

RANCANG BANGUN PRAKTIKUM GERAK MENGGELINDING PADA BIDANG MIRING BERBASIS SENSOR ARDUINOMIKRO UNTUK MENENTUKAN KONSTANTA INERSIA

Yopy Mardiansyah¹, Taufiq Rahman¹, Luki Hernando², Delia Meldra³

¹Teknik Industri, Institut Teknologi Batam

²Teknik Komputer, Institut Teknologi Batam

³Teknik Industri, Universitas Ibnu Sina

Email: yopi@iteba.ac.id

Diterima: 25 Januari 2022. **Direvisi:** 1 Maret 2022. **Disetujui:** 30 Maret 2022.

Abstrak

Percobaan gerak menggelinding pada bidang miring dalam pengukuran waktu dan kecepatan telah menggunakan sensor sebagai pemacu waktu pada arduino sehingga data yang dihasilkan lebih akurat. Namun rancangan alat yang telah dikembangkan belum mampu merespon benda dengan kecepatan yang lebih tinggi. Tujuan penelitian ini yaitu mengoptimalkan rancangan alat praktikum bidang miring yang ada saat ini sehingga mampu merespon gerak benda dengan kecepatan yang lebih tinggi, jarak yang lebih jauh, mampu menampilkan grafik jarak terhadap waktu, dan kecepatan terhadap waktu pada gerak menggelinding untuk menentukan konstanta inersia. Metode penelitian yang dilakukan adalah menerapkan desain alat yang sudah ada dengan modifikasi pembaruan sensor dan Arduino pro mikro. Objek yang digunakan sebagai benda uji adalah bola pejal dan bola berongga dengan variasi kemiringan sudut. Diperoleh persentase kesalahan nilai konstanta inersia antara 4% sampai 6%.

Kata Kunci: Gerak Menggelinding, Sensor, Arduino Pro Mikro, Inersia

Abstract

Experiments of rolling motion on an inclined plane in measuring time and speed have used sensors as time triggers on Arduino so that the resulting data is more accurate. However, the design of the tool that has been developed has not been able to respond to objects at higher speeds. The purpose of this study is to optimize the design of the existing inclined plane practicum tool so that it is able to respond to the motion of objects with higher speeds, longer distances, able to display graphs of distance against time, and speed against time in rolling motion to determine the inertia constant. The research method used is to apply an existing tool design with modified sensor updates and Arduino pro micro. The object used as the test object is a solid ball and a hollow ball with variations in the angle of inclination. The percentage of error in the value of the inertia constant is obtained between 4% to 6%.

Keywords: Rolling Motion, Sensors, Arduino Pro Micro, Inertia.

PENDAHULUAN

Fisika sebagai matakuliah dasar sains pada proses pembelajarannya tidak hanya mengkaji teori-teori namun juga dapat membuktikan teori tersebut dan menyelesaikan permasalahan ilmiah melalui kegiatan praktikum. Hal ini dilakukan agar tercipta pemahaman yang menyeluruh secara teori maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman teori yang mendalam tentunya didukung oleh bukti nyata agar pembelajaran lebih bermakna (Wahyuni, Sulisworo, & Ishafit, 2020)

Alat yang tidak presisi menjadi faktor penghambat dalam mencapai tujuan praktikum sehingga dibutuhkan inovasi pada alat praktikum fisika. Salah satu kegiatan eksperimen yang umumnya dilakukan dalam pembelajaran fisika di universitas adalah menyelidiki gerak benda pada bidang miring. Berdasarkan pengaruh gesekan dan momen inersia, gerak benda pada bidang miring dapat dimodelkan dengan gerakan benda titik yang meluncur tanpa gesekan, gerak benda padat menggelinding tanpa gesekan,

dan gerakan benda padat menggelinding dengan gesekan, dan benda geser tanpa gesekan (Ocvianti, Pramudya, & Sukarelawan, 2021).

Percobaan bidang miring sering dianggap terlalu sederhana untuk dimasukkan ke dalam praktikum fisika dasar di perguruan tinggi. Meskipun demikian, hal yang terpenting dari suatu kegiatan percobaan adalah bagaimana mahasiswa mampu melakukan suatu percobaan dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis disbanding hanya berfokus pada hasil percobaan (Chiu & Chen, 2013).

Sering terjadi kesalahan dalam penarikan kesimpulan setelah mahasiswa melakukan percobaan karena data yang terlalu menyebar. Salah satu faktor penyebabnya adalah penggunaan *stopwatch* sebagai alat ukur waktu karena penggunaannya menuntut respon tinggi dari penggunanya sementara refleksi manusia dalam merespon sesuatu memiliki keterbatasan. Solusi yang telah dikembangkan untuk permasalahan ini adalah menggunakan set alat bidang miring yang sudah dilengkapi sensor dan

mikrokontroller. Pemanfaatan mikrokontroler sangat perlu untuk alat-alat percobaan yang membutuhkan ketelitian dan keakurasian pengukuran yang tinggi (Sesa, Ulum, Farhamsa, & Samsul, 2018). Berdasarkan saran dari penelitian yang telah dilakukan (Pratama, Syech, & Sugianto, 2014) diharapkan untuk penelitian selanjutnya mengenai rancang bangun alat penelitian momen inersia dengan menggunakan *timer* otomatis ini menggunakan sensor lain yang lebih tepat untuk menghitung waktu rata-rata benda menggelinding pada bidang miring dan menggunakan rangkaian tambahan agar waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh silinder untuk menggelinding pada bidang miring dapat langsung tampil pada PC.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Rustan (Rustan & Handayani, 2020) dengan merancang bidang miring menggunakan sensor photodiode yang terpasang pada bagian puncak dan dasar bidang miring sebagai pengukur waktu kemudian data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik

ketinggian terhadap kuadrat nilai kecepatan benda pada bidang miring. Sehingga diperoleh hasil konstanta inersia bola berongga sebesar 0,68 dan bola pejal 0,98.

Namun saat ini, belum semua alat eksperimen gerak menggelinding di laboratorium universitas di Kepulauan Riau dilengkapi dengan sensor dan mikrokontroller sebagai pencatat waktu. Untuk pencatatan waktu pada percobaan gerak menggelinding pada bidang miring masih menggunakan stopwatch.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada matakuliah fisika dasar diperoleh deviasi data yang cukup besar pada pengukuran waktu, dan penghitungan percepatan sehingga nilai konstanta inersia yang diperoleh jauh berbeda dari teori dan melewati batas toleransi. Oleh sebab itu diperlukan adanya penggunaan sensor dan arduinomikro dalam praktikum gerak menggelinding terutama pada percobaan bidang miring agar mahasiswa dapat memahami konsep secara menyeluruh.

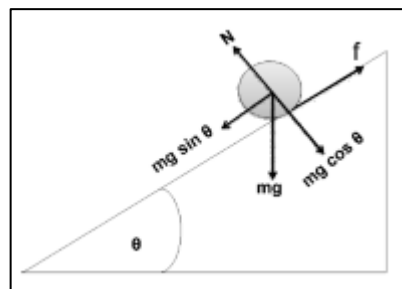
Tujuan khusus penelitian ini adalah mengoptimalkan rancangan

praktikum gerak menggelinding pada bidang miring yang telah ada dengan menggunakan sensor photodiode dan arduino pro mikro sebagai mikrokontroler dan variasi sudut serta jarak pada saat percobaan serta pemograman VB dalam menampilkan grafik jarak terhadap waktu, dan kecepatan terhadap waktu sehingga nilai konstanta inersia yang diperoleh lebih mendekati nilai yang sebenarnya. Adapun batasan dalam penelitian ini yaitu perancangan alat yang digunakan adalah modifikasi dari rancangan pada penelitian (Deesera, Ilhamsyah, & Triyanto, 2017) dengan memperhatikan kekurangan dan saran yang disampaikan.

METODE

Benda dikatakan bergerak jika terjadi perubahan posisi atau

kedudukan terhadap suatu titik acuan pada selang waktu tertentu. Besaran yang dapat menggambarkan gerak benda antara lain jarak, kecepatan, percepatan, perpindahan dan besaran fisis lainnya baik yang didapat dari hasil perhitungan maupun dari pengukuran. Gerak menggelinding merupakan perpaduan gerak translasi dan gerak rotasi. Jika bola atau silinder bergerak menggelinding pada bidang miring pada kenyataannya akan mengalami percepatan yang nilainya bergantung pada besar sudut kemiringan dan massa benda (Rod Cross, 2015). Silinder yang bergerak menuruni bidang miring seperti ditunjukkan pada Gambar 1. dari keadaan diam dipengaruhi oleh dua gaya yaitu gaya gravitasi dan gaya gesek (Ariefka & Pramudya, 2018).



Gambar 1. Gerak Menggelinding

Percepatan yang dialami benda yang bergerak tranlasi dapat ditentukan melalui persamaan 1.

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (1)$$

Persamaan 1. Percepatan pada GLBB.

Persamaan 2 percepatan benda menggelinding pada bidang miring saat mencapai ujung lintasan (Halliday, Resnick, & Krane, 1991).

$$K = \frac{g \sin \theta}{a} - 1 \quad (2)$$

Penentuan konstanta inersia benda pada penelitian ini dilakukan secara numerik yaitu dengan kalkulus menggunakan metode integral tetapi sulit dilakukan bahkan untuk benda yang bentuknya simetris (Abdullah, 2016). Penentuan momen inersia suatu benda dapat diukur menggunakan bidang miring (Muda, Wungu, & Hendrajaya, 2016). Beberapa alternatif solusi telah dikembangkan dalam perhitungan konstanta inersia benda diantaranya, analisis video dan software tracker oleh Riswanto dan Suharno (2014), Cahyadi *et al.* (2015), Yusuf (2015), dan Chusni (2018) tetapi karena tingginya tingkat kebergantungan hasil yang diperoleh dengan kamera yang digunakan. Percobaan dilakukan

oleh Saputra dan Pramudya (2019) pada bidang miring menggunakan sensor *photogate* dan mikrokontroller dan membandingkan hasilnya dengan analisis *video tracker* dimana kesalahan relatif menggunakan sensor lebih kecil dibanding analisis *video tracker* artinya pengukuran dengan sensor lebih teliti.

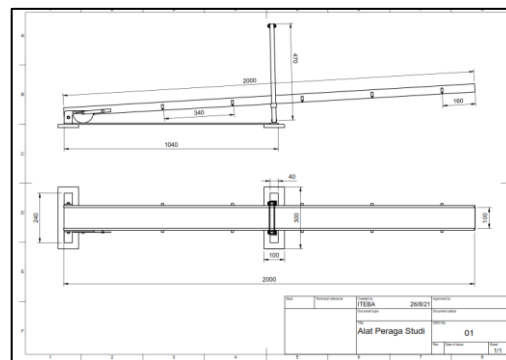
Banyak alat praktikum bidang miring yang telah dikembangkan dengan menggunakan sensor sebagai alat pencatat waktu. Berdasarkan tingkat ketelitian, alat praktikum gerak menggelinding pada bidang miring dengan menggunakan sensor sebagai pencatat waktu terbukti lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan stopwatch ataupun dengan metode analisis video tracker (Saputra & Pramudya, 2019).

Penelitian dilakukan melalui dua tahapan yaitu perancangan dan pelaksanaan. Tahap perancangan dimulai dari merancang kembali lintasan bidang miring, membuat prototype, melakukan uji coba, dan merancang assessment yang akan digunakan untuk pengambilan data dan perhitungan konstanta inersia. Selanjutnya tahap pelaksanaan

kegiatan dilakukan dengan menggunakan lintasan bidang miring yang sudah layak pada kegiatan praktikum dan melakukan pengambilan data menggunakan asesment yang telah disediakan kemudian melakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai konstanta inersia.

Pada bidang miring dipasang 5 sensor photodiode dengan jarak antar sensor 34 cm yang digunakan sebagai pencatat waktu pergerakan objek dibagian samping lintasan. Jarak antar sensor dirancang tidak terlalu jauh berdasarkan Kurniawan dan Sucahyo (2015) untuk mendeteksi perubahan nilai kecepatan yang lebih presisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Rancangan Lintasan Bidang Miring.

Sensor pertama dipasang pada jarak 50 cm dari bagian ujung lintasan bidang miring seperti pada gambar 2.

Pada penggunaannya, objek akan kita gelindingkan dari titik awal bidang miring sehingga objek nantinya akan melewati 5 sensor photodiode dan sampai ke titik akhir, sensor disini berfungsi sebagai trigger untuk record waktu tempuh objek. Ketika sensor dilewati oleh objek,

sensor akan mendeteksi dan mencatat waktu yang ditempuh. Jumlah waktu yang didapat dari hasil pengukuran 5 sensor ini akan dikirim secara otomatis oleh arduino pro micro ke microsoft excel melalui kode program yang sudah di tanam pada arduino. Data yang di dapat dari arduino akan diproses di VB sehingga bisa kita dapatkan besaran kecepatan dan percepatan dari objek dan hasil

perhitungan kecepatan dan percepatan real-time terisi kedalam grafik. tersebut akan secara otomatis dan



Gambar 3. Lintasan Bidang Miring

Setelah pembuatan alat dan pemasangan sensor selesai, selanjutnya dilakukan uji coba software dan rancangan bidang miring. Data hasil percobaan rancangan bidang miring terdapat pada Tabel 1.

Berdasarkan data pada Tabel 1, saat benda uji digelindingkan pada sudut 10^0 , waktu pada sensor 1 tercatat 1652 ms dan semakin bertambah sampai pada sensor 5 yaitu 2612 ms.

Tabel 1. Data Pembacaan Waktu Sensor

Sudut (0)	Pembacaan Waktu Sensor				
	Sensor #1 (ms) (jarak 50 cm)	Sensor #2 (ms) (jarak 84 cm)	Sensor #3 (ms) (jarak 118 cm)	Sensor #4 (ms) (jarak 152 cm)	Sensor #5 (ms) (jarak 186 cm)
10^0	1652	1952	2152	2342	2612
15^0	1580	1878	2075	2260	2430
20^0	1450	1746	1950	2142	2310
25^0	1260	1555	1750	1940	2143
30^0	1030	1327	1525	1715	1810
35^0	830	1130	1330	1520	1690

Begitupun untuk variasi sudut lainnya, waktu yang tercatat dari sensor satu hingga sensor lima semakin bertambah. Hal ini

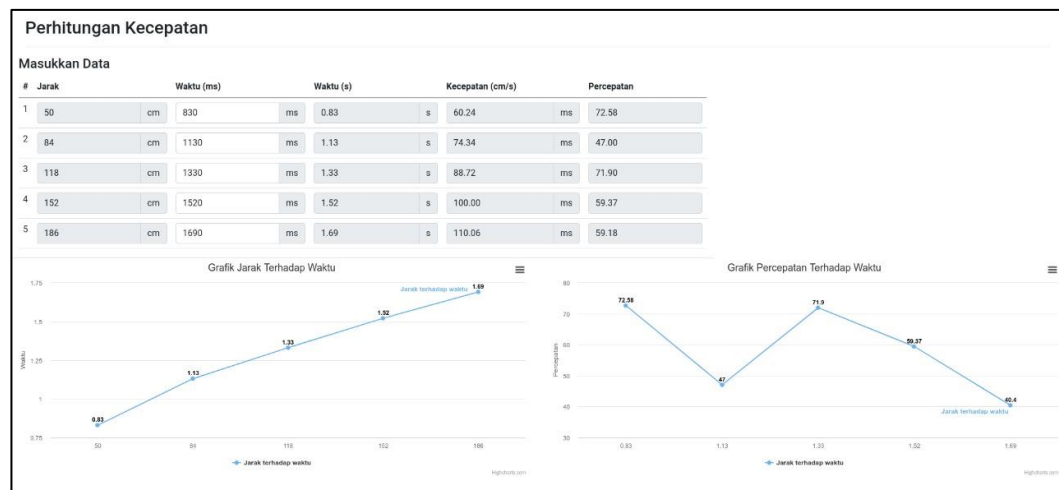
menunjukkan pemicu waktu pada sensor bekerja dengan baik. Selanjutnya, kita bandingkan data

pada sensor yang sama namun sudut yang berbeda.

Pada sensor 1 waktu yang tercatat saat sudut kemiringan lintasan 10^0 sampai 35^0 masing-masing adalah 1652 ms, 1580 ms, 1450 ms, 1260 ms, 1030 ms, 830 ms. Berdasarkan data ini, dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut atau semakin miring lintasan, waktu yang tercatat pada sensor yang sama semakin kecil. Artinya, benda meluncur dengan semakin cepat saat melewati lintasan yang semakin curam. Hal ini menunjukkan bidang miring dan sensor telah bekerja dengan baik.

Uji coba selanjtnya dilakukan pada pemograman VB untuk menampilkan nilai kecepatan dan percepatan serta menampilkan grafik yang diinginkan.

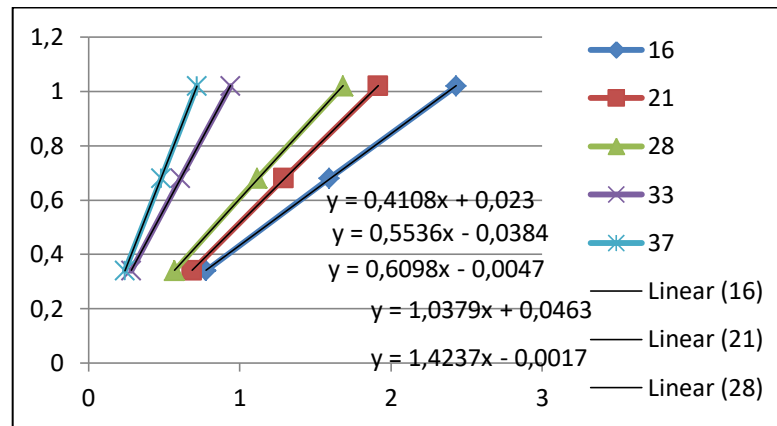
Hasil tampilan VB dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan grafik jarak terhadap waktu, terbentuk garis lurus dengan kemiringan grafik sebagai nilai kecepatan. Kemudian grafik dimodifikasi menjadi grafik jarak terhadap waktu kuadrat, maka kemiringan grafik merupakan nilai percepatan seperti pada persamaan 1.



Gambar 4. Tampilan grafik menggunakan VB

Gambar 5 merupakan grafik jarak terhadap waktu kuadrat dari data hasil percobaan objek yang digukan berupa bola pejal dengan massa 66,5 gram

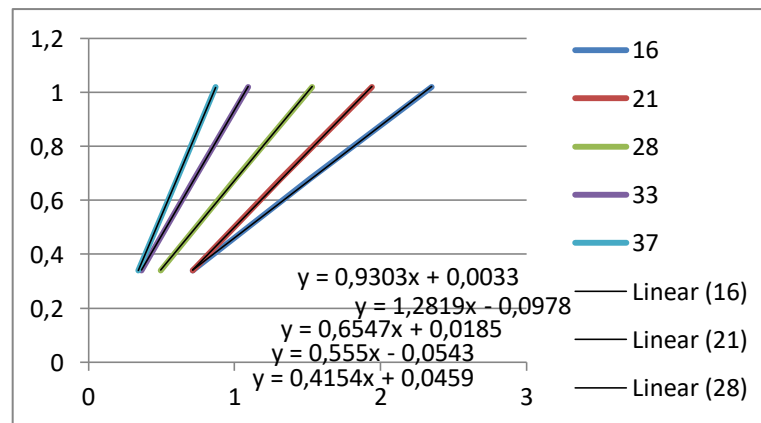
dan diameter 61,35 mm pada bidang miring dengan 5 variasi sudut kemiringan.



Gambar 5. Jarak terhadap Waktu Kuadrat Bola Pejal

Gambar 6 merupakan grafik jarak terhadap waktu kuadrat dari data hasil percobaan bola berongga dengan

massa 66,5 gram dan diameter 61,35 mm dengan variasi sudut yang sama dengan bola pejal.



Gambar 6. Jarak terhadap Waktu Kuadrat Bola Pejal

Data kemiringan grafik selanjutnya disubstitusikan pada persamaan 2 untuk mendapatkan nilai K. Untuk bola pejal diperoleh nilai K rata-rata sebesar 0,367 dan 0,709 untuk bola berongga.

Persentase kesalahan dalam percobaan ini 4% untuk bola pejal

dan 6% untuk bola berongga. Nilai error ini cukup besar dibandingkan hasil yang diperoleh Cahyadi et.al (2015) dengan nilai error untuk bola pejal sebesar 2,45% dan Rivia et al (2016) 3,98%. Hasil error ini disebabkan karena bola memiliki diameter yang relative kecil sehingga

kemungkinan terjadi kesalahan penempatan pada pusat rotasi (Mochlas & Dzulkiflih, 2016).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Institut Teknologi Batam yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di laboratorium fisika dasar serta menggunakan fasilitas laboratorium yang dibutuhkan. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini melalui skema penelitian dosen pemula dengan surat keputusan No.071/E4.1/AK.04.PT/2021 dan perjanjian kontrak Nomor 085/LL10/PG-PDPT/2021.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil percobaan diperoleh nilai konstanta inersia untuk bola pejal dan bola berongga sebesar 0,367 dan 0,709. Jika dibandingkan dengan nilai secara teori maka diperoleh persentase kesalahan dalam percobaan ini antara 4% sampai 6%. Hal ini disebabkan karena proses

perhitungan secara matematis dan nilai percepatan gravitasi yang digunakan adalah nilai gravitasi secara teori serta bentuk permukaan bola yang tidak bulat sempurna.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat percobaan gerak menggelinding pada bidang miring berbasis Arduino pro micro dengan sensor yang telah dirancang dapat digunakan dengan baik untuk menentukan nilai konstanta inersia benda uji berupa bola pejal dan bola berongga. Sensor photodiode yang digunakan sebagai pencatat waktu dapat bekerja dengan baik berdasarkan data waktu luncur objek pada bidang miring dengan variasi sudut kemiringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2016). *Fisika Dasar 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ariefka, R., & Pramudya, Y. (2019, March). The study of hollow cylinder on inclined plane to determine the cylinder moment of inertia. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1170, No. 1, p. 012081). IOP Publishing.
- Cahyadi, M., Azizah, N., Astuti, R. P., Lubis, R. U., & Latief, F. E. (2015). Penentuan Koefisien

- Momen Inersia Benda Tegar Dengan Pendekatan Dinamik Menggunakan Pemrosesan dan Analisis Video Digital. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains* (pp. 121-124).
- Chiu, Y.-J., & Chen, F.-Y. (2013). *Implications for Instruction in Inclined Plane Hands-On Experiment . The 10th International Conference on Hands-on Science*. Košice, Slovakia.
- Chusni, M. M., Rizaldi, M. F., Nurlaela, S., Nursetia, S., & Susilawati, W. (2018). *Penentuan Momen Inersia Benda Silinder Pejal Dengan Integral dan Tracker*. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan*, 4(1), 42-47.
- Cross, R. (2015). Rolling to a stop down an inclined plane. *European Journal of Physics*, 36(6), 065047.
- Deesera, V. S., & Ilhamsyah, D. T. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) Pada Bidang Miring Berbasis Arduino. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 5(2).
- Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. S. (1991). *Physics 4th Edition*. John Wiley & Sons.
- Kurniawan, D., & Sucahyo, I. (2015). Perancangan Kit Percobaan Gerak Lurus Berubah Beraturan Pada Bidang Miring. *Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3).
- Muda, R., Wungu, T. K., & Hendrajaya, L. (2016). Mengukur Kebenaran Konsep Momen Inersia dengan Peggelindingan Silinder pada Bidang Miring . *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika* , (pp. 357-366). Bandung.
- Mochlas, A. J. (2016). Kit percobaan untuk menentukan momen inersia benda tegar. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 5(3), 1-5.
- Ocvianti, M. A., Pramudya, Y., & Sukarelawan, M. I. (2021). Numerical Study of Motion of a Cylinder Filled with Water on an Inclined Plane using Scilab. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 17(3), 84-88.
- Pratama, H. R., Syech, R., & Sugianto. (2014). Rancang Bangun Alat Percobaan Momen Inersia dengan Menggunakan Timer Otomatis. *Jurnal Online Mahasiswa*.
- Yusuf, K. (2015, September). Penentuan koefisien momen inersia dengan video analisis. In *PROSIDING: Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika* (Vol. 6, No. 3).
- Rivia, N., Yohandri, & Kamus, Z. (2016). Pembuatan alat ukur momen inersia benda digital menggunakan sensor optocoupler. *Pillar of Physics*, 8(2).
- Rustan, R., & Handayani, L. (2020). Penentuan Koefisien Momen Inersia Benda Tegar Berbasis Arduino. *SAINTIFIK*, 6(2), 125-129.
- Saputra, W., & Pramudya, Y. (2020). Pengembangan Instrumentasi Penentuan Kecepatan Gerak Silinder pada Bidang Miring dengan Menggunakan Arduino.

- Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 8(2), 207-215.
- Sesa, E., Ulum, M. S., Farhamsa, D., & Samsul, S. (2018). Penentu Kecepatan Dan Percepatan Benda Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Percobaan Benda Menggelinding Pada Bidang Miring. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 7(2).
- Wahyuni, M. E., Sulisworo, D., & Ishafit. (2020). The Utilization of Sensors on Smartphone to Determine the Coefficient of Kinetic Friction with the Inclined Plane in Supporting Physics Learning. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29 (5), 5345 - 5352.
- Yusuf, K. (2015). Penentuan Koefisien Momen Inersia dengan Video Analisis. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF)* (pp. 174-178). ISSN : 2302-7827.