



## **DESAIN DAN EVALUASI PENGGUNAAN MEDIA PEMBELAJARAN MATERI MOMEN INERSIA MENGGUNAKAN ARDUINO**

Ridwan Hani<sup>1</sup>, Sri Zakiyah<sup>2</sup>, Dadi Rusdiana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia  
Email: ridwanhbs@gmail.com

### **Abstract**

The advancement of technology drives various innovations in educational products as support tools for learning activities such as physics. For instance, Arduino, an open-source developmental platform for instructional technology has rapidly applied to all kinds of educational levels. This research aims to design Arduino-based experimental tools for inertia topics and to evaluate the implementation of students. Moreover, we use a one-group pretest-posttest design as a research method. For collecting data, we use objective tests and questionnaires as an instrument. The effectiveness of Arduino-based experimental tools was assessed through posttest dan pretest data by using inferential statistics—Wilcoxon and *n-gain*. The apparent results show that the implementation of Arduino-based design towards students enhances their understanding of inertia topic with 0,00 and 0,75 for Wilcoxon and *n-gain*, respectively.

**Keywords:** Arduino, inertia, instructions, innovation

### **Abstrak**

Kemajuan teknologi mendorong munculnya beragam inovasi produk pendidikan yang mendukung kegiatan belajar mengajar termasuk bidang fisika. Salah satunya adalah Arduino sebagai salah satu platform pengembangan media pembelajaran saat ini mulai marak diterapkan dalam dunia pendidikan. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain media pembelajaran berupa alat praktikum untuk materi momen inersia dan mengevaluasi penggunaannya terhadap peserta didik. Penelitian ini dilakukan di salah satu SMA Negeri di kota Bandung dengan populasi seluruh kelas XI IPA. Adapun jenis penelitian adalah pra eksperimental dengan rancangan one-group pretest-posttest design. Instrumen yang dikembangkan untuk pengumpulan data berupa tes objektif dan lembar respon peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan dan peningkatan yang signifikan berdasarkan hasil uji Wilcoxon dan *n-gain* dengan hasil uji masing-masing sebesar 0,000 dan 0,75.

**Kata kunci:** Arduino, momen inersia, media, inovasi

**Cara Menulis Sitasi:** Hani, R., Zakiyah, S., Rusdiana, D. (2023). Desain dan Evaluasi Penggunaan Media Pembelajaran Materi Momen Inersia Menggunakan Arduino. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 10 (1), halaman 63-73.

---

## **PENDAHULUAN**

Kegiatan eksperimen dalam pembelajaran fisika merupakan hal yang krusial bagi peserta didik untuk terlibat langsung dalam proses pembelajaran (Brookes, dkk, 2020). Aktivitas laboratorium juga sebagai fasilitas bagi mereka untuk mengeksplorasi ilmu pengetahuan dan memperoleh pengalaman belajar secara langsung (Muslim, dkk., 2020). Pengalaman belajar ini memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep-konsep fisika, menyadari, mengerti, dan meningkatkan keterampilan saintifiknya

(Karamustafaoğlu, 2011). Saat ini, teknologi berkembang pesat menghasilkan banyak produk teknologi yang berperan sebagai penunjang kegiatan belajar fisika laboratorium. Penemuan-penemuan ini secara tidak langsung meningkatkan aktivitas eksperimen dalam pembelajaran fisika dari segi kualitas dan efektivitas. Jika ditinjau lebih spesifik, mikroprosesor, alat pengumpulan data digital, sensor dan instrument analog telah terintegrasi dalam sebuah sistem dimana sistem ini memudahkan pengguna dalam mengumpulkan, mengolah, dan memvisualisasikan data hasil percobaan (Araujo, dkk., 2015., Reguera, dkk., 2015, Guven, dkk., 2022). Pada konteks ini, Arduino, yang dibangun dari mikroprosesor, menjadi salah satu preferensi pendidik untuk dikembangkan menjadi media pembelajaran, salah satunya adalah penunjang kegiatan eksperimen. Beberapa alasan pendidik dan pengembang media memilih Arduino didasarkan karena beberapa alasan berikut ini, yaitu bersifat open-source, biaya yang terjangkau, bahasa pemrograman terstruktur yang fleksibel dan mudah diterapkan, serta kemudahan yang diberikan dalam memperoleh data (Zlatanov, 2015., Barber, dkk, 2013., Al-thobaiti, 2014).

Dalam fisika, kecepatan dinyatakan sebagai hubungan perubahan posisi terhadap waktu. Beberapa topik fisika melibatkan besaran fisika kecepatan seperti mekanika dan dinamika. Percobaan fisika sekolah untuk melakukan pengukuran kecepatan biasanya menggunakan percobaan ticker timer. Namun terdapat beberapa kekurangan pada media ini apabila digunakan untuk mengukur besaran lain, salah satunya adalah momen inersia. Momen inersia merupakan ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi pada porosnya. Secara matematis, momen inersia dinyatakan sebagai hasil kali massa partikel dengan kuadrat jarak terhadap sumbu putarnya. Besaran momen inersia benda dapat diperoleh dari kecepatan linearnya jika ditinjau dari energi kinetik rotasinya. Persiapan eksperimen untuk kegiatan percobaan pengukuran kecepatan dalam percobaan menentukan momen inersia benda tegar memerlukan alat ukur yang sensitif. Karena keterbatasan media dan alat ukur untuk kegiatan percobaan ini, Arduino dapat diinovasikan sebagai pengembangan media pembelajaran fisika.

## **METODE**

Metode penelitian dalam artikel ini merupakan penelitian pre-eksperimental untuk menemukan hubungan sebab akibat hanya dengan melibatkan satu kelompok subjek. Adapun langkah-langkah yang dilakukan mengadaptasi prosedur penelitian Yasin, dkk. (2018) dan Sohn (2014) dengan beberapa modifikasi. Desain penelitian ini merupakan desain *one-group pretest-posttest design*. Pretest dilakukan untuk mengukur pengetahuan awal peserta didik sebelum diberikan perlakuan, sedangkan posttest dilakukan untuk mengukur pengetahuan siswa setelah mendapatkan perlakuan (Creswell, 2012). Tes yang digunakan dalam pretest dan posttest yang berupa pertanyaan terdiri dari lima butir soal. Selain itu, respon peserta didik terkait implementasi yang telah dilakukan juga diukur dengan umpan balik menggunakan skala Likert empat kategori. Diagram desain penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Diagram Desain Penelitian

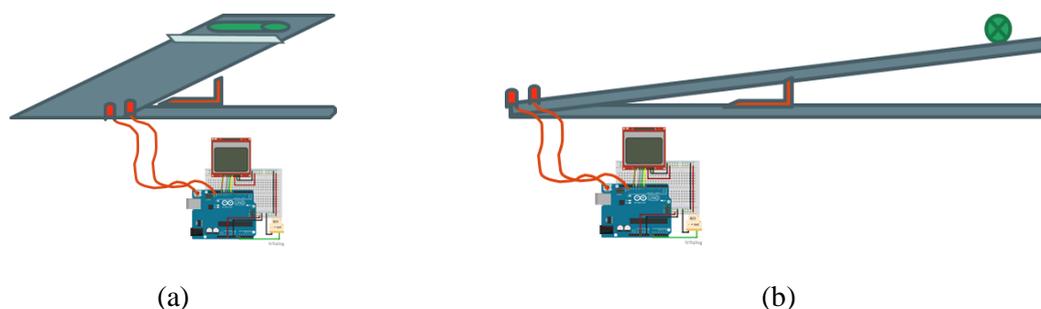
| Pre-test                                | Implementasi                                      | Post-test                                |
|---|---|--|
| Pre-test pemahaman materi momen inersia | Kegiatan eksperimen dengan alat yang dikembangkan | Post-test pemahaman materi momen inersia |

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu SMA Negeri di kota Bandung. Adapun populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI IPA. Sampel yang diambil sebanyak enam orang peserta didik yang dipilih secara acak, masing-masing tiga orang perempuan dan tiga orang laki-laki.

**Alat dan Bahan**

Material yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa alat praktikum berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Tahap selanjutnya setelah pembuatan alat adalah penyusunan lembar kerja peserta didik (LKPD). Lembar kerja ini digunakan sebagai acuan langkah-langkah yang dilakukan oleh peserta didik dalam kegiatan eksperimen. Tujuan dari pengembangan ini adalah untuk memaksimalkan kegiatan pembelajaran fisika terutama pada topik momen inersia. Selanjutnya, beragam pendekatan dan metode pengajaran mungkin dapat memberikan efek yang berbeda (Escudero, dkk., 2013).

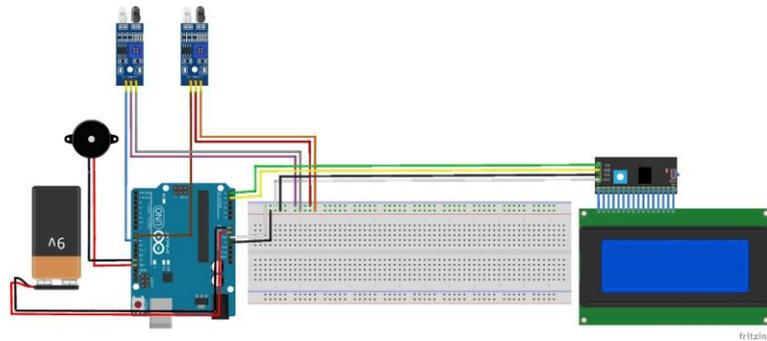
Pemilihan mikrokontroler Arduino sebagai platform pengembangan didasari oleh beberapa alasan diantaranya yaitu mudah digunakan, bersifat open-source, serta didukung oleh komunitas pengguna yang luas (Zlatanov, 2015). Pada artikel ini, pengembangan media berupa alat ukur kecepatan yang diintegrasikan dalam kegiatan praktikum penentuan momen inersia benda tegar. Desain alat praktikum meliputi desain sirkuit elektronik dan kerangka alat eksperimen. Komponen utama alat ini adalah Arduino uno dan sensor fotodioda. Selain itu, pengembangan alat juga dilengkapi dengan buzzer untuk memberikan sinyal bahwa kecepatan benda telah terbaca. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD berupa nilai kecepatan dengan satuan cm per detik. Gambar 1 merupakan desain alat percobaan.



**Gambar 1.** Desain alat percobaan: (a) tampak depan; (b) tampak samping

Perangkat dirancang untuk beroperasi saat benda yang dilepaskan pada ketinggian tertentu melewati sensor fotodioda. Saat papan naik hingga mencapai ketinggian tertentu, benda tegar (silinder atau bola) akan bergerak menggelinding ke bawah papan dari posisi diamnya. Saat benda melewati

sensor fotodiode, buzzer akan berbunyi sebagai detektor kecepatan benda. Keluaran akan ditampilkan melalui LCD. Setelah peserta didik selesai mengambil data, papan dapat diturunkan kembali ke posisi semua dengan memutar pengunci engsel. Gambar 2 menunjukkan rangkaian listrik yang digunakan untuk desain pengembangan alat ukur.



**Gambar 2.** Rangkaian listrik media

Setelah koneksi dibuat, kode berikut ini diunggah ke Arduino:

```

#include <DS3231.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // set the LCD
address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display

int timer1;
int timer2;
float Time;
int flag1 = 0;
int flag2 = 0;
float distance = 4.8;
float speed;

int ir_s1 = 8;
int ir_s2 = 9;

int buzzer = 13;

void setup(){
  pinMode(ir_s1, INPUT);
  pinMode(ir_s2, INPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);

  lcd.init();
  // Print a message to the LCD.
  lcd.backlight(); // kondisi lcd mati
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print(" Speed Detector ");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("Selamat Praktikum");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  if(digitalRead (ir_s1) == LOW &&
  flag1==0){timer1 = millis(); flag1=1;}

  if(digitalRead (ir_s2) == LOW &&
  flag2==0){timer2 = millis(); flag2=1;}

  if (flag1==1 && flag2==1){
    if(timer1 > timer2){Time = timer1 - timer2;}
    else if(timer2 > timer1){Time = timer2 - timer1;}
    Time=Time/1000;//convert millisecond to second
    speed=(distance/Time);//v=d/t
  }

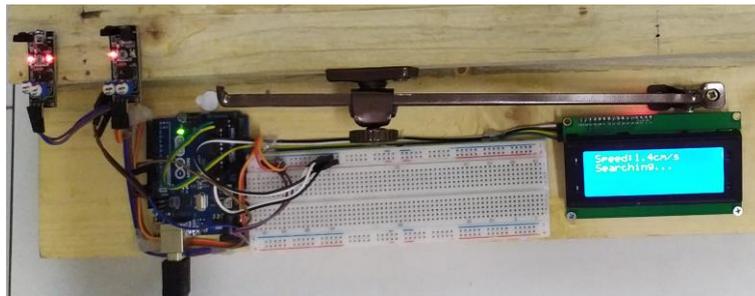
  if(speed==0){
    lcd.setCursor(0, 1);
    if(flag1==0 && flag2==0){lcd.print("No object
    detected");}
    else{lcd.print(" Searching...  ");}
  }
  else{
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("Speed:");
    lcd.print(speed,1);
    lcd.print("cm/s      ");
    lcd.setCursor(1,1);
    if(speed > 0){lcd.print("Normal Speed  ");
    digitalWrite(buzzer, HIGH);}
    else{lcd.print("Normal Speed  "); }
    delay(3000);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    speed = 0;
    flag1 = 0;
    flag2 = 0;
  }
}
}

```

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Produk*

Alat praktikum penentuan koefisien momen inersia terdiri dari empat komponen yaitu sensor, elektronika, mekanika, dan instrumen. Sensor yang digunakan berupa sensor fotodiode sebagai receiver. Komponen elektronika menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dengan layar LCD berukuran 16 x 2 dan dilengkapi dengan baterai 5 volt DC. Adapun komponen mekanika berupa papan, engsel, dan beban. Engsel digunakan untuk mengatur kemiringan papan yang akan berfungsi sebagai bidang miring. Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan produk hasil pengembangan.



**Gambar 3.** Rangkaian elektronika



**Gambar 4.** Alat praktikum penentuan koefisien momen inersia

### *Uji Coba Alat*

Sebanyak enam orang peserta didik dilibatkan pada tahapan ini. Diawal kegiatan, peserta didik melakukan pretest untuk menilai pemahaman awal sebelum kegiatan praktikum dengan media yang dikembangkan. Kemudian peserta didik diarahkan untuk melihat video pembelajaran di awal kegiatan sebagai apersepsi sebelum masuk ke dalam kegiatan praktikum. Setelah diberikan apersepsi, LKPD kemudian diberikan kepada kelompok uji. Peserta didik kemudian membaca dan memahami instruksi yang ada pada LKPD dan melakukan percobaan dengan langkah-langkah yang tertera pada LKPD. Gambar 5 adalah dokumentasi aktivitas peserta didik saat melakukan eksperimen penentuan koefisien momen inersia.



**Gambar 5.** Aktivitas peserta didik saat kegiatan eksperimen

Pengaruh penggunaan alat praktikum terhadap pemahaman peserta didik dapat diukur dari hasil pretest dan posttest. Data yang diperoleh melalui tes objektif ini diolah menggunakan Statistik SPSS versi 25.0. analisis meliputi uji normalitas dan uji wilcoxon yang masing-masing diuraikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Uji Normalitas**

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data terdistribusi normal atau tidak (Minium, dkk., 2011). Hasil uji normalitas yang dilakukan untuk melihat sebaran data ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Output SPSS uji normalitas

|           | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|-----------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|           | Statistic                       | df | Sig. | Statistic    | df | Sig. |
| Pre-test  | .407                            | 6  | .002 | .640         | 6  | .001 |
| Post-test | .293                            | 6  | .117 | .822         | 6  | .091 |

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji satu sampel Kolmogorov Smirnov untuk pretest dan posttest masing-masing sebesar 0.002 dan 0.117 dengan alpha sebesar 0.05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data pretest tidak normal karena nilai signifikansinya ujinnya dibawah 0.05. Sehingga untuk melihat perbedaan kedua kondisi dilakukan uji non-parametrik sampel dependen yaitu uji Wilcoxon (Minium, 1993).

### Uji Wilcoxon

Uji wilcoxon merupakan uji non parametrik untuk melihat perbedaan dua sampel dependen yang terdistribusi tidak normal (Minium, dkk., 1993). Hasil uji wilcoxon untuk kedua data ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil uji statistik

|                        | Post-test - Pre-test |
|------------------------|----------------------|
| Z                      | -2.220 <sup>b</sup>  |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | .026                 |

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh nilai Asymp. Sig (2-tailed) sebesar 0.026 dengan tingkatan signifikansi 0.05. Karena Asymp. Sig lebih kecil dibandingkan  $\alpha$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar peserta didik pada sebelum dan sesudah perlakuan.

### Umpan Balik Peserta Didik

Sebagian besar peserta didik memberikan respon positif terkait penggunaan media praktikum yang dikembangkan.

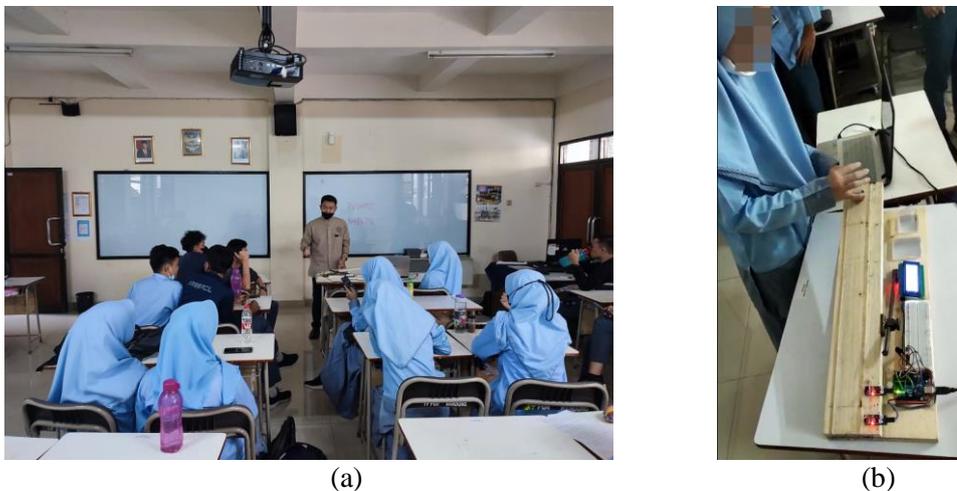
**Tabel 4.** Umpan balik peserta didik

| Aspek yang dinilai   | Respon |     |     |    |
|--|--------|-----|-----|----|
|  | SS     | S   | KS  | TS |
| Saya tertarik belajar fisika dengan menggunakan alat praktikum pengukur kecepatan untuk materi momen inersia benda tegar pada gerak menggelinding.                       | 83%    | 0%  | 17% | 0% |
| Saya tertarik belajar fisika dengan menggunakan alat praktikum pengukur kecepatan untuk materi momen inersia benda tegar pada gerak menggelinding karena desain alatnya. | 67%    | 33% | 0%  | 0% |
| Setelah menggunakan alat praktikum, saya memahami materi momen inersia benda tegar.  | 50%    | 50% | 0%  | 0% |
| Setelah menggunakan alat praktikum, saya menjadi lebih mudah membayangkan dengan kasus rill dalam dunia nyata atau kehidupan sehari-hari.                                | 83%    | 17% | 0%  | 0% |
| Kemampuan pengambilan data saya meningkat dengan aktivitas praktikum yang dilakukan.   | 33%    | 67% | 0%  | 0% |
| Kemampuan pengolahan data saya meningkat dengan aktivitas praktikum yang dilakukan.  | 33%    | 50% | 17% | 0% |
| Kemampuan memecahkan masalah sehari-hari saya meningkat dengan aktivitas praktikum yang dilakukan.   | 17%    | 50% | 33% | 0% |
| Saya merasa media yang dikembangkan mudah untuk digunakan.   | 50%    | 50% | 0%  | 0% |
| Pengambilan data cukup mudah menggunakan alat praktikum.   | 67%    | 33% | 0%  | 0% |
| Alat praktikum cukup praktis digunakan.  | 67%    | 33% | 0%  | 0% |

Dua dari total responden dengan persentase sebesar 33 persen menyatakan kurang setuju bahwa praktikum yang dilakukan dengan media mampu meningkatkan kemampuan penyelesaian masalah sehari-hari. Kemudian terdapat satu orang responden yang kurang setuju bahwa praktikum dengan berbantuan media yang dikembangkan mampu meningkatkan pengolahan data.

**Implementasi**

Implementasi dilakukan pada 24 peserta didik kelas XI IPA. Kegiatan ini dilakukan untuk melihat tingkat efektivitas penggunaan media terhadap pemahaman materi momen inersia. Kegiatan diawali dengan pretest untuk menilai pemahaman awal sebelum kegiatan praktikum dengan media yang dikembangkan. Kemudian dilanjutkan dengan demonstrasi alat oleh guru yang diamati oleh peserta didik melalui tayangan video. Peserta didik mengikuti langkah-langkah yang tertera pada LKPD. Pada akhir kegiatan, kegiatan post-test dilakukan untuk melihat tingkat pemahaman peserta didik setelah implementasi media dalam proses kegiatan belajar mengajar. Gambar 6 menampilkan aktivitas peserta didik pada saat kegiatan implementasi.



**Gambar 6.** (a) awal kegiatan implementasi; (b) kegiatan implementasi

Pengaruh penggunaan alat praktikum terhadap pemahaman peserta didik dapat diukur dari hasil pretest dan posttest. Data yang diperoleh melalui tes objektif ini diolah menggunakan Statistik SPSS versi 25.0. analisis meliputi uji normalitas, uji wilcoxon, dan *n-gain* yang masing-masing diuraikan pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 5.** Output SPSS Uji Normalitas Kegiatan Implementasi

|          | Tests of Normality              |    |      |              |    |      |
|----------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|          | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|          | Statistic                       | df | Sig. | Statistic    | df | Sig. |
| Pretest  | .276                            | 24 | .000 | .853         | 24 | .003 |
| Posttest | .344                            | 24 | .000 | .728         | 24 | .000 |

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan Tabel 5, hasil uji sampel dependen Kolmogorov Smirnov untuk pretest dan posttest diperoleh untuk keduanya sebesar 0.000 dengan alpha sebesar 0.05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi data tidak normal sehingga dilakukan uji non-parametrik Wilcoxon untuk melihat perbedaan kedua kondisi (Minium, 1993). Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan output hasil SPSS untuk uji Wilcoxon pada tahap implementasi.

**Tabel 6.** Output SPSS Perhitungan Ranking

|                    |                | Ranks           |           |              |
|--------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------|
|                    |                | N               | Mean Rank | Sum of Ranks |
| Posttest - Pretest | Negative Ranks | 0 <sup>a</sup>  | .00       | .00          |
|                    | Positive Ranks | 20 <sup>b</sup> | 10.50     | 210.00       |
|                    | Ties           | 4 <sup>c</sup>  |           |              |
|                    | Total          | 24              |           |              |

- a. Posttest < Pretest
- b. Posttest > Pretest
- c. Posttest = Pretest

**Tabel 7.** Output SPSS Uji Wilcoxon

| Test Statistics <sup>a</sup> |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Posttest - Pretest           |                     |
| Z                            | -4.021 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed)       | .000                |

- a. Wilcoxon Signed Ranks Test
- b. Based on negative ranks.

Pada Tabel 6 selisih negatif antara hasil belajar fisika untuk momen inersia untuk pretest dan posttest adalah 0 yang menunjukkan tidak adanya penurunan dari nilai pretest ke nilai posttest. Kemudian sebanyak 20 data positif yang menunjukkan sebanyak 20 peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar, dan empat orang yang tidak mengalami perubahan.

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh nilai Asymp. Sig (2-tailed) sebesar 0.000 dengan tingkatan signifikansi 0.05. Karena Asymp. Sig lebih kecil dibandingkan  $\alpha$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar peserta didik pada sebelum dan sesudah perlakuan.

**Normalized Gain**

Perhitungan n-gain dilakukan untuk melihat tingkat peningkatan terhadap pemahaman materi peserta didik antara sebelum dan sesudah perlakuan (Sundayana, 2015). Tabel 8 menunjukkan perhitungan data perbandingan pretest dan posttest masing-masing peserta didik yang dinyatakan dalam n-gain.

**Tabel 8. N-gain**

| N             | N-GAIN | Kriteria | N  | N-GAIN      | Kriteria      |
|---------------|--------|----------|----|-------------|---------------|
| 1             | 0.75   | Tinggi   | 13 | 1.00        | Tinggi        |
| 2             | 1.00   | Tinggi   | 14 | 0.75        | Tinggi        |
| 3             | 1.00   | Tinggi   | 15 | 1.00        | Tinggi        |
| 4             | 0.67   | Sedang   | 16 | 1.00        | Tinggi        |
| 5             | 0.00   | Rendah   | 17 | 1.00        | Tinggi        |
| 6             | 0.00   | Rendah   | 18 | 1.00        | Tinggi        |
| 7             | 1.00   | Tinggi   | 19 | 1.00        | Tinggi        |
| 8             | 0.67   | Sedang   | 20 | 1.00        | Tinggi        |
| 9             | 0.50   | Sedang   | 21 | 0.00        | Rendah        |
| 10            | 1.00   | Tinggi   | 22 | 1.00        | Tinggi        |
| 11            | 1.00   | Tinggi   | 23 | 1.00        | Tinggi        |
| 12            | 0.67   | Sedang   | 24 | 0.00        | Rendah        |
| <b>n-gain</b> |        |          |    | <b>0.75</b> | <b>Tinggi</b> |

Berdasarkan perhitungan n-gain, secara rata-rata peserta didik mengalami peningkatan pemahaman dari sebelum dan sesudah perlakuan.

## KESIMPULAN

Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasi media pembelajaran fisika berupa alat ukur kecepatan yang diintegrasikan dalam percobaan penentuan momen inersia menggunakan Arduino. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan media yang dikembangkan memberikan pengaruh dan peningkatan yang signifikan terhadap hasil belajar peserta didik. Selain itu, kegiatan belajar pada materi momen inersia dengan menggunakan media yang dikembangkan memberikan pengalaman positif kepada peserta didik. Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu penggunaan sampel yang kecil. Sehingga diperlukan uji lanjutan untuk skala yang lebih besar untuk melihat efektivitas penggunaan media terhadap pemahaman peserta didik. Selain itu, penggunaan media pembelajaran juga perlu diasosiasikan dengan beragam model dan pendekatan untuk melihat seberapa besar tingkat efektivitasnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-thobaiti, B. M., Abosolaiman, I. I., Alzahrani, M. H., Almalki, S. H., & Soliman, M. S. (2014). Design and implementation of a reliable wireless Real-Time home automation system based on Arduino uno single-board microcontroller. *International journal of control, Automation and systems*, 3(3), 11-15.
- Araújo, A., Portugal, D., Couceiro, M. S., & Rocha, R. P. (2015). Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 77(2), 281-298.
- Barber, R., Horra, M., & Crespo, J. (2013). Control practices using simulink with arduino as low cost hardware. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(17), 250-255.

- Brookes, D. T., Ektina, E., & Planinsic, G. (2020). Implementing an epistemologically authentic approach to student-centered inquiry learning. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020148.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research (Fourth Edition ed.)*. Boston: Pearson.
- Escudero, M. R., Hierro, C. M., & y Pablo, A. P. D. M. (2013). Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. In *Edulearn13 Proceedings* (pp. 5127-5133). IATED.
- Güven, G., Kozcu Cakir, N., Sulun, Y., Cetin, G., & Guven, E. (2022). Arduino-assisted robotics coding applications integrated into the 5E learning model in science teaching. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(1), 108-126.
- Karamustafaoglu, S. (2011). Improving the science process skills ability of science student teachers using I diagrams. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, 3(1), 26-38.
- Minium, E., Coladarci, T., Cobb, C., & Clarke, R. (2011). *Fundamentals of Statistical Reasoning in Education: Third Edition*. USA: Wiley.
- Minium, Edward. W., Bruce M King., & Gordon Bear. 1993. *Statistical Reasoning in Psychology and Education*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Muslim, M., Zulherman, Z., & Ariska, M. (2020). Pengembangan Modul Praktikum Elektronika Dasar Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 7(2), 111-117.
- Reguera, P., García, D., Domínguez, M., Prada, M. A., & Alonso, S. (2015). A low-cost open source hardware in control education. case study: Arduino-feedback ms-150. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 117-122.
- Sohn, W. (2014). Design and evaluation of computer programming education strategy using arduino. *Advanced Science and Technology Letters*, 66(1), 73-77.
- Sundayana, Rostina. 2015. *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. (2018). Learning Electricity Using Arduino-Android Based Game to Improve STEM Literacy. *Journal of science learning*, 1(3), 77-94.
- Zlatanov, N. (2015). Arduino and open source computer hardware and software. *J. Water, Sanit. Hyg. Dev*, 10(11), 1-8.