator

*Norma Sidiq Risdianto*

NIP: *198706302015021003*

## SURAT PERNYATAAN PENILAIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arih Melati, S.Si, M.Sc  
Instansi : UIN Sunan Kalijaga, S.Si, M.Sc  
Alamat instansi : Jln Makruga Agi Wicakto No 1 Yogyakarta  
Bidang Keahlian : Fisika 1

menyatakan bahwa saya telah melakukan penilaian terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil penilaian ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 24 Agustus 2016

Penilai



Arih Melati, S.Si, M.Sc

NIP: 19841110201102017

## SURAT PERNYATAAN PENILAIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : CHALIS SETYADI  
Instansi : FISIKA UIN SUNAN KALIJAGA  
Alamat instansi :  
Bidang Keahlian : FISIKA

menyatakan bahwa saya telah melakukan penilaian terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil penilaian ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 24 Agustus 2016

Penilai

  
Chalis Setyadi

NIP:

## SURAT PERNYATAAN PENILAIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : *Aulita Fajil Nufri*  
Instansi : *VIN Sunan Kalijaga*  
Alamat instansi : *—*  
Bidang Keahlian : *Perencanaan & Media*

menyatakan bahwa saya telah melakukan penilaian terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : *Sukindar*  
NIM : *10690034*  
Program Studi : *Pendidikan Fisika*

Harapan saya, semoga hasil penilaian ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta,

2016

Penilai

*Aulita Fajil Nufri*

NIP: *19860506 20061 1009*

## SURAT PERNYATAAN PENILAIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Win Indra Gunawan, S.Si  
Instansi : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga  
Alamat instansi : Jl. Marsda Adipucyoto no.1  
Bidang Keahlian : Fisika

menyatakan bahwa saya telah melakukan penilaian terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil penilaian ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta,

2016

Validator

  
Win Indra Gunawan S.Si

NIP: 197411162009211004

## SURAT PERNYATAAN PENILAIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fayakun Muchlis  
Instansi : MA Hidayatullah  
Alamat instansi : Jalan Palagan km.14,5 Balong, Ngaglik, Sleman  
Bidang Keahlian : Fisika

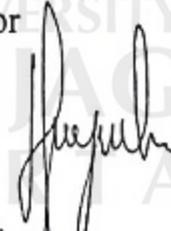
menyatakan bahwa saya telah melakukan penilaian terhadap Alat Peraga untuk penelitian dengan judul "Pengembangan Alat Peraga Fisika Momen Inersia Berbasis Arduino Uno untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI" yang disusun oleh:

Nama : Sukindar  
NIM : 10690034  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Harapan saya, semoga hasil penilaian ini dapat ditindaklanjuti sebagaimana mestinya guna menyempurnakan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Yogyakarta, 26 Agustus 2016

Validator

  
Fayakun Muchlis

NIP: -

**Lembar Validasi Instrumen Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar Untuk Ahli Instrumen)**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (√) pada kolom yang disediakan sesuai dengan penilaian yang Bapak/Ibu berikan terhadap instrumen penilaian alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.

Keterangan

**V** = Valid

**VDR** = Valid Dengan Revisi

**TV** = Tidak Valid

2. Masukkan kritik, saran, atau usulan Bapak/Ibu pada kolom “saran” apabila terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.
3. Masukkan penilaian lain kedalam kolom “keterangan” apabila terdapat aspek penilaian yang belum tercantum pada aspek yang disampaikan.
4. Berilah tanda centang (√) pada kesimpulan secara umum.
5. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Bapak/Ibu berikan.

**Indikator Validasi Instrumen**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Ahli Instrumen)**

1. Bahasa

- a. Kebenaran tata cara penulisan pernyataan pada instrumen alat peraga momen inersia.
- b. Ketepatan pemilihan kata yang digunakan dalam instrumen alat peraga momen inersia.

2. Konstruksi

- a. Kesesuaian pemilihan aspek-aspek yang digunakan dalam instrumen dengan teori tentang alat peraga.
- b. Kesesuaian pemilihan aspek-aspek yang digunakan dalam instrumen dengan teori tentang momen inersia.
- c. Kejelasan penulisan petunjuk penggunaan instrumen alat peraga momen inersia.

**KISI KISI INSTRUMEN PENILAIAN**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Ahli Instrumen)**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Bahasa	1,2	2
2	Konstruksi	3, 4, 5	3
<b>Jumlah</b>			<b>5</b>

**Lembar Validasi Instrumen Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar Untuk Ahli Instrumen)**

NO	KRITERIA	VALIDASI			SARAN
		V	VDR	TV	
1	Kebenaran tata cara penulisan pernyataan pada instrumen alat peraga momen inersia				
2	Ketepatan pemilihan kata yang digunakan dalam instrumen alat peraga momen inersia				
3	Kesesuaian pemilihan aspek-aspek yang digunakan dengan kriteria-kriteria alat peraga				

4	Kesesuaian pemilihan aspek-aspek dalam instrumen dengan materi momen inersia				
5	Kejelasan penulisan petunjuk penggunaan instrumen alat peraga momen inersia				

Keterangan:

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Kesimpulan secara umum Instrumen Alat peraga yang dikembangkan:

<b>VALID</b>	
<b>VALID DENGAN REVISI</b>	
<b>TIDAK VALID</b>	

....., ..... 2015

Validator,

NIP \_\_\_\_\_

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**Lembar Validasi**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar Untuk Ahli Media)**

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (√) pada kolom “validasi” sesuai dengan penilaian yang Bapak/Ibu berikan terhadap alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.

Keterangan

**V** = Valid

**VDS** = Valid Dengan Revisi

**TV** = Tidak Valid

2. Masukkan kritik, saran, atau usulan Bapak/Ibu pada kolom “saran” apabila terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.
3. Masukkan penilaian lain kedalam kolom “keterangan” apabila terdapat aspek penilaian yang belum tercantum pada aspek yang disampaikan.
4. Berilah tanda centang (√) pada kesimpulan secara umum.
5. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Bapak/Ibu berikan.

### **Indikator Validasi**

#### **Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**

##### **(Lembar untuk Ahli Media)**

1. Akurasi hasil pengukuran alat peraga momen inersia
  - a. Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia.
  - b. Nilai periode dan kecepatan sudut yang dihasilkan alat peraga momen inersia sangat teliti.
2. Komponen yang digunakan pada alat peraga momen inersia
  - a. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat alat peraga dapat bertahan lama.
  - b. Ketepatan pemilihan jenis sensor yang digunakan pada alat peraga momen inersia.
3. Konstruksi Alat peraga momen inersia
  - a. Ketepatan letak pemasangan tombol-tombol pada alat peraga momen inersia.
  - b. Keterbacaan LCD yang digunakan untuk menampilkan data alat peraga momen inersia.
4. Kelengkapan alat peraga
  - a. Kejelasan panduan penggunaan alat peraga momen inersia

- b. Kesesuaian LKPD dengan alat peraga momen inersia yang dikembangkan.
- 5. Langkah kerja alat peraga momen inersia
  - a. Kesesuaian variasi percobaan pada alat peraga dengan materi momen inersia



**KISI KISI INSTRUMEN**

**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**

**(untuk Ahli Media)**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Akurasi hasil pengukuran alat peraga momen inersia	1, 2	2
2	Komponen yang digunakan pada alat peraga momen inersia	3, 4	2
3	Konstruksi Alat peraga momen inersia	5, 6	2
4	Kelengkapan alat peraga	7, 8	2
5	Langkah kerja alat peraga momen inersia	9	1
<b>Jumlah</b>			<b>9</b>

**Lembar Validasi**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar Untuk Ahli Media)**

NO	ASPEK	VALIDASI			SARAN
		V	VDR	TV	
1	Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia				
2	Nilai periode dan kecepatan sudut yang dihasilkan alat peraga momen inersia sangat teliti				
3	Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat alat peraga dapat bertahan lama				
4	Ketepatan pemilihan jenis sensor yang digunakan pada alat peraga momen inersia				
5	Ketepatan letak pemasangan tombol-tombol pada alat peraga momen inersia				
6	Keterbacaan LCD yang digunakan untuk menampilkan data alat peraga momen inersia				
7	Kejelasan panduan penggunaan alat peraga momen inersia				
8	Kesesuaian LKPD dengan alat peraga momen				

	inersia yang dikembangkan				
9	Kesesuaian variasi percobaan pada alat peraga dengan teori momen inersia				

**KETERANGAN:**



Kesimpulan secara umum Alat peraga yang dikembangkan:

<b>VALID</b>	
<b>VALID DENGAN REVISI</b>	
<b>TIDAK VALID</b>	

....., ..... 2015

Validator,

\_\_\_\_\_

**NIP**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**Lembar Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Ahli Materi)**

**Nama Penilai** :  
**NIP** :  
**Intansi** :

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang (√) pada kolom “nilai” sesuai dengan penilaian yang Bapak/Ibu berikan terhadap alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.
2. Gunakanlah indikator penilaian pada lampiran untuk melakukan penilaian.  
**SB** = Sangat Baik, **B** = Baik, **K** = Kurang, dan **SK** = Sangat Kurang.
3. Masukkan kritik, saran, atau usulan Bapak/Ibu pada kolom “saran” apabila terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.
4. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Bapak/Ibu berikan.

**Lembar Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Ahli Materi)**

NO	ASPEK	KRITERIA	NILAI				SARAN
			SB	B	K	SK	
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	<p>1. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep momen inersia.</p> <p>Konsep momen inersia:</p> <p><b>a. Momen inersia dipengaruhi oleh massa benda,</b></p> <p><b>b. Momen inersia dipengaruhi oleh jari-jari benda,</b></p> <p><b>c. Momen inersia adalah suatu kelembaman yang dimiliki suatu benda, dan</b></p> <p><b>d. Pengaruh momen inersia terhadap gerak rotasi benda.</b></p>					

		<p>2. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep torsi</p> <p>Konsep torsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <b>Torsi merupakan ukuran kuantitatif sebuah gaya untuk mengubah gerak rotasi suatu benda,</b></li> <li>b. <b>Pengaruh torsi terhadap gerak melingkar sebuah benda,</b></li> <li>c. <b>Besarnya torsi dipengaruhi oleh gaya dan jari-jari, dan</b></li> <li>d. <b>Hubungan torsi dengan momen inersia.</b></li> </ul>				
2	Nilai Kependidikan	<p>3. Alat yang dikembangkan sesuai dengan tingkat perkembangan kognisi siswa SMA</p> <p>Tingkat perkembangan kognisi siswa SMA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <b>Berfikir logis (mempertimbangkan hal-hal yang penting dalam</b></li> </ul>				

		<p><b>mengambil kesimpulan)</b></p> <p><b>b. Berfikir berdasarkan hipotesa</b></p> <p><b>c. Menggunakan simbol-simbol</b></p> <p><b>d. Melakukan analisis terhadap data dan fakta</b></p>				
		<p>4. Alat peraga yang dikembangkan dapat menumbuhkan sikap ilmiah peserta didik.</p> <p>Sikap ilmiah yang dikembangkan:</p> <p><b>a. Rasa ingin tahu</b></p> <p><b>b. Respek terhadap data dan fakta</b></p> <p><b>c. Berpikir kritis</b></p> <p><b>d. Kreativitas</b></p> <p><b>e. Kerja sama dan sikap berpikiran terbuka</b></p>				

**Indikator Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Ahli Materi)**

1. Keterkaitan dengan bahan ajar
  - a. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep materi momen inersia.
  - b. Alat peraga yang dikembang sesuai dengan konsep torsi.
2. Nilai kependidikan
  - a. Alat yang dikembangkan sesuai dengan tingkat perkembangan kognisi siswa SMA
  - b. Alat peraga yang dikembangkan dapat menumbuhkan sikap ilmiah peserta didik.

**KISI KISI INSTRUMEN PENILAIAN**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Ahli Materi)**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	1,2	2
2	Nilai Kependidikan	3, 4	2
<b>Jumlah</b>			<b>4</b>

**Rubrik Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Ahli Materi)**

**A. Keterkaitan dengan Bahan Ajar**

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep materi momen inersia.	SB	Alat peraga dapat digunakan untuk: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. menerangkan konsep momen inersia yang dipengaruhi oleh massa benda,</li> <li>2. konsep momen inersia yang dipengaruhi oleh jari-jari benda,</li> <li>3. menjelaskan momen inersia adalah suatu kelembaman yang dimiliki suatu benda, dan</li> <li>4. pengaruh momen inersia terhadap gerak rotasi benda.</li> </ol>
		B	Alat peraga hanya memiliki tiga dari empat syarat dari poin SB
		K	Alat peraga hanya memiliki dua dari empat syarat dari poin SB
		SK	Alat peraga hanya memiliki satu dari empat syarat dari poin SB atau tidak ada sama sekali

2	Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep torsi.	SB	Alat peraga dapat digunakan untuk menjelaskan: <ul style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Torsi merupakan ukuran kuantitatif sebuah gaya untuk mengubah gerak rotasi suatu benda,</b></li> <li>2. <b>Pengaruh torsi terhadap gerak melingkar sebuah benda,</b></li> <li>3. <b>Besarnya torsi yang dipengaruhi oleh gaya dan jari-jari, dan</b></li> <li>4. <b>Hubungan torsi dengan momen inersia.</b></li> </ul>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB atau tidak ada sama sekali

B. Nilai kependidikan

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Alat yang dikembangkan sesuai dengan tingkat perkembangan kognisi siswa SMA	SB	Alat yang dikembangkan dapat mewadahi peserta didik dalam: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Berfikir logis (mempertimbangkan hal-hal yang penting dalam mengambil kesimpulan)</b></li> <li>2. <b>Berfikir berdasarkan hipotesa</b></li> <li>3. <b>Menggunakan simbol-simbol</b></li> <li>4. <b>Melakukan analisis terhadap data dan fakta</b></li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB atau tidak ada sama sekali
2	Alat peraga yang dikembangkan dapat menumbuhkan sikap ilmiah peserta didik.	SB	Alat yang dikembangkan dapat: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Membuat peserta didik antusia untuk mencari jawaban</b></li> <li>2. <b>Meminimalisir tingkat manipulasi data</b></li> </ol>

			<p>yang dilakukan peserta didik,</p> <p><b>3. Kritis terhadap setiap perubahan atau hal yang baru</b></p> <p><b>4. Meningkatkan kemampuan peserta didik dalam merespon data dan menyampaikannya dalam bentuk pendapat,</b></p> <p><b>5. Menghargai pendapat atau temuan orang lain,</b></p>
		B	Alat peraga dapat memenuhi empat dari lima syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari lima syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi dua dari lima syarat pada poin SB atau tidak ada sama sekali

## Lembar Penilaian

### Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno

(Lembar untuk Ahli Media)

**Nama Penilai** :

**NIP** :

**Intansi** :

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang ( $\checkmark$ ) pada kolom “nilai” sesuai dengan penilaian yang Bapak/Ibu berikan terhadap alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.
2. Gunakanlah indikator penilaian pada lampiran untuk melakukan penilaian.  
**SB** = Sangat Baik, **B** = Baik, **K** = Kurang, dan **SK** = Sangat Kurang.
3. Masukkan kritik, saran, atau usulan Bapak/Ibu pada kolom “saran” apabila terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.
4. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Bapak/Ibu berikan.

**Lembar Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Ahli Media)**

NO	ASPEK	KRITERIA	NILAI				SARAN
			SB	B	K	SK	
1	Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia	1. Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia					
		2. Ketahanan komponen-komponen sensor infrared pada dudukan awalnya terhadap usikan					
		3. Memiliki ketelitian pengukuran yang cukup akurat					
2	Efisiensi Alat	4. Alat mudah dirangkai					
		5. Alat mudah digunakan					
3	Ketahanan alat	6. Ketahanan terhadap cuaca					
		7. Kemudahan perawatan					

4	Keamanan bagi peserta didik	8. Konstruksi alat aman bagi peserta didik					
---	-----------------------------	--------------------------------------------	--	--	--	--	--



## **Indikator Penilaian**

### **Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**

#### **(Lembar untuk Ahli Media)**

1. Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia.
  - a. Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia.
  - b. Ketahanan komponen-komponen sensor infrared pada dudukan awalnya terhadap usikan.
  - c. Memiliki ketelitian pengukuran yang cukup akurat.
2. Efisiensi Alat.
  - a. Alat mudah dirangkai.
  - b. Alat mudah dioperasikan
3. Ketahanan alat
  - a. Ketahanan terhadap cuaca
  - b. Kemudahan perawatan
4. Keamanan bagi peserta didik  
Konstruksi alat aman bagi peserta didik

**KISI KISI INSTRUMEN PENILAIAN**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Ahli Media)**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia	1,2,3	3
2	Efisiensi Alat	4, 5	2
3	Ketahanan alat	6, 7	2
4	Keamanan bagi peserta didik	8	1
<b>Jumlah</b>			8

**Rubrik Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Ahli Media)**

A. Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia.	SB	Komponen sensor infrared yang terpasang:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak terhalang oleh komponen alat peraga yang lainnya</li> <li>2. Tidak terletak pada tempat yang dipengaruhi oleh sumber cahaya lain</li> <li>3. Tepat pada layar cakram</li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi semua syarat pada poin SB
2	Ketahanan komponen-komponen sensor infrared pada alat peraga moemn inersia	SB	Sensor infrared terpasang:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak mudah terkena usikan secara</li> </ol>

			<p><b>langsung</b></p> <p><b>2. Tidak mudah untuk digeser-geser</b></p> <p><b>3. Tidak mudah untuk diputar-putar</b></p> <p><b>4. Tidak mudah longgar</b></p>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB atau tidak sama sekali
3	Memiliki ketelitian pengukuran yang cukup akurat	SB	Alat ukur memiliki ketelitian lebih dari sama dengan 90%
		B	Alat ukur memiliki ketelitian lebih dari sama dengan 80% sampai dengan kurang dari 90%
		K	Alat ukur memiliki ketelitian lebih dari sama dengan 70% sampai kurang dari 80%
		SK	Alat ukur memiliki prosentase ketelitian kurang dari 70%

**B. Efisiensi Alat**

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Alat mudah dirangkai.	SB	Alat peraga momen inersia: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Memiliki petunjuk perangkaian alat yang jelas</b></li> <li>2. <b>Tidak membutuhkan waktu lebih dari 10 menit dalam perangkaian</b></li> <li>3. <b>Tidak memunculkan banyak pertanyaan dalam perangkaian</b></li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi salah satu dari semua syarat pada poin SB
2	Alat mudah dioperasikan	SB	Alat peraga momen inersia: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Memiliki petunjuk penggunaan alat</b></li> <li>2. <b>Memiliki tombol-tombol dengan tanda yang tidak membingungkan</b></li> <li>3. <b>Memiliki tampilan LCD yang mudah dibaca</b></li> </ol>

		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi salah satu dari semua syarat pada poin SB

C. Ketahanan alat

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Ketahanan terhadap cuaca	SB	Bahan yang digunakan untuk membuat alat peraga: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak terpengaruh oleh suhu udara</li> <li>2. Tidak terpengaruh oleh cahaya matahari</li> <li>3. Tahan terhadap kelembaban</li> <li>4. Tahan terhadap percikan air</li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB atau tidak sama sekali

2	Kemudahan perawatan	SB	Alat peraga momen inersia:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah dibersihkan bagian-bagiannya</li> <li>2. Mudah untuk dikalibrasi</li> <li>3. Memiliki bahan pembuatan yang tidak mudah kotor</li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi salah satu dari semua syarat pada poin SB

**D. Keamanan alat bagi peserta didik**

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Konstruksi alat aman bagi peserta didik	SB	Konstruksi alat peraga:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak memiliki bagian yang tajam</li> <li>2. Tidak memiliki kabel-kebel yang terkelupas</li> <li>3. Tidak memiliki bagian kelistrikan yang terbuka yang dapat tersentuh secara langsung</li> </ol>

			<b>4. memiliki bahan yang apabila terjadi kerusakan tidak berbahaya</b>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB atau tidak sama sekali

## Lembar Penilaian

### Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno

(Lembar untuk Guru)

**Nama Penilai** :

**NIP** :

**Intansi** :

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang ( $\checkmark$ ) pada kolom “nilai” sesuai dengan penilaian yang Bapak/Ibu berikan terhadap alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.
2. Gunakanlah indikator penilaian pada lampiran untuk melakukan penilaian.  
**SB** = Sangat Baik, **B** = Baik, **K** = Kurang, dan **SK** = Sangat Kurang.
3. Masukkan kritik, saran, atau usulan Bapak/Ibu pada kolom “saran” apabila terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.
4. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Bapak/Ibu berikan.

**Lembar Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Guru)**

NO	ASPEK	KRITERIA	NILAI				SARAN
			SB	B	K	SK	
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	<p>1. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep momen inersia.</p> <p>Konsep momen inersia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Momen inersia dipengaruhi oleh massa benda,</b></li> <li>• <b>Momen inersia dipengaruhi oleh jari-jari benda,</b></li> <li>• <b>Momen inersia adalah suatu kelembaman yang dimiliki suatu benda, dan</b></li> <li>• <b>Pengaruh momen inersia terhadap gerak rotasi benda.</b></li> </ul>					

		<p>2. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep torsi</p> <p>Konsep torsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Torsi merupakan ukuran kuantitatif sebuah gaya untuk mengubah gerak rotasi suatu benda,</b></li> <li>• <b>Pengaruh torsi terhadap gerak melingkar sebuah benda,</b></li> <li>• <b>Besarnya torsi yang dipengaruhi oleh gaya dan jari-jari, dan</b></li> <li>• <b>Hubungan torsi dengan momen inersia.</b></li> </ul>					
2	Nilai Kependidikan	<p>3. Alat yang dikembangkan sesuai dengan tingkat perkembangan kognisi siswa SMA</p> <p>Tingkat perkembangan</p>					

		<p>kognisi siswa SMA:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Berfikir logis</b> (mempertimbangkan hal-hal yang penting dalam mengambil kesimpulan)</li><li>• <b>Berfikir berdasarkan hipotesa</b></li><li>• <b>Menggunakan simbol-simbol</b></li><li>• <b>Melakukan analisis terhadap data dan fakta</b></li></ul>					
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

		<p>4. Alat peraga yang dikembangkan dapat menumbuhkan sikap ilmiah peserta didik.</p> <p>Sikap ilmiah yang dikembangkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rasa ingin tahu</b></li> <li>• <b>Respek terhadap data dan fakta</b></li> <li>• <b>Berpikir kritis</b></li> <li>• <b>Kreativitas</b></li> <li>• <b>Kerja sama dan sikap berpikiran terbuka</b></li> </ul>					
3	Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia	5. Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia					

		6. Ketahanan komponen-komponen sensor infrared pada dudukan awalnya terhadap usikan					
		7. Memiliki ketelitian pengukuran yang cukup akurat					
4	Efisiensi alat	8. Alat mudah dirangkai					
		9. Alat mudah digunakan					
		10. Alokasi waktu					
5	Ketahanan Alat	11. Ketahanan terhadap cuaca					
		12. Kemudahan perawatan					

6	Keamanan bagi peserta didik	13. Konstruksi alat aman bagi peserta didik					
---	-----------------------------	---------------------------------------------	--	--	--	--	--

**Indikator Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(Lembar untuk Guru)**

1. Keterkaitan dengan bahan ajar
  - a. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep materi momen inersia.
  - b. Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep torsi.
2. Nilai kependidikan
  - a. Alat yang dikembangkan sesuai dengan tingkat perkembangan kognisi siswa SMA
  - b. Alat peraga yang dikembangkan dapat menumbuhkan sikap ilmiah peserta didik.
3. Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia.
  - a. Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia.
  - b. Ketahanan komponen-komponen sensor infrared pada kedudukan awalnya terhadap usikan.
  - c. Memiliki ketelitian pengukuran yang cukup akurat.
4. Efisiensi Alat.
  - a. Alat mudah dirangkai.
  - b. Alat mudah dioperasikan
  - c. Alokasi waktu
5. Ketahanan alat
  - a. Ketahanan terhadap cuaca
  - b. Kemudahan perawatan
6. Keamanan bagi peserta didik
  - a. Konstruksi alat aman bagi peserta didik

**KISI KISI INSTRUMEN PENILAIAN**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Guru)**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	1,2	2
2	Nilai Kependidikan	3,4	2
3	Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia	5,6,7	3
4	Efisiensi Alat	8,9,10	3
5	Ketahanan Alat	11,12	2
6	Keamanan bagi peserta didik	13	1
<b>Jumlah</b>			13

**Rubrik Penilaian**  
**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**  
**(untuk Guru)**

A. Keterkaitan dengan Bahan Ajar

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep materi momen inersia.	SB	Alat peraga dapat digunakan untuk: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>menerangkan konsep momen inersia yang dipengaruhi oleh massa benda,</b></li> <li>2. <b>konsep momen inersia yang dipengaruhi oleh jari-jari benda,</b></li> <li>3. <b>menjelaskan momen inersia adalah suatu kelembaman yang dimiliki suatu benda, dan</b></li> <li>4. <b>pengaruh momen inersia terhadap gerak rotasi benda.</b></li> </ol>
		B	Alat peraga hanya memiliki tiga dari empat syarat dari poin SB
		K	Alat peraga hanya memiliki dua dari empat syarat dari poin SB
		SK	Alat peraga hanya memiliki satu dari empat syarat

			dari poin SB
2	Alat peraga yang dikembangkan sesuai dengan konsep torsi.	SB	Alat peraga dapat digunakan untuk menjelaskan: <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Torsi merupakan ukuran kuantitatif sebuah gaya untuk mengubah gerak rotasi suatu benda,</b></li> <li><b>2. Pengaruh torsi terhadap gerak melingkar sebuah benda,</b></li> <li><b>3. Besarnya torsi dipengaruhi oleh gaya dan jari-jari, dan</b></li> <li><b>4. Hubungan torsi dengan momen inersia.</b></li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB

B. Nilai kependidikan

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Alat yang dikembangkan sesuai dengan tingkat perkembangan kognisi siswa SMA	SB	Alat yang dikembangkan dapat memwadhahi peserta didik dalam: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Berfikir logis (mempertimbangkan hal-hal yang penting dalam mengambil kesimpulan)</b></li> <li>2. <b>Berfikir berdasarkan hipotesa</b></li> <li>3. <b>Menggunakan simbol-simbol</b></li> <li>4. <b>Melakukan analisis terhadap data dan fakta</b></li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB
2	Alat peraga yang dikembangkan dapat menumbuhkan	SB	Alat yang dikembangkan dapat: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Membuat peserta didik antusia untuk mencari jawaban</b></li> </ol>

sikap ilmiah peserta didik.		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. <b>Meminimalisir tingkat manipulasi data yang dilakukan peserta didik,</b></li> <li>3. <b>Kritis terhadap setiap perubahan atau hal yang baru</b></li> <li>4. <b>Meningkatkan kemampuan peserta didik dalam merespon data dan menyampaikannya dalam bentuk pendapat,</b></li> <li>5. <b>Menghargai pendapat atau temuan orang lain,</b></li> </ol>
	B	Alat peraga dapat memenuhi empat dari lima syarat pada poin SB
	K	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari lima syarat pada poin SB
	SK	Alat peraga dapat memenuhi dua dari lima syarat pada poin SB

C. Keakuratan alat peraga fisika tentang momen inersia

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Ketepatan letak pemasangan sensor infrared pada alat peraga momen inersia.	SB	Komponen sensor infrared yang terpasang: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Tidak terhalang oleh komponen alat</b></li> </ol>

			<p><b>peraga yang lainnya</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>2. Tidak terletak pada tempat yang dipengaruhi oleh sumber cahaya lain</b></li> <li><b>3. Tepat pada layar cakram</b></li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi semua syarat pada poin SB
2	Ketahanan komponen-komponen sensor infrared pada alat peraga moemn inersia	SB	<p>Sensor infrared terpasang:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Tidak mudah terkena usikan secara langsung</b></li> <li><b>2. Tidak mudah untuk digeser-geser</b></li> <li><b>3. Tidak mudah untuk diputar-putar</b></li> <li><b>4. Tidak mudah longgar</b></li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB

		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB
3	Memiliki ketelitian pengukuran yang cukup akurat	SB	Alat ukur memiliki ketelitian lebih dari sama dengan 90%
		B	Alat ukur memiliki ketelitian lebih dari sama dengan 80% samapai dengan kurang dari 90%
		K	Alat ukur memiliki ketelitian lebih dari sama dengan 70% sampai kurang dari 80%
		SK	Alat ukur memiliki prosentase ketelitian kurang dari 70%

#### D. Efisiensi Alat

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Alat mudah dirangkai.	SB	Alat peraga momen inersia: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memiliki petunjuk perangkaian alat yang jelas</li> <li>2. Tidak membutuhkan waktu lebih dari 10 menit dalam perangkaian</li> <li>3. Tidak memunculkan banyak pertanyaan dalam perangkaian</li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat

			pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi salah satu dari semua syarat pada poin SB
2	Alat mudah dioperasikan	SB	Alat peraga momen inersia: <ul style="list-style-type: none"> <li><b>1. Memiliki petunjuk penggunaan alat</b></li> <li><b>2. Memiliki tombol-tombol dengan tanda yang tidak membingungkan</b></li> <li><b>3. Memiliki tampilan LCD yang mudah dibaca</b></li> </ul>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi salah satu dari semua syarat pada poin SB
3	Alokasi Waktu	SB	Pembelajaran dengan alat peraga momen inersia memakan waktu tidak lebih dari 60 menit diluar waktu perangkaian
		B	Pembelajaran dengan alat peraga momen inersia memakan waktu tidak lebih dari 70 menit diluar

			waktu perangkaian
		K	Pembelajaran dengan alat peraga momen inersia memakan waktu tidak lebih dari 80 menit diluar waktu perangkaian
		SK	Pembelajaran dengan alat peraga momen inersia memakan waktu lebih dari 90 menit diluar waktu perangkaian

E. Ketahanan alat

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Ketahanan terhadap cuaca	SB	Bahan yang digunakan untuk membuat alat peraga: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak terpengaruh oleh suhu udara</li> <li>2. Tidak terpengaruh oleh cahaya matahari</li> <li>3. Tahan terhadap kelembaban</li> <li>4. Tahan terhadap air</li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB

2	Kemudahan perawatan	SB	Alat peraga momen inersia:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah dibersihkan bagian-bagiannya</li> <li>2. Mudah untuk dikalibrasi</li> <li>3. Tidak mudah kotor</li> </ol>
		B	Alat peraga dapat memenuhi dua dari tiga syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi satu dari tiga syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga tidak memenuhi salah satu dari semua syarat pada poin SB

F. Keamanan alat bagi peserta didik

No	Diskripsi Kriteria	Skor	Diskripsi Penilaian
1	Konstruksi alat aman bagi peserta didik	SB	Konstruksi alat peraga:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak memiliki bagian yang tajam</li> <li>2. Tidak memiliki kabel-kebel yang terkelupas</li> <li>3. Tidak memiliki bagian kelistrikan yang terbuka yang dapat tersentuh secara langsung</li> <li>4. memiliki bahan yang apabila terjadi</li> </ol>

		<b>kerusakan tidak berbahaya</b>	
		B	Alat peraga dapat memenuhi tiga dari empat syarat pada poin SB
		K	Alat peraga dapat memenuhi dua dari empat syarat pada poin SB
		SK	Alat peraga dapat memenuhi satu dari empat syarat pada poin SB

## Lembar Respon Peserta Didik

### Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno

Nama :

Kelas :

Sekolah :

Petunjuk pengisian:

1. Berilah tanda centang ( $\checkmark$ ) pada kolom “Tanggapan” sesuai dengan penilaian yang Anda berikan terhadap alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.
2. Alternatif jawaban adalah **YA** jika Anda **Setuju**, dan **TIDAK** jika Anda **Tidak Setuju**.
3. Masukkan kritik, saran, atau usulan Anda pada kolom “saran” apabila terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki atau dikembangkan.
4. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Anda berikan.

### Lembar Respon Peserta Didik

#### Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno

NO	INDIKATOR	TANGGAPAN		SARAN
		YA	TIDAK	
1	Alat peraga fisika tentang momen inersia yang dikembangkan mempermudah saya memahami konsep momen inersia			
2	Alat peraga fisika tentang momen inersia yang dikembangkan mudah untuk dirangkai			
3	Alat peraga fisika tentang momen inersia sulit untuk dioperasikan			
4	Tampilan LCD-nya mudah untuk dibaca			
5	Perangkaian alat peraga fisika tentang momen inersia membutuhkan waktu yang lama			
6	Alat peraga momen inersia membuat saya bingung dalam memahami konsep torsi			
7	Dengan menggunakan alat peraga fisika momen inersia, saya mampu memahami hubungan torsi dengan momen inersia			
8	Banyak konsep yang semakin jelas ketika menggunakan alat peraga momen inersia			

9	Alat peraga momen inersia tidak memiliki pengaruh apapun terhadap kemampuan saya dalam memahami konsep momen inersia			
10	Terdapat bagian dari alat peraga momen inersia yang dapat membuat saya terluka			
11	Terdapat bagian kelistrikan yang dapat mengakibatkan saya tersengat listrik.			

**SARAN LAIN:**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**KISI-KISI LEMBAR RESPON**

**Alat Peraga Fisika tentang Momen Inersia Berbasis Arduino Uno**

**(untuk Ahli Media)**

**Berdasarkan Aspek Penilaian**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Keterkaitan dengan materi	1,6,7,8,9	5
2	Efisiensi Alat	2,3,4,5	4
3	Keamanan bagi peserta didik	10,11	2
<b>Jumlah</b>			11

**Berdasarkan Jenis Pernyataan**

<b>NO</b>	<b>Jenis Pernyataan</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Positif	1,2,4,7,8	5
2	Negatif	3,5,6,9,10,11	6
<b>Jumlah</b>			11

**LEMBAR KETERLAKSANAAN  
ALAT PERAGA FISIKA TENTANG MOMEN INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO  
(UNTUK OBSERVER KELAS)**

**Hari** :  
**Tanggal** :  
**Sekolah** :  
**Kelas** :  
**Nama Observer** :

Petunjuk Pengisian:

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom “nilai” sesuai dengan pengamatan yang Bapak/Ibu berikan terhadap alat peraga fisika tentang momen inersia berbasis Arduino Uno.
2. Gunakanlah indikator penilaian pada lampiran untuk melakukan penilaian.  
**SB** = Sangat Baik, **B** = Baik, **K** = Kurang, dan **SK** = Sangat Kurang.
3. Masukkan diskripsi hasil observasi Bapak/Ibu pada bagian “Uraian”.
4. Masukkan hasil observasi yang tidak terdapat pada aspek observasi pada bagian “catatan lain” apabila terdapat hasil observasi yang belum terwadahi oleh aspek-aspek observasi.
5. Terimakasih kami ucapkan atas kerjasama yang Bapak/Ibu berikan.

**INDIKATOR OBSERVASI**  
**ALAT PERAGA FISIKA TENTANG MOMEN INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO**

1. Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran.
  - a. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian momen inersia, besaran-besaran yang mempengaruhinya, dan pengaruhnya terhadap gerak rotasi suatu benda.
  - b. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian torsi, besaran yang mempengaruhinya, dan pengaruhnya terhadap gerak rotasi suatu benda.
  - c. Peserta didik dapat memformulasikan hubungan antara torsi dengan momen inersia berdasarkan hukum II Newton.
2. Kelengkapan dan efisiensi alat peraga
  - a. Alat peraga momen inersia mudah untuk dioperasikan.
  - b. Efisiensi waktu perangkaian alat peraga momen inersia.
  - c. Efisiensi waktu pengoprasian alat peraga momen inersia.
  - d. Alat peraga dilengkapi dengan LKPD tentang momen inersia.
3. Respon peserta didik
  - a. Alat peraga mampu memfokuskan perhatian peserta didik untuk mengikuti proses pembelajaran.
  - b. Alat peraga tidak membuat peserta didik semakin bingung memahami konsep-konsep pada materi momen inersia.

**KISI KISI LEMBAR OBSERVASI KETERLAKSANAAN  
ALAT PERAGA FISIKA TENTANG MOMEN INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO**

<b>NO</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Nomor Item</b>	<b>Jumlah Kriteria Penilaian Alat Peraga</b>
1	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran	1,2,3	3
2	Kelengkapan dan efisiensi alat peraga	4,5,6,7	4
3	Respon peserta didik	8,9	2
<b>Jumlah</b>			<b>9</b>

**LEMBAR OBSERVASI KETERLAKSANAAN  
ALAT PERAGA FISIKA TENTANG MOMEN INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO**

NO	ASPEK	KRITERIA	NILAI				URAIAN
			SB	B	K	SK	
1	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran	1. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian momen inersia, besaran-besaran yang mempengaruhinya, dan pengaruhnya terhadap gerak rotasi suatu benda					
		2. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian torsi, besaran yang mempengaruhinya, dan pengaruhnya terhadap gerak rotasi suatu benda					
		3. Peserta didik dapat memformulasikan hubungan antara torsi dengan momen inersia berdasarkan hukum II Newton					
2	Kelengkapan dan efisiensi alat peraga	4. Alat peraga momen inersia mudah untuk dioperasikan					

		5. Efisiensi waktu perangkaian alat peraga momen inersia					
		6. Efisiensi waktu pengoprasian alat peraga momen inersia					
		7. Alat peraga dilengkapi dengan LKPD tentang momen inersia					
3	Respon peserta didik	8. Alat peraga mampu memfokuskan perhatian peserta didik untuk mengikuti proses pembelajaran					
		9. Alat peraga tidak membuat peserta didik didik semakin bingung memahami konsep-konsep pada materi momen inersia					

**CATATAN LAIN:**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
 SUNAN KALIJAGA  
 YOGYAKARTA

### Lampiran 3.a. Perhitungan Kualitas Produk

#### A. Penilaian Ahli Materi

Aspek	Kriteria	Penilai		Jumlah Per Kriteria	Jumlah per Aspek	Rata-Rata	Klasifikasi Kriteria
		I	II				
Keterkaitan dengan Bahan Ajar	1	4	3	7	14	3.5	SB
	2	4	3	7			
Nilai Kependidikan	1	3	3	6	13	3.25	B
	2	4	3	7			
<b>Jumlah Skor</b>		15	12	27		3.375	SB

#### B. Penilaian Ahli Media

Aspek	Kriteria	Penilai		Jumlah Per Kriteria	Jumlah per Aspek	Rata-Rata	Klasifikasi Kriteria
		I	II				
Keakuratan alat	1	4	4	8	23	3.83	SB
	2	4	4	8			
	3	4	3	7			
Efisiensi Alat	1	4	3	7	15	3.75	SB
	2	4	4	8			
Ketahanan Alat	1	3	3	6	13	3.25	B
	2	3	4	7			
Keamanan	1	4	4	8	8	4	SB
<b>Jumlah Skor</b>		30	29	59		3.69	SB

### C. Penilaian Guru

Aspek	Kriteria	Penilai		Jumlah Per Kriteria	Jumlah per Aspek	Rata-Rata	Klasifikasi Kriteria
		I	II				
Keterkaitan dengan Bahan Ajar	1	4	4	8	16	4	SB
	2	4	4	8			
Nilai Kependidikan	1	3	4	7	13	3.25	B
	2	3	3	6			
Keakuratan alat	1	4	4	8	21	3.5	SB
	2	3	4	7			
	3	3	3	6			
Efisiensi Alat	1	4	4	8	22	3.67	SB
	2	3	4	7			
	3	4	3	7			
Ketahanan Alat	1	4	3	7	13	3.25	B
	2	3	3	6			
Keamanan	1	4	4	8	8	4	SB
<b>Jumlah Skor</b>		46	47	93		3.58	SB

Lampiran 3.b. Perhitungan Respon Peserta Didik dan Keterlaksanaan

A. Respon Peserta Didik

ASPEK	Pernyataan		Responden										Jumlah Skor tiap pernyataan	Jumlah Skor Per aspek	Rata-rata	Klasifikasi Kriteria
	Nomor	Sifat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Keterkaitan dengan materi	1	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	50	1	SS
	6	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
	7	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
	8	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
	9	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
Efisiensi Alat	2	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	37	0.925	SS
	3	n	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	7			
	4	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
	5	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
Keamanan bagi peserta didik	10	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	20	1	SS
	11	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10			
Jumlah Skor			11	10	11	11	10	11	10	11	11	11	107	107	0.9727	SS

B. Keterlaksanaan

Aspek	Kriteria	Observer		Jumlah Skor Kriteria	Jumlah Skor Aspek	Rata-rata	Klasifikasi Keterlaksanaan
		I	II				
Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran	1	3	4	7	20	3.33333333	SB
	2	3	3	6			
	3	4	3	7			
Kelengkapan dan efisiensi alat	1	4	4	8	30	3.75	SB
	2	4	4	8			
	3	3	3	6			
	4	4	4	8			
Respon Peserta didik	1	3	3	6	13	3.25	B
	2	4	3	7			
Jumlah Skor		32	31	63	63	3.5	SB



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KABUPATEN KLATEN  
MADRASAH ALIYAH NEGERI KARANGANOM KLATEN  
Jl. Dr. Sutomo Karangnom Klaten Utara Telp. (0272) 321735 Klaten 57438  
Email : mankaranganom@kemenag.go.id - Website: mankaranganomklaten.sch.id

## SURAT KETERANGAN

Nomor : 847/ Ma.11.23/PP.00.6/09/2016

Berdasarkan Surat permohonan dari UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Nomor : UIN.02/KPFis/PP.009/145/2016 tanggal : 24 Agustus 2016 dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : SUKINDAR  
Status : Mahasiswa UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
N I M : 10690034  
Jurusan / Prodi : Pendidikan Fisika

Benar – benar telah mengadakan Riset dilingkungan MAN Karangnom Klaten dalam rangka penyusunan Skripsi Sarjana S1 dengan Judul :

**“PENGEMBANGAN ALAT PERAGA FISIKA MOMEN INERSIA BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK PESERTA DIDIK SMA/MA KELAS XI”**

yang telah dilaksanakan pada tanggal : 29 Agustus s.d 14 September 2016.

Demikian Surat Keterangan dikeluarkan atas permintaan yang bersangkutan dan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Klaten, 14 September 2016

An. Kepala  
Kepala Ur. Tata Usaha



Masrukhin Prihatno  
NIP. 19711002 199103 1003

Lampiran 4.b Foto Pengambilan Data



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**Lampiran 4.c. Curriculum Vitae****Curriculum Vitae**

Nama : Sukindar  
 Tempat Tanggal Lahir : Gunungkidul, 04 Oktober 1990  
 Jenis kelamin : laki-laki  
 Agama : Islam  
 Alamat Asal : Pacing Kidul 02/23 Pacarejo, Semanu, Gunungkidul,  
 Yogyakarta  
 Alamat Domisili : Perumahan Vila Banguntapan Asri III Sampangan,  
 Wirokerten, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta  
 No. Hp : 085363612784  
 Email : sukindarkoti@gmail.com

**Riwayat Pendidikan**

<b>Tingkat</b>	<b>Nama Sekolah</b>	<b>Lulus</b>
SD	SDN Duwet II	2002
SMP	SMPN III Wonosari	2005
SMA	SMAN I Wonosari	2008
PT	UIN Sunan Kalijaga Jurusan Pend. Fisika	2017

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
 SUNAN KALIJAGA  
 YOGYAKARTA