

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN SUDUT
PADA GERAK MELINGKAR BERBASIS MIKROKONTROLER
MENGUNAKAN SENSOR *OPTOCOUPLER***

SKRIPSI

*Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika*



Disusun oleh:

INDANA ZULFA

NIM. 08021281823080

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN SUDUT
PADA GERAK MELINGKAR BERBASIS MIKROKONTROLER
MENGUNAKAN SENSOR *OPTOCOUPLER***

SKRIPSI

*Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika*

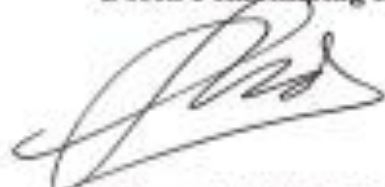
Oleh:

**INDANA ZULFA
NIM. 08021281823080**

Indralaya, 16 Mei 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Dr. Supardi, S. Pd., M.Si.
NIP. 197112112002121002

Dosen Pembimbing I



Khairul Saleh, S. Si., M. Si.
NIP. 197305181998021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Indana Zulfa

NIM : 08021281823080

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul TA : Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Sudut Pada Gerak Melingkar
Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor *Optocoupler*

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut beserta isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2010, tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan atau keterangan yang tidak benar dalam pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 12 Juni 2023

Yang menyatakan



Indana Zulfa

NIM. 08021281823080

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN SUDUT
PADA GERAK MELINGKAR BERBASIS MIKROKONTROLER
MENGUNAKAN SENSOR *OPTOCOUPLER***

Oleh:

INDANA ZULFA

NIM. 08021281823080

ABSTRAK

Penggunaan alat praktikum fisika berbasis mikrokontroler mempermudah siswa untuk memahami kajian materi gerak melingkar untuk mengetahui besarnya kecepatan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan alat berupa *optocoupler* pada modul sensor FC-03 dan NodeMCU ESP8266. Tujuannya adalah untuk mengetahui kecepatan putaran alat dan mengirimkan datanya ke *spreadsheet* secara *real time*. Penelitian ini difokuskan pada pengukuran nilai RPM dengan menggunakan teknik *incremental encoder*. Sensor FC-03 dan *encoder disk* dengan 20 *holes* digunakan untuk mendeteksi banyak *holes* yang terdeteksi dalam 1 detik, sehingga dapat dihitung berapa banyak putaran yang dilakukan oleh motor setiap menitnya. Berdasarkan hasil pengujian nilai sensor FC-03 terhadap nilai *tachometer* diperoleh rata-rata akurasi 99,32%, presisi 100%, dan *error* sebesar 0,66%. Selain itu, alat ini dapat mengirimkan setiap data hasil ke *spreadsheet* secara *wireless* dengan jarak terjauh 70 meter.

Kata kunci: *Optocoupler, incremental encoder, NodeMCU ESP8266, Spreadsheet.*

**DESIGN OF ANGULAR VELOCITY MEASURING INSTRUMENT
IN CIRCULAR MOTION MICROCONTROLLER-BASED
USING OPTOCOUPLER SENSOR**

By:

INDANA ZULFA

NIM. 08021281823080

ABSTRACT

The use of microcontroller-based physics practicum tools makes it easier for students to understand the study of circular motion material to determine the amount of speed. Therefore, this research was conducted by utilizing a tool in the form of an optocoupler on the FC-03 sensor module and NodeMCU ESP8266. The goal is to know the rotation speed of the tool and send the data to the spreadsheet in real time. This research is focused on measuring the RPM value using the incremental encoder technique. The FC-03 sensor and disk encoder with 20 holes are used to detect the number of holes detected in 1 second, so that it can be calculated how many revolutions are made by the motor every minute. Based on the test results of the FC-03 sensor value against the tachometer value, the average accuracy is 99.32%, precision is 100%, and error is 0.66%. In addition, this tool can send each result data to the spreadsheet wirelessly with the farthest distance of 70 meters.

Keywords: *Optocoupler, incremental encoder, NodeMCU ESP8266, Spreadsheet.*

MOTTO

“Allah SWT tidak akan membebani seseorang hamba melainkan sesuai dengan kemampuannya”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

Orang lain ga akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun ga ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.



“Setiap orang memiliki gilirannya masing-masing, bersabar dan tunggulah”

(Gol D. Roger)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan syukur *Alhamdulillah* dan terimakasih skripsi ini penulis persembahkan khusus kepada kedua orangtua tercinta:

Ayahanda Judin dan Ibunda Nurhayati (Almh)

Yang kasih dan cintanya tak terbatas sepanjang masa, dengan sabar mendidiku, dengan lembut menasehatiku, dan dengan tulus mengasihiku. Kasih dan ajarannya akan selalu terkenang untuk hari ini, esok dan selamanya. *Insyallah*, esok lusa kita akan bertemu kembali.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nyalah, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *“Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Sudut Pada Gerak Melingkar Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Optocoupler”* ini dengan baik. Adapun Skripsi ini dibuat dengan tujuan memenuhi salah satu persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, baik saran maupun kritik yang sifatnya membangun. Penulis juga berharap Skripsi ini dapat bermanfaat sebagai tambahan pengetahuan dan referensi dalam penelitian selanjutnya.

Selanjutnya penulis sangat mengharapkan agar kiranya Skripsi ini dapat diterima oleh pihak terkait dan tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih atas izin dan kesempatan yang diberikan kepada penulis. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu selama proses pembuatan Tugas Akhir mulai dari penyusunan proposal sampai pembuatan Skripsi terutama kepada Allah SWT. Dan Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

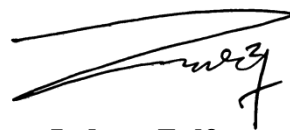
1. Bapak Khairul Saleh, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar membimbing dan memberikan saran kepada penulis, terima kasih atas bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini
2. Bapak Dr. Supardi, S.Pd.,M.Si selaku pembimbing II yang telah sabar membimbing, mengarahkan dan memberikan saran kepada penulis agar lebih baik lagi sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini
3. Bapak Dr. Ramlan selaku pembimbing akademik, yang telah memberikan motivasi dan mendukung penulis selama perkuliahan
4. Bapak Hadi, S.Si, M.T. dan Dra. Jorena, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun agar penulis lebih baik lagi
5. Bapak Ibu dosen Jurusan Fisika yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat, pembelajaran moral dan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis

6. Jajaran *staff* Jurusan Fisika FMIPA UNSRI yang telah membantu dalam proses administrasi
7. Saudara perempuanku satu-satunya, Ulya Rosidafi Sukma, yang selalu bersedia menyemangati, mendengar serta menerima segala cerita perjalanan penulis dan selalu menemani penulis dalam menyelesaikan pendidikan di Universitas Sriwijaya.
8. Sahabat terbaik sepanjang masa, Arinda Diahapsari, yang selalu setia mendengar setiap cerita bahagia maupun keluh kesah sepanjang kita mengenal hingga saat ini
9. Sahabat duaempat, Meila Puspitasari, Yeni Yunitasari, Afda'ul Hafiz, Ahmad Ridwan, Retno Ayu Saputri, Tri Lestari, M. Ferry Irawan yang selalu selalu siap menjadi *support system* dan memberikan dorongan penuh kepada penulis.
10. Teman seperjuangan perkuliahan sedari maba, Ernita, Lestiani Angquna, Ayu Yunita, Shinta Maharani dan Duwy Agustinah yang selalu saling memberikan semangat ketika lelah
11. Teman-teman dibalik layar penghuni Kontrakan penuh Kenangan, Prihayu Eka Rizkyani, Diah Wulantika dan Evi Masruroten Hidayah yang dengan tulus mendoakan serta mendukung penulis
12. Teman-teman seperjuangan se-KBI ELIN dan Fisika angkatan 2018 AMF18I, yang telah kebersamai dan menyemangati penulis.

Akhir kata, Penulis ucapkan terimakasih untuk pihak-pihak terkait, harapan terbaik dari Penulis akan selalu tercurahkan dalam untaian doa. Penulis berserah diri kepada Allah SWT dan berharap apa yang telah dilakukan ini bermanfaat dan mendapat ridho-Nya.

Indralaya, Mei 2023

Penulis



Indana Zulfa

NIM. 08021281823080

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembelajaran Fisika	5
2.2 Gerak	5
2.3 Gerak Melingkar	6
2.4 Instrumentasi	9
2.5 Sensor	9
2.5.1 Karakteristik Sensor	10
2.5.2 Sensor <i>Optocoupler</i>	11
2.6 Mikrokontroler	12
2.7 NodeMCU ESP8266	13
2.8 Arduino IDE	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.3 Alur Penelitian	17
3.4 Perancangan Sistem	18
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras	19

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Rancangan Alat.....	25
4.1.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	25
4.1.2 Hasil Rancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	26
4.2 Data Hasil Pengujian Dan Analisis	31
4.2.1 Pengujian Sensor FC-03	31
4.2.2 Pengujian Jarak Komunikasi Data <i>WiFi</i> NodeMCU	35
4.3 Kecepatan Sudut.....	36
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Besaran yang menyusun gerak melingkar beraturan.....	6
Gambar 2.2 Kecepatan linear pada gerak melingkar beraturan.....	7
Gambar 2.3 Sensor <i>Optocoupler</i>	11
Gambar 2.4 Sensor FC-03.....	12
Gambar 2.5 NodeMcu.....	13
Gambar 2.6 ESP8266-12E.....	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	19
Gambar 3.3 Ilustrasi Rancangan Sistem Pengukuran Kecepatan Sudut.....	20
Gambar 3.4 Bidang lingkaran (<i>encoder disk</i>).....	20
Gambar 3.5 Skematik Desain Rangkaian.....	21
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> akuisisi data dan pengolahan data.....	23
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Pemrograman Modul <i>WiFi</i>	24
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	25
Gambar 4.2 Sensor FC-03 dan <i>encoder disk</i>	26
Gambar 4.3 Program pada aplikasi Arduino IDE.....	27
Gambar 4.4 Program <i>script</i> editor <i>spreadsheet</i>	30
Gambar 4.5 Hasil data yang terkirim pada <i>Spreadsheet</i>	31
Gambar 4.6 Ilustrasi titik pengujian Jarak <i>WiFi</i> NodeMCU dengan laptop.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pin Sensor FC-03	12
Tabel 4.1 Uji Karakteristik Sensor FC-03	33
Tabel 4.2 Pengujian Jarak Komunikasi WiFi.....	36
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Alat Ukur Kecepatan Sudut.....	37

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan merupakan bagian dari kehidupan manusia, salah satunya adalah fisika. Fisika merupakan ilmu yang mempelajari perilaku alam dalam berbagai bentuk gejala sehingga dapat memahami apa yang mengontrol atau menentukan perilaku tersebut. Dalam memperoleh pengetahuannya, fisika dikembangkan melalui kemampuan bernalar secara analitis, induktif, dan deduktif dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan menggunakan peningkatan pemahaman, keterampilan bernalar, dan pengetahuan (Sumaji, 1998). Proses pembelajaran menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi siswa agar siswa dapat menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah (Suwanto, 2010).

Fisika merupakan bidang yang sangat penting karena melibatkan penelitian fenomena alam yang kompleks. Dalam dunia fisika, ilmu ini dapat digambarkan sebagai bahasa komunikasi matematis yang digunakan untuk membahas kejadian-kejadian di alam semesta. Untuk memahami dan mempelajari fisika, dibutuhkan gaya-gaya yang cermat dan sistematis agar informasi yang didapat menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami. Sebagai mahasiswa fisika, diharapkan untuk mampu mengidentifikasi konsep-konsep dan prinsip-prinsip fisika yang digunakan dalam memahami fenomena alam serta dapat terlibat dalam proses pembelajaran secara aktif dan menyeluruh. Oleh karena itu, pengembangan sumber daya manusia di bidang fisika sangat penting bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa depan (Mundilarto, 2002).

Dalam membantu proses belajar mengajar, diperlukan pendekatan atau metode yang sesuai dengan fakta dan pengamatan panca indera siswa. Untuk mencapai hasil penguasaan materi fisika yang maksimal, media pembelajaran yang mampu membangkitkan minat siswa harus digunakan. Teknik pembelajaran yang terpadu antara strategi, media, sarana dan prasarana pembelajaran, serta metode pembelajaran yang berbasis ilmiah sangat diperlukan (Hernawati, 2018; Nisa et al., 2014). Sama halnya dengan penggunaan teknik yang efektif dan efisien, pengetahuan yang tepat tentang media juga diperlukan agar para pelajar dapat menguasai

kompetensi yang diharapkan. Media pembelajaran merupakan sarana untuk memvisualisasikan proses belajar yang sering juga dipakai dalam pengajaran Fisika. Mata pelajaran Fisika merupakan mata pelajaran yang memerlukan pemahaman konsep yang satu dengan yang lain saling berhubungan secara hierarki (Supardi et al., 2015).

Dalam proses belajar mengajar, media pembelajaran memiliki peran yang sangat penting. Alat peraga berbasis teknologi dapat digunakan dalam proses pembelajaran di sekolah untuk menunjang pengembangan pemahaman, kemampuan, dan kebutuhan dasar penyampaian materi dan konsep fisika. Penggunaan alat peraga fisika diharapkan dapat memudahkan siswa dalam mempelajari ringkasan ide dalam materi fisika sehingga menjadi lebih konkret atau aktual (Kustandi, 2013). Selain itu, pembelajaran fisika menjadi lebih menarik, interaktif, dan penguasaan ilmu yang lebih tinggi. Siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih banyak, serta memiliki sikap dan minat belajar yang lebih meningkat dan terpusat (Hernawati, 2018).

Salah satu kajian fisika adalah gerak, yang termasuk dalam klasifikasi materi fisika, yaitu gerak melingkar. Materi gerakan melingkar beraturan adalah materi utama dalam subjek mekanika sehingga dapat mempelajari konsep-konsep fisika lainnya. Konsep gerak melingkar beraturan mungkin tidak sulit ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, namun konsepnya sering kali sukar dibayangkan oleh para siswa. Media praktikum sebagai salah satu sarana untuk membantu proses pembelajaran dan penguasaan materi memerlukan perangkat seperti alat dan bahan yang sesuai dengan percobaan yang akan dilakukan.

Beberapa penelitian telah dilaksanakan untuk menentukan kecepatan putaran dengan tujuan yang beragam, antara lain untuk menciptakan alat yang berkontribusi pada kehidupan manusia, seperti kincir angin, dan memudahkan siswa memahami gerak rotasi beserta besaran kecepatan, periode, dan frekuensi (Nurhalija et al., 2019). Contohnya adalah penelitian oleh Hanapi Ali pada tahun 2012 yang menggunakan alat *optocoupler* dan Atmega16 untuk menentukan kecepatan putaran sudu turbin dengan tujuan menghasilkan desain sudu turbin yang tepat. Kemudian, Desy pada tahun 2015 membuat alat peraga sederhana yang berfungsi sebagai media pembelajaran bagi siswa. Alat peraga ini menggunakan motor listrik untuk memutar benda-benda yang diikatkan pada tali dan dilengkapi dengan *counter* dan *timer* untuk

menghitung putaran dan waktu yang dibutuhkan. Pengembangan lebih lanjut pada alat praktikum ini sangatlah penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

Hal ini tentu memacu penulis untuk melakukan pengembangan lebih lanjut, mengingat alat praktikum sebagai media pembelajaran merupakan salah satu faktor penting dalam peningkatan kualitas pembelajaran (Sungkono, 2008). Oleh sebab itu, penelitian ini akan dilakukan untuk merancang alat praktikum gerak melingkar berbasis mikrokontroler menggunakan sensor *optocoupler* untuk mengukur kecepatan sudut. Pengembangan dari penelitian sebelumnya menimbulkan kelebihan tersendiri pada alat praktikum ini. Kelebihan itu adalah data kecepatan sudut yang diperoleh dapat ditampilkan menggunakan *spreadsheet*. Penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah prototipe alat percobaan gerak melingkar untuk menentukan kecepatan sudut yang akurat dan biaya produksi relatif murah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, masalah yang dapat diangkat pada penelitian ini dapat dirumuskan, yaitu bagaimana merancang alat pengukur kecepatan sudut dengan sensor *optocoupler* menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan dan mencegah terjadinya penyimpangan topik, batasan masalah yang digunakan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai perangkat pengolah dan pengirim data ke *spreadsheet*.
2. Penggunaan NodeMCU terbatas hanya sebagai *Access Point*.
3. Sensor FC-03 digunakan untuk mengukur banyaknya putaran
4. Data yang diperoleh terbatas hanya pada kecepatan sudut dalam gerak melingkar.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang alat pengukur kecepatan sudut pada gerak melingkar dengan sensor *optocoupler* berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
2. Uji karakteristik alat ukur kecepatan sudut berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266 menggunakan sensor *optocoupler*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini:

1. Dapat digunakan sebagai penunjang alat praktikum dan memberikan informasi perancangan kepada sivitas akademik sekolah dan universitas dalam mempelajari materi fisika, terutama gerak melingkar beraturan.
2. Memberikan inovasi kepada guru, dosen dan mahasiswa untuk mengembangkan instrumentasi-instrumentasi lain, yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino n.d. (2022). *Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1*.
<https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics>
- Asrizal, Yulkifli, & Sovia, M. (2012). Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan Sensor Optocoupler Berbasis Mikrokontroler AT89S52. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, 4(1), 9.
- Awaludin, L. (2018). *Sensor dan Instrumentasi*. Menara Ilmu Sensor Network.
<https://sensornetwork.mipa.ugm.ac.id/2018/08/22/158/>
- Clinton, A. (2018). Sistem Monitoring RPM Roda Smart Wheelchair pada Halaman Web Berbasis Ajax Menggunakan Sensor Optocoupler. In *Universitas Brawijaya*.
- Darmawan, C. W., Sompie, S. R. U. A., & Kambey, F. D. (2020). Implementasi Internet of Things pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 9(2), 92–94.
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi Ketujuh Jilid 1*. Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1997). *Fisika Jilid 1*. Erlangga.
- Hernawati, E. (2018). Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Melalui Penggunaan Metode Demonstrasi dan Media Audiovisual pada Siswa Kelas X MAN 4 Jakarta. *Jurnal Diklat Teknis*, 6(2), 118–131.
- Hidayat, F. S., Handika, J., & Sasono, M. (2018). Alternatif Uji Kalibrasi Media Praktikum Gerak Melingkar Berbasis Mikrokontroler. *SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*, 33.
- Josephine, N. E. (2020). *Modul Pembelajaran SMA Fisika*. SMAN 2 Surabaya.
- Kasrani, M. W., & Widyanto, G. (2016). Perancangan Prototype Pengendali Relay Berbasis Web dengan Ardino Uno dan Ethernet Shield. *JTE Uniba*, 1(1), 23.
- Kumpulan Rumus pada Gerak Melingkar Beraturan (GMB)*. (2018). Idschool.Net.
<https://idschool.net/sma/rumus-gerak-melingkar-beraturan-gmb/#kecepatan-linear-dan-kecepatan-sudut>
- Kustandi. (2013). *Media Pembelajaran Manual dan Digital*. Ghalia Indonesia.
- Mundilarto. (2002). *Kapita Selekta Pendidikan Fisika*. FMIPA UNY.
- Nisa, C., Widya, N., Santosa, A., & Rahmawati, E. (2014). Perancangan Instrumentasi

- Pengukur Waktu dan Kecepatan Menggunakan DT-Sense Infrared Proximity Detector untuk Pembelajaran Gerak Lurus Beraturan. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Aplikasinya*, 4(1), 36.
- Nugroho, A. S., & Suryoprato, K. (2013). Rancang Bangun Sensor Pengukur Level Interface Air dan Minyak pada Mini Plant Separator. *TEKNOFISIKA*, 2(2), 43–44.
- Nurhalija, Ardianti, D. I., Khairina, Fitra, A. A., & Yakob, M. (2019). Pemanfaatan LM393 IR Sensor Module Sebagai Pengukur Kecepatan Rotasi Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Hadron*, 1(1), 12.
- Riyanto, P. D. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. deepublish publisher. <https://play.google.com/books/reader?id=c0mlCgAAQBAJ&pg=GBS.PA17>
- Saputro, T. T. (2017). *Mengenal NodeMCU: Pertemuan Pertama*. Www.Embeddednesia.Com. <https://embeddednesia.com/v1/tutorial-nodemcu-pertemuan-pertama/>
- Sumaji. (1998). *Pendidikan Sains yang Humanistis*. Kanisius.
- Sumardi. (2013). *Mikrokontroler Belajar AVR Mulai dari Nol*. Graha Ilmu.
- Sungkono. (2008). Pemilihan dan Penggunaan Media Dalam Proses Pembelajaran. *Majalah Ilmiah Pembelajaran*, 4(1), 71.
- Supardi, Leonard, Suhendri, H., & Rismurdiyanti. (2015). Pengaruh Media Pembelajaran Dan Minat Belajar Fisika. *Jurnal Formatif*, 2(1), 71–81.
- Suwanto, K. (2010). Upaya Meningkatkan Prestasi Belajar IPA-Fisika Melalui Penerapan Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Siswa Kelas VII MTsN. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 3(2), 191.
- Wijaya, H. (2018). *Metrologi Industri*. Universitas Brawijaya Press.
- Yusro, M., & Diamah, A. (2019). *Sensor dan Transduser (Teori dan Aplikasi)*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.