

PENGEMBANGAN TURBIDIMETER SEBAGAI ALAT UKUR DAN APLIKASINYA  
DALAM PEMBELAJARAN IPA



**Diusulkan oleh :**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Nama lengkap (KETUA)   | Dr. Zulkarnain,M.Si  |
| NIDN                   | 2015118402/198411152023211010                                  |
| Jabatan Fungsional     | Lektor   |
| Prodi                  | TADRIS IPA   |
| Nama lengkap (ANGGOTA) | Wiji Aziiz Hari Mukti M.Pd.Si                                  |
| NIDN/NIP               | 2030109001/199010302023211032                                  |
| Jabatan Fungsional     | Asisten Ahli   |
| Prodi                  | TADRIS IPA   |
| Nama lengkap (ANGGOTA) | Dr.KurniawanM.Pd   |
| NIDN/NIP               | 198309222023211014   |
| Jabatan Fungsional     | Lektor   |
| Prodi                  | TADRIS IPA   |
| Nama lengkap (ANGGOTA) | KH. Dr. Abdullah Munir,M.Pd                                    |
| NIDN/NIP               | 8991110021   |
| Jabatan Fungsional     | Lektor   |
| Asal Satker            | Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Makrifatu l Ilmi Bengkulu Selatan |

**DIUSULKAN DALAM PROJEK KEGIATAN PENELITIAN  
TAHUN 2025**

## **A. JUDUL PENELITIAN**

PENGEMBANGAN TURBIDIMETER ALAT UKUR DAN APLIKASINYA DI TADRIS IPA

## **B. LATAR BELAKANG MASALAH**

Kemajuan global dalam teknologi dan informasi konon mendorong transformasi dan gangguan di banyak sektor, termasuk pendidikan(Leahy et al., 2019). Pendidikan sains memberdayakan individu dengan kemampuan berpikir kritis(Aktamış & Yenice, 2010; Aktamış & Yenice, 2010; Cortes et al., 2024a; Forawi, 2016, 2016; Hwang et al., 2023) dan pemecahan masalah(Amalina & Vidákovich, 2023; Armağan et al., 2009; Aslan, 2021; Leite & Dourado, 2013; Lu & Xie, 2024) serta kreativitas yang mendorong pembangunan berkelanjutan, kemajuan sosial, dan pertumbuhan ekonomi(Pei & Zheng, 2021). Sayangnya, kurikulum sains pendidikan dasar tampaknya tidak mempersiapkan peserta didik untuk menjadi melek sains karena sejumlah alasan. Terkait hal ini, pengajar sains dituntut untuk menjadi kreatif dan menjadi garda terdepan dalam mengimplementasikan kurikulum pendidikan sains dengan sukses.(Cortes et al., 2024b).

Dalam pembelajaran sains, terdapat banyak kegiatan ilmiah yang tidak dapat dilakukan dengan menggunakan eksperimen laboratorium nyata di ruang kelas, karena tidak mungkin dilakukan, terlalu berbahaya, terlalu rumit, atau terlalu lama.(Kroothkaew & Srisawasdi, 2013) atau terlalu abstrak. Salah satu materi yang dimaksud adalah mengenai cahaya khususnya mengenai penyerapan cahaya(Kozai et al., 2016; Sauerheber & Espinoza, 2018) dan berdasarkan penelusuran di Cendekia (Cendekia, 2025) dengan kata kunci : alat peraga penyerapan cahaya, peneliti tidak menemukan adanya hasil yang sesuai. Ini membuktikan bahwasanya masih belum adanya alat peraga untuk memperagakan materi ini dalam proses pembelajaran padahal materi ini diajarkan sejak sekolah dasar hingga diperguruan tinggi bahkan beberapa jurusan juga diajarkan seperti di Tadris IPA dan di Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah dalam matakuliah konsep dasar IPA. Padahal ada banyak alat yang memiliki prinsip kerja berbasis penyerapan cahaya namun belum dibawa kedalam pembelajaran di kelas, salah satunya adalah turbidimeter.

Efektivitas pembelajaran tergantung pada penggunaan berbagai jenis peralatan yang tersedia di sekolah (Sládek et al., 2011) salah satunya adalah keberadaan alat peraga dan alat ukur dalam pembelajaran IPA. Ada banyak penelitian yang membuktikan hal ini (Anggraini et al., 2020; Yunita & Ilyas, 2019; Basri, 2022; Cycle & Belajar, n.d.; Erlina et al., 2022; Hartini et al., 2018; Huriawati et al., 2017; Irwansyah, 2021; Panggabean &

Susanti, 2015; Widyastuti & Susanto, 2021). Dalam konteks pendidikan IPA, turbidimeter dapat digunakan sebagai salah satu bahan pembelajaran (Septianingsih et al., 2018) sebagai alat ukur (Kovačić & Ašperger, 2019; O'Donoghue & Fitzsimmons, 2022) menawarkan peluang untuk meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep IPA dan aplikasinya dalam kehidupan nyata. Dalam dugaan peneliti, harganya yang mencapai 27 juta (*Digital-Akurasi.Com*, 2025) bahkan hingga ribuan dolar (Sperandio et al., 2022) bisa jadi merupakan alasan mengapa alat ini jarang terdapat dilaboratorium termasuk dilaboratorium prodi Tadris IPA dan Laboratorium Halal di UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu sehingga dibutuhkan adanya pengembangan turbidimeter yang sederhana dan terjangkau dapat mendorong peserta didik untuk terlibat dalam proyek-proyek sains yang kreatif dan inovatif. Misalnya, peserta didik dapat menggunakannya sembari dipadukan dengan pembelajaran berbasis masalah dimana sampel yang diteliti diambil dari lingkungan sekitar yang mana tidak hanya memperdalam pemahaman mereka tentang konsep IPA, tetapi juga meningkatkan keterampilan teknis dan pemecahan masalah.

Turbidimeter adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur kekeruhan (*turbidity*) dalam suatu larutan, yang merupakan indikator jumlah partikel tersuspensi di dalamnya sedangkan Turbidimetri adalah pengukuran kekeruhan dengan mengukur derajat 'atenuasi' seberkas cahaya dengan intensitas awal yang diketahui (Bozorg-Haddad et al., 2021; Cornet, 1968; Gómez et al., 2017; Grobbelaar, 2009; Lawler, 2005; Schulz et al., 1988; Tonkin, 2012; Tyler et al., 2022; Woodard & Curran, 2006; Y. Yincan et al, 2017). Partikel ini dapat berupa sedimen, mikroorganisme, atau bahan kimia, yang berpengaruh pada kualitas larutan. Dalam berbagai aplikasi, seperti pengolahan air, industri makanan, dan penelitian lingkungan, pengukuran kekeruhan sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan produk. Berdasarkan analisis awal peneliti, penggunaan turbidimeter dalam pembelajaran dapat membantu peserta didik memahami prinsip-prinsip optik, seperti penyerapan dan penyebaran cahaya, serta konsep-konsep terkait lainnya. Dengan melakukan eksperimen yang melibatkan turbidimeter, peserta didik dapat mengamati secara langsung bagaimana partikel dalam larutan mempengaruhi transmisi cahaya, sehingga memperkuat pemahaman mereka tentang interaksi antara cahaya dan materi. Dalam penelusuran peneliti dalam Pangkalan Data Kekayaan Intelektual dengan menggunakan kata kunci turbidimeter, peneliti tidak menemukan satupun adanya pengembangan alat ini baik dalam kategori paten, desain industri dan hak cipta (Indonesia, 2025). Berdasarkan hasil penelusuran ilmiah yang peneliti lakukan, pengembangan turbidimeter didominasi memanfaatkan teknologi mikrokontroler(Fahril et

al., 2022) seperti Arduino(Dalle et al., 2020; Droujko et al., 2023; Fonseca-Campos et al., 2022; Hendri et al., 2019; Kori & R, 2022; Lay & Lwin, 2019; Meregildo Collave et al., 2024; Mulyana & Hakim, 2018; Noviasari, 2024; Saiyar & Noviansyah, 2021; Siahaan et al., 2018; Trevathan et al., 2020; Vecchio et al., 2024; Wang et al., 2024; Wiranto et al., 2016; Yudhana et al., 2021; Zaidi Farouk et al., 2023) namun tidak mudah untuk diperbanyak karena untuk menggunakan ardiuno tersebut membutuhkan modal yang tidak murah dan membutuhkan waktu yang tidak sebentar untuk mempelajarinya sehingga dibutuhkan sebuah inovasi membuat turbidimeter yang sederhana namun akurat.

### C. URGENSI PENELITIAN

Secara singkat hal yang sangat urgen mengenai penelitian iniuntukdilaksanakan:

1. Turbidimeter merupakan alat yang memiliki banyak fungsi namun harganya mahal sehingga tidak semua lembaga pendidikan memiliki termasuk Tadris IPA dan Laboratorium Halal di UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu,
2. Kebanyakan turbidimeter adalah buatan luar negeri padahal alat-alat penyusunnya sudah banyak tersedia di dalam negeri,
3. Sudah ada pengeliti yang mengembangkan turbidimeter yang mana mereka menggunakan arduino (Arunrut et al., 2024; Gisi et al., 2024; Kadaruddin & Zainuddin, 2020) yang mana tidak semua pendidik memiliki kemampuan untuk merakit dan menggunakan sehingga dibutuhkan sebuah turbidimeter yang murah dan mudah dalam pembuatannya tanpa menggunakan ardiuno.

### D. KONTRIBUSI PENELITIAN

Berdasarkan analisis peneliti, penelitian ini nantinya akan memberikan dampak serta kontribusi dalam berbagai aspek kehidupan khususnya dalam bidang teknologi dan pendidikan : sebuah turbidimeter sebagai alat ukur serta alat peraga yang murah dan mudah dalam pembuatannya yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran di Tadris IPA

### E. RUMUSAN MASALAH

Peneliti merumuskan beberapa pertanyaan dalam penelitian ini sebagai berikut

1. Bagaimana rancang bangun turbidimeter sebagai alat ukur?,
2. Berapakah tingkat ke akuratan turbidimeter sebagai alat ukur ?,
3. Bagaimana hasil uji ke praktisan dan hasil uji kelayakan turbidimeter dalam pembelajaran di Tadris IPA UIN Fas Bengkulu dan di PGMI STIT AL Quraniyah?

## **F. TUJUAN PENELITIAN**

Beberapa hal yang ingin peneliti raih diakhir penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui rancang bangun turbidimeter sebagai alat ukur,
2. Untuk menguji tingkat ke akuratan turbidimeter sebagai alat ukur,
3. Untuk mengetahui hasil uji ke praktisan dan hasil uji kelayakan turbidimeter dalam pembelajaran di Tadris IPA UIN Fas Bengkulu dan di PGMI STIT AL Quraniyah.

## **G. KAJIAN TERDAHULU YANG RELEVAN**

1. Telah ada penelitian dengan judul *From Dishwasher To River: How To Adapt A Low-Cost Turbidimeter For Water Quality Monitoring* yang dilakukan oleh Maria Fernanda Sobierajski Gisi, Oldrich Navratil, Frédéric Cherqui, Kathryn Russell, Tim Fletcher, Paulo Vitor Ribeiro Marques da Silva & Etienne Cossart. Dalam penelitian yang mereka lakukan, mereka melakukan modifikasi sensor kekeruhan SEN0189, papan Arduino, dan sensor tambahan untuk kompensasi suhu serta membuat casing sensor cetak 3-D. Mereka pun menggunakan kerangka metodologi tiga langkah. Perbedaan penelitian peneliti dengan penelitian ini adalah pada desain dan mekanisme kerja serta tujuannya . Pada penelitian yang akan peneliti gunakan adalah menggunakan luxmeter yang memang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dan tidak menggunakan sensor SEN0189 dan ardiuno, selain itu peneliti mengembangkan turbidimeter untuk diaplikasikan ke dunia pendidikan. Persamaannya adalah sama sama mengembangkan turbidimeter. (Gisi et al., 2024)
2. Telah ada penelitian dari L C Sperandio, M S Colombo, C M G Andrade and C B B Costa dengan judul *Development of a low-cost portable turbidimeter for processes* yang mana dalam penelitian ini LED inframerah digunakan sebagai pemancar cahaya, dan fototransistor inframerah sebagai penerima cahaya. Unit kontrol pemrosesan sinyal dikembangkan dengan platform Arduino Uno. Kalibrasi turbidimeter dilakukan dengan uji perbandingan rangkap tiga, menggunakan turbidimeter komersial 2100P, HACH® sebagai referensi. Turbidimeter mampu melakukan analisis dalam kisaran 100 hingga 1000 NTU, menghadirkan karakter inovatif mengingat portabilitasnya dan komunikasi komputer melalui USB. Perbedaan penelitian peneliti dengan penelitian ini mirip dengan kajian penelitian sebelumnya yakni pada desain dan mekanisme kerja. Pada penelitian yang akan peneliti gunakan adalah menggunakan turbidimeter yang memang digunakan untuk

mengukur keterserapan cahaya selain itu, peneliti akan menggunakan LED cahaya tampak yang dikolaborasikan dengan filter cahaya sehingga keluarannya akan dalam 1 panjang gelombang sedangkan peneliti tersebut menggunakan LED inframerah. Persamaannya adalah sama sama mengembangkan turbidimeter (Sperandio et al., 2022)

3. Penelitian yang dilakukan dengan judul *A review on the design and development of turbidimeter* oleh Mohd Taufiq Mohd Khairi, Sallehuddin Ibrahim, Mohd Amri Md Yunus and Mahdi Faramarzi dengan hasil *showed that a tomography-based turbidimeter can measure slight changes in the level of turbidity when the volume of contaminants is changed slightly.* Perbedaan dalam penelitian ini adalah desain dan cara pengolahan data yang mana dalam penelitian ini menggunakan pipa bening kardus sebagai tempat peralatan dan komputer dan data yang ditampilkan akan dianalisis menggunakan komputer. Peneliti akan menggunakan luxmeter, led dan kotak tanpa menggunakan komputer yang mana dalam penelitian ini hasil intensitas cahaya diambil dari hasil yang ditampilkan oleh luxmeter sehingga lebih ringkas dan lebih sederhana serta lebih murah. Selain itu, peneliti akan menggunakan filter cahaya. Persamaannya adalah sama sama menggunakan LED cahaya tampak (Mohd Khairi et al., 2015)
4. Penelitian oleh Goib Wiranto, I Dewa Putu Hermida, Abdul Fatah, Waslaluddin dengan judul *Design and realisation of a turbidimeter using TSL250 photodetector and Arduino microcontroller* dengan hasil *developed a turbidimeter using TSL250 photodetector and 650 nm laser light source. Light intensity changes due to and an Arduino microcontroller was then used to convert the measured voltage into the standart turbidity measurement unit (NTU) & displayed the results on an LCD. The system has been tested against a commercial turbidimeter, and the results showed an average accuracy of 98.7%, & good precision over 25 series of measurement & 5 day measurement cycle. The ideal measurement range of the developed system was from 10-150NTU,with the smallest measurable value (resolution) of 0.17 NTU. The turbidimeter was expected to be applied in an online water quality monitoring system.* Perbedaannya ialah dalam sumber cahaya yang mana peneliti menggunakan LED cahaya tampak namun mengkolaborasikannya dengan filter cahaya tanpa menggunakan ardiuno sedangkan mereka menggunakan laser dan ardiuno.

## H. KAJIAN TEORI

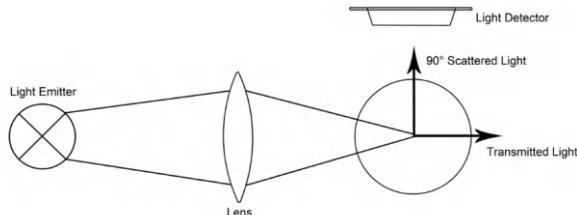
Dari sudut pandang sejarah, salah satu upaya paling awal untuk menilai kekeruhan air secara analitis dilakukan oleh seorang astrofisikawan Italia, Pastor Pietro Angelo Secchi, dengan cakram putih pada tahun 1865(Preisendorfer, 1986) . Kemajuan yang dicapai dalam ilmu optik dan elektronik akhirnya mengarah pada pengembangan turbidimeter optoelektronik(Aiestaran et al., 2009) dengan akurasi, sensitivitas, dan keandalan yang lebih unggul daripada turbidimeter generik. Saat ini, bisa dibilang pedoman paling terkenal untuk pengukuran kekeruhan adalah US EPA 180.1 (Colorimetry, 1993) dan ISO 7027-1:2016 (Standardization, 2016) khususnya untuk pemantauan dan penilaian kualitas air minum. Hach 2100Q dan Thermo Fisher OrionTM AQ4500 adalah contoh turbidimeter yang disetujui US EPA yang umum digunakan di antara regulator dan peneliti (Kadaruddin & Zainuddin, 2020).

Dahulu kala, tingkat kekeruhan diukur menggunakan Jackson Turbidity Unit (JTU). Unit ini didasarkan pada metode Jackson Candle, yang mengamati pengurangan intensitas cahaya dalam kolom air. Tingkat kekeruhan bergantung pada seberapa banyak volume air yang harus ditambahkan ke kolom untuk mengurangi intensitas cahaya lilin (Muer, 1911). Unit JTU tidak lagi digunakan saat ini karena air keruh tidak dapat diukur dengan kurang dari 25 JTU (Myre dan Shaw, 2006). Saat ini, turbidimeter menggunakan Nephelometric Turbidity Unit (NTU) sebagai unit pengukuran. Tingkat kekeruhan air internasional untuk penggunaan rumah tangga distandarisasi antara 5 dan 25 NTU (Gasim et al., 2006). Formazin Turbidity Unit (FTU) adalah unit pengukuran kekeruhan lainnya. FTU bekerja dengan sudut pengukuran yang tidak spesifik atau tidak deskriptif, yang berbeda dari NTU. NTU bekerja pada sudut pengukuran  $90^\circ$ . FTU tidak direkomendasikan untuk digunakan karena Badan Perlindungan Lingkungan AS telah membuat aturan bahwa turbidimeter harus dirancang berdasarkan sudut pengukuran  $90^\circ$  (Desain dan Konsep Turbidimeter Dasar, 1999). Parameter lain yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan adalah total padatan tersuspensi (TSS). Satuan untuk TSS adalah miligram per liter air murni (mg/l). Penelitian yang dilakukan oleh Lewis et al. (2002) dan Hannouche et al. (2011) telah menentukan hubungan antara satuan TSS dan satuan NTU. Baker et al. (2001) & Holliday et al. (2003) menyarankan persamaan terkait antara kedua unit ini, yang dapat dideskripsikan sebagai:

$$NTU = a(TSS)^b \quad (1)$$

di mana a adalah koefisien estimasi regresi dan b kira-kira sama dengan 1 untuk semua partikel.

Dalam nefelometri, detektor diposisikan pada sudut  $90^\circ$  terhadap pemancar cahaya untuk menangkap cahaya yang telah dihamburkan. Semakin besar intensitas cahaya yang dihamburkan yang terdeteksi, semakin besar kekeruhan cairan. Prinsip pengoperasian turbidimeter menggunakan teknik nefelometri diilustrasikan pada gambar berikut :



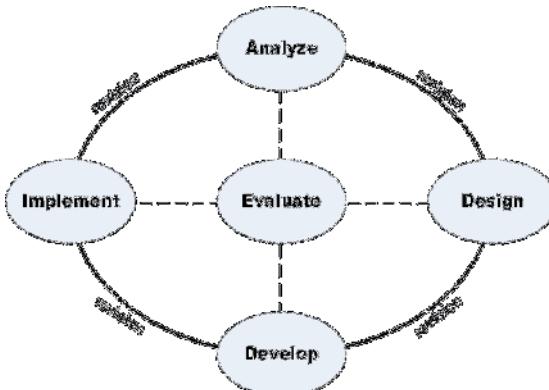
Gambar 1. Model sinar tunggal menggunakan teknik nephelometry (deteksi cahaya yang tersebar pada sudut  $90^\circ$ )

Turbidimeter bekerja berdasarkan prinsip penyebaran cahaya (*light scattering*). Mekanisme kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Sumber Cahaya:** Sumber cahaya, biasanya berupa lampu LED atau laser, memancarkan sinar ke dalam larutan yang diuji.
2. **Interaksi Cahaya dengan Partikel:** Ketika cahaya melewati larutan, partikel tersuspensi akan menyebarkan cahaya ke berbagai arah. Intensitas penyebaran ini bergantung pada ukuran, bentuk, dan konsentrasi partikel.
3. **Deteksi Cahaya Tersebar:** Detektor optik yang dipasang pada sudut tertentu, biasanya  $90^\circ$  dari arah sumber cahaya, mengukur intensitas cahaya yang tersebar. Beberapa turbidimeter juga memiliki detektor tambahan untuk mengukur cahaya yang ditransmisikan langsung.
4. **Kalkulasi Kekeruhan:** Berdasarkan intensitas cahaya yang terdeteksi, perangkat menghitung nilai kekeruhan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Units*(NTU) atau *Formazin Nephelometric Units* (FNU). Nilai ini kemudian ditampilkan pada layar sebagai hasil pengukuran.

## I. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan dari Dick et al yaitu model ADDIE, model tersebut terdiri dari lima tahapan pengembangan (Albet Maydiantoro, 2019).



Gambar 2. Langkah-langkah Pengembangan ADDIE

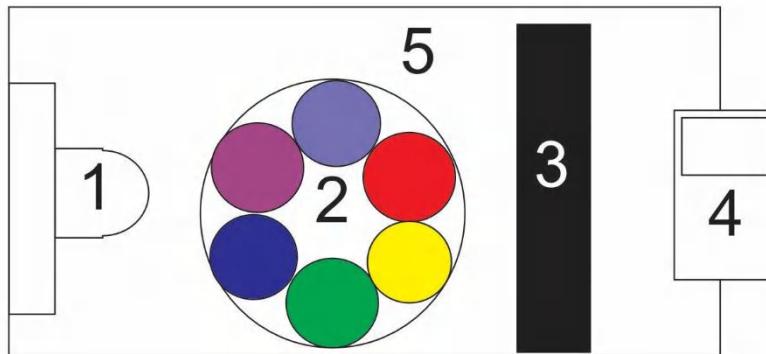
### Tahap Model Penelitian Pengembangan ADDIE

#### 1. Analysis

- Dalam model penelitian pengembangan ADDIE tahap pertama adalah menganalisis perlunya pengembangan produk baru dan menganalisis kelayakan serta syarat-syarat pengembangan produk. Pengembangan suatu produk dapat diawali oleh adanya masalah dalam produk yang sudah ada/diterapkan. Beberapa data awal yang peneliti temukan diantaranya adalah bahwasanya Turbidimeter merupakan alat yang memiliki banyak fungsi namun harganya mahal sehingga tidak semua lembaga pendidikan memiliki termasuk Tadris IPA UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu,
- Kebanyakan turbidimeter adalah buatan luar negeri padahal alat-alat penyusunnya sudah banyak tersedia di dalam negeri,
- Sudah ada pengeliti yang mengembangkan turbidimeter yang mana mereka menggunakan arduino Uno (Arunrut et al., 2024; Gisi et al., 2024; Kadaruddin & Zainuddin, 2020) yang mana tidak semua pendidik memiliki kemampuan untuk merakit dan menggunakannya sehingga dibutuhkan sebuah turbidimeter yang murah dan mudah dalam pembuatannya.

#### 2. Design

Adapun rancangan dari turbidimeter sebagai alat ukur dan aplikasinya di tadris IPA ialah sebagai berikut:



Gambar 9: Desain produk yang akan dikembangkan

Keterangan :

- 1 = LED;
- 2 = Filter cahaya;
- 3 = Sampel yang diuji ;
- 4 = luxmeter;
- 5 = Kotak meletakkan semua komponen;

### *3. Development*

Pengembangan produk dalam penelitian dilakukan dalam tahap yakni:

- a. Tahap pengembangan pertama ialah membuat turbidimeter di laboratorium tadris IPA.
- b. Tahap pengembangan kedua ialah menguji keakuratannya dengan membandingkan turbidimeter yang peneliti buat dengan turbidimeter standar yang ada ITS. Bahan yang diuji adalah menggunakan tinta warna printer epson dengan kadar tertentu yang mana variabel bebasnya adalah kadar tinta warna printer epson sebagai sampel; variabel terikat : absorbansi cahaya LED serta variabel kontrol : warna LED dan jarak LED ke lux meter
- c. Tahap pengembangan ketiga ialah pengembangan petunjuk penggunaan dan memvalidasinya ke para ahli (ahli materi, ahli bahasa & ahli media) untuk dinilai kelayakannya dengan mengacu pada standar penilaian BSNP.
- d. Tahap pengembangan keempat adalah memvalidasi turbidimeter ke ahli materi dan ahli media untuk dinilai kelayakannya menggunakan pedoman validasi yang mengacu pada instrumen yang digunakan pada penelitian Syifa Ul Fuada (Fuada, 2015)

### *4. Implementation*

Tahap implementasi dilakukan dengan mempersiapkan perangkat pembelajaran. Pada penelitian ini implementasi dilakukan terhadap mahasiswa didik prodi Tadris IPA UIN FAS Bengkulu yang sedang mengambil matakuliah fisika dasar dan matakuliah kimia dasar. Langkah yang dilakukan pada tahap ini yaitu: a. Menyiapkan pendidik b. Menyiapkan peserta didik c. evaluasi

#### 5. *Evaluation*

Tahap evaluasi pada penelitian pengembangan model ADDIE dilakukan untuk memberi umpan balik kepada pengguna produk, sehingga revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi atau kebutuhan yang belum dapat dipenuhi oleh produk tersebut. Tujuan akhir evaluasi yakni mengukur ketercapaian tujuan pengembangan

### J. RENCANA PEMBAHASAN

Hal hal yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi 4 hal yakni :

1. Membahas mengenai hasil rancang bangun turbidimeter, meliputi ukuran dari tiap komponen termasuk mengenai data absorpsi pengujian sebagai variabel terikat dengan berbagai variabel bebas serta biaya yang dibutuhkan dalam pembuatannya turbidimeter ini.
2. Membahas hasil uji ke akuratan dari turbidimeter ini dan membandingkan dengan turbidimeter standar yang sudah teruji akurasinya.
3. Pembahasan ke 3 ialah membahas mengenai kelayakan petunjuk penggunaan turbidimeter.
4. Pembahasan ke 4 ialah membahas mengenai kelayakan dan kepraktisan turbidimeter dalam pembelajaran di Tadris IPA. Kelayakan dihitung dengan teknik analisis frekuensi data menggunakan persamaan sebagai berikut (Purwanto, 2011)

$$P = \frac{R}{SM} \times 100\%$$

Penjabaran:

P : Tingkat kelayakan

R : Nilai yang didapatkan

SM :Nilai tertinggi.

## **WAKTU PELAKSANAAN PENELITIAN**

| Kegiatan   | Bulan |   |   |     |     |   |   |   |      |       |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
|--|-------|---|---|-----|-----|---|---|---|------|-------|--------|---------|----------|----------|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|--|--|
|  | Jan   |   |   |     | Feb |   |   |   | Mar  |       |        |         | Apr      |          |   |   | Mei |   |   |   | Jun  |   |   |   |  |  |
|  | 1     | 2 | 3 | 4   | 1   | 2 | 3 | 4 | 1    | 2     | 3      | 4       | 1        | 2        | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 |  |  |
| Tanda tangan kontrak   |       | ■ |   |     |     |   |   |   |      |       |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Mengumpulkan alat dan bahan  |       |   | ■ |     |     |   |   |   |      |       |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Melakukan perakitan produk sesuai desain                             |       |   |   | ■■■ |     |   |   |   |      |       |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Melakukan pengukuran dari turbidimeter berbasis lux meter            |       |   |   |     |     |   |   |   | ■■■■ |       |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Melakukan perbaikan turbidimeter berbasis lux meter                  |       |   |   |     |     |   |   |   |      | ■■■■■ |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Menyusun petunjuk penggunaan turbidimeter berbasis lux meter         |       |   |   |     |     |   |   |   |      |       | ■■■■■■ |         |          |          | ■ |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Melaksanakan seminar antara  |       |   |   |     |     |   |   |   |      |       |        | ■■■■■■■ |          |          |   |   | ■   |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Menguji keakuratan dari turbidimeter berbasis lux meter di ITS       |       |   |   |     |     |   |   |   |      |       |        |         | ■■■■■■■■ |          |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Melakukan validasi dari petunjuk turbidimeter berbasis lux meter     |       |   |   |     |     |   |   |   |      |       |        |         |          | ■■■■■■■■ |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
| Melakukan validasi dari turbidimeter berbasis lux meter ke para ahli |       |   |   |     |     |   |   |   |      |       |        |         |          |          |   |   |     |   |   |   | ■■■■ |   |   |   |  |  |



## J. RAB

### RENCANA PENGGUNAAN ANGGARAN ( RPA ) Kegiatan Penelitian

Kluster :Penelitian antar perguruan tinggi

Judul : PENGEMBANGAN TURBIDIMETER SEBAGAI ALAT UKUR DAN APLIKASINYA DI  
TADRIS IPA

Jumlah Biaya : 47.500.000

Tahun : 2025

| bahan yang dibeli  | Uraian Volume |    |      | Rincian Penggunaan Dana Penelitian |        |              |            |
|--|---------------|----|------|------------------------------------|--------|--------------|------------|
|  |               |    |      | Vol                                | Satuan | Harga Satuan | Jumlah     |
| Materai 10rb   |               | 11 | bah  | 11                                 | bah    | 10.000       | 110.000    |
| membeli peralatan Turbidimeter (LED, luxmeter, baterai, kabel dll) sekaligus |               |    |      | 1                                  | paket  |              | 10.000.000 |
| jasa tukang  |               | 1  | kali | 1                                  | kali   | 2.000.000    | 2.000.000  |
| uji keakuratan ke laboratorium kimia ITS                                     |               |    |      | 3                                  | kali   | 1.000.000    | 3.000.000  |
| tiket bengkulu surabaya  |               | 1  | kali | 3                                  | org    | 1.650.000    | 4.950.000  |
| hotel di surabaya  |               | 3  | mlm  | 3                                  | org    | 100.000      | 900.000    |
| perjalanan menggunakan mobil dari hotel ke ITS                               |               |    |      | 1                                  | kali   | 100.000      | 100.000    |
| perjalanan menggunakan mobil dari ITS ke hotel                               |               | 1  | kali | 1                                  | kali   | 100.000      | 100.000    |
| uang harian  |               | 3  | org  | 1                                  | kali   | 380.000      | 1.140.000  |
| perjalanan menggunakan mobil   |               | 1  | kali | 1                                  | kali   | 100.000      | 100.000    |
| uang harian  |               | 3  | org  | 1                                  | kali   | 100.000      | 300.000    |
| perjalanan menggunakan mobil   |               | 1  | kali | 1                                  | kali   | 100.000      | 100.000    |
| perjalanan menggunakan mobil   |               | 1  | kali | 1                                  | kali   | 100.000      | 100.000    |
| perjalanan dari surabaya ke bengkulu menggunakan pesawat                     |               | 1  | kali | 3                                  | org    | 1.600.000    | 4.800.000  |
| jasa analisis data   |               | 1  | keg  | 1                                  | Keg    | 1.000.000    | 1.000.000  |
| HKI  |               | 1  | keg  | 1                                  | Keg    | 300.000      | 300.000    |
| publish artikel ke jurnal  |               | 1  | keg  | 1                                  | keg    | 10.500.000   | 10.500.000 |
| mencetak laporan antara  |               | 1  | keg  | 1                                  | Keg    | 500.000      | 500.000    |
| perbanyak spektrofotometer untuk uji kepraktisan                             |               | 1  | keg  | 10                                 | bah    | 750.000      | 7.500.000  |
|  |               |    |      |                                    |        |              | 47.500.000 |

Ketua Peneliti,

Dr. Zulkarnain,M.Si

## **O. Organisasi Pelaksana**

Ketua : Dr. Zulkarnain,M.Si  
NIP : 198411152023211010  
ID Litabdimas : 20201614100328  
Pangkat/Jabatan : Lektor / XI /IIIC  
Asal satker : UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu  
Fakultas / Prodi : FTT/ prodi Tadris IPA  
Jenis kelamin : Laki laki  
Tempat Tanggal Lahir : Tanjung Agung/ 1984-1 1-15  
Alamat : Jl. Jati Raya no 64 Sawah Lebar, Ratu Agung, Kota Bengkulu  
Riwayat pendidikan : S1 Kimia UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
S2 Kimia UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
S3 Kimia INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Anggota : Wiji Aziiz Hari Mukti,M.Pd.Si  
NIP : 199010302023211032  
ID Litabdimas : 203010900110000  
Pangkat : Asisten Ahli/ X  
Asal satker : UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu  
Fakultas / Prodi : FTT/ prodi Tadris IPA  
Jenis kelamin : Laki laki  
Tempat Tanggal Lahir : Tais/ 1990-1 0-30  
Alamat : Perumnas Betungan Raflesia Asri Blok C22 Rt 49 RW 07 Kelurahan Betungan Kecamatan Selebar Kota Bengkulu  
Riwayat pendidikan : S1 Pendidikan Fisika UNY  
S2 Pendidikan IPA Konsentrasi Fisika UNIB  
Anggota : Dr. Kurniawan,M.Pd  
Id Litabdimas : 202209830108000  
Pangkat/Jabatan : Lektor / XI /IIIC  
Asal satker : UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu  
Fakultas / Prodi : FTT/ prodi Tadris IPA  
Jenis kelamin : Laki laki

Tempat Tanggal Lahir : PADANG JAYA/ 1983-09-22

Alamat : JL. TELAGA DEWA, KOMPLEK KAMPUS IAIN, PAGAR DEWA, SELEBAR, KOTA BENGKULU

Riwayat pendidikan : S1 Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

S2 Manajemen Pendidikan IAIN Bengkulu

S3 Pendidikan PAI UIN FAS Bengkulu

Anggota : KH. Dr. Abdullah Munir,M.Pd

NIDN : 8991110021

Id Litabdimas : 21359812150319

Pangkat/Jabatan : Lektor /IIIC

Asal Satker : Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Makrifatul Ilmi Bengkulu Selatan

Jenis kelamin : Laki laki

Tempat Tanggal Lahir : Jombang/ 1960-04-27

Alamat : Jl. Affan Bachsin RT. 02, Kel. Pasar Mulia,Kec.Pasar Manna,Kab. Bengkulu Selatan

Riwayat pendidikan : S3 Pendidikan PAI UIN FAS Bengkulu

## L. REFERENSI

- Aiestaran, P., Arrue, J., & Zubia, J. (2009). Design of a Sensor Based on Plastic Optical Fibre (POF) to Measure Fluid Flow and Turbidity. In *Sensors* (Vol. 9, Issue 5, pp. 3790–3800). <https://doi.org/10.3390/s90503790>
- Aktamış, H., & Yenice, N. (2010). Determination of the science process skills and critical thinking skill levels. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3282–3288. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.502>
- Aktamış, H., & Yenice, N. (2010). Determination of the science process skills and critical thinking skill levels. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3282–3288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.502>
- Albet Maydiantoro. (2019). Model-Model Penelitian Pengembangan (Research and Development). *Jurnal Metode Penelitian*, 10, 3.
- Amalina, I. K., & Vidákovich, T. (2023). Cognitive and socioeconomic factors that influence the mathematical problem-solving skills of students. *Heliyon*, 9(9), e19539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19539>
- Anggraini, V. A., Mauliska, N., & Sholehah, M. (2020). Kulidawa Kulidawa. *Kulidawa*, 2(2), 64–67.
- Armağan, F. Ö., Sağır, Ş. U., & Çelik, A. Y. (2009). The effects of students' problem solving skills on their understanding of chemical rate and their achievement on this issue. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2678–2684. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.473>
- Arunrut, N., Jitrakorn, S., Tondee, B., Saksmerprome, V., & Kiatpathomchai, W. (2024). Real-time triplex loop-mediated isothermal amplification (LAMP) using a turbidimeter for detection of shrimp infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV). *Journal of Aquatic Animal Health*, October 2023, 205–219. <https://doi.org/10.1002/aah.10218>
- Aslan, A. (2021). Problem- based learning in live online classes: Learning achievement, problem-solving skill, communication skill, and interaction. *Computers & Education*, 171, 104237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104237>
- Basri, S. (2022). *Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik Kelas X Di Sman 11 Maros the Effectiveness of Environmental-Based Teaching Aids in Improving the Understanding of Physics Concepts for Class X Students At Sman 11 Maros*. 06(1), 107–113.
- Bozorg-Haddad, O., Delpasand, M., & Loáiciga, H. A. (2021). *10 - Water quality, hygiene, and health* (O. B. T.-E. Bozorg-Haddad Political, and Social Issues in Water Resources Ed.); pp. 217–257). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90567-1.00008-5>
- Cendekia, G. (2025). *Cendekia*.
- Colorimetry, B. Y. S. (1993). *Office of Research and Development*. August, 1–14.
- Cornet, C. F. (1968). Turbidimetry as a tool for the characterization of molecular-weight distributions. *Polymer*, 9, 7–14. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0032-3861\(68\)90003-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0032-3861(68)90003-7)
- Cortes, S. T., Lorca, A. S., Pineda, H. A., Tubog, R., & Vilbar, A. (2024a). Strengthening science education in basic education through a professional development program on

- participatory action research for science teachers. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101194. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101194](https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101194)
- Cortes, S. T., Lorca, A. S., Pineda, H. A., Tubog, R., & Vilbar, A. (2024b). Strengthening science education in basic education through a professional development program on participatory action research for science teachers. *Social Sciences and Humanities Open*, 10(June), 101194. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101194>
- Cycle, P. L., & Belajar, P. (n.d.). *EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN LEARNING CYCLE MENGGUNAKAN ALAT PERAGA TERHADAP PRESTASI KELAS VIII MTs NEGERI KESESI Winda Arigustanti Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNIKAL Pendahuluan Mata pelajaran matematika materi kubus dan balok di MTs Negeri Kes. I*, 1–73.
- Dalle, J., Elfirman, M. Z., & Sufyan, M. (2020). Microcontroller based water measurement level prototype using fuzzy logic method. *TEM Journal*, 9(2), 694–701. <https://doi.org/10.18421/TEM92-36>
- digital-akurasi.com*. (2025).
- Droujko, J., Kunz, F., & Molnar, P. (2023). Ötz-T: 3D-printed open-source turbidity sensor with Arduino shield for suspended sediment monitoring. *HardwareX*, 13, e00395. <https://doi.org/10.1016/j.hwx.2023.e00395>
- Erlina, N., I Wayan Sukra Warpala, & Putu Prima Juniatina. (2022). Pengembangan Alat Peraga 3D berbasis Eco-Friendly melalui Project Based Online Learning untuk Meningkatkan Kreativitas Ilmiah Calon Guru IPA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 5(2), 177–186. <https://doi.org/10.23887/jppsi.v5i2.52785>
- Fahril, M. A., Rangkuti, N. A., & Nila, I. R. (2022). Pengujian Alat Pendekripsi Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroller Atmega 8535 Sebagai Sensor Turbidity. *Hadron Jurnal Fisika Dan Terapan*, 4(1), 13–19.
- Fonseca-Campos, J., Reyes-Ramírez, I., Guzmán-Vargas, L., Fonseca-Ruiz, L., Mendoza-Pérez, J., & Rodriguez-Espinosa, P. F. (2022). Multiparametric System for Measuring Physicochemical Variables Associated to Water Quality Based on the Arduino Platform. *IEEE Access*, 10, 69700–69713. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:250190958>
- Forawi, S. A. (2016). Standard-based science education and critical thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 20, 52–62. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.02.005](https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.02.005)
- Fuada, S. (2015). Pengujian Validitas Alat Peraga Pembangkit Sinyal (Oscillator) Untuk Pembelajaran Workshop Instrumentasi Industri. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan, November*, 854–861.
- Gisi, M. F. S., Navratil, O., Cherqui, F., Russell, K., Fletcher, T., da Silva, P. V. R. M., & Cossart, E. (2024). From dishwasher to river: how to adapt a low-cost turbidimeter for water quality monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(12), 1180. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13327-1>
- Gómez, R., Arce, M. I., Baldwin, D. S., & Dahm, C. N. (2017). *Chapter 3.1 - Water Physicochemistry in Intermittent Rivers and Ephemeral Streams* (T. Datry, N. Bonada, & A. B. T.-I. R. and E. S. Boulton (Eds.); pp. 109–134). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00005-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00005-X)
- Grobelaar, J. U. (2009). *Turbidity* (G. E. B. T.-E. of I. W. Likens (Ed.); pp. 699–704). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00075-2](https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00075-2)

- Hartini, S., Dewantara, D., & Mahtari, S. (2018). Pengembangan Alat Peraga Fisika Energi Melalui Perkuliahan Berbasis Project Based Learning. *Vidya Karya*, 33(1), 42. <https://doi.org/10.20527/jvk.v33i1.5393>
- Hendri, H., Enggari, S., Mardison, Putra, M. R., & Rani, L. N. (2019). Automatic System to Fish Feeder and Water Turbidity Detector Using Arduino Mega. *Journal of Physics: Conference Series*, 1339(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1339/1/012013>
- Huriawati, F., Yusro, A. C., & Fisika, P. (2017). Pengembangan Odd " Osilator Digital Detector " Sebagai. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 4, 1–9. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jipf/article/view/4257>
- Hwang, J., Hand, B., & French, B. F. (2023). Critical thinking skills and science achievement: A latent profile analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 49, 101349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101349>
- Indonesia, P. (2025). *Pangkalan Data Kekayaan Intelektual Indonesia*.
- Irwansyah, I. (2021). Efektivitas Penerapan Alat Peraga Aktual Terhadap Hasil Belajar Fisika Pada Materi Pengukuran. *Lensa*, 15(2), 46–52. <https://doi.org/10.58872/lensa.v15i2.14>
- Kadaruddin, K., & Zainuddin, M. (2020). A brief review on low-cost turbidimeter designs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 476(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/476/1/012096>
- Kori, D. N., & R, R. (2022). Measuring Water Quality using Arduino and Turbidity Sensor. *International Journal of Computer Applications*, 184(36), 1–4. <https://doi.org/10.5120/ijca2022922450>
- Kovačić, M., & Ašperger, D. (2019). Low-Cost Turbidimeter, Colorimeter, and Nephelometer for the Student Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2649–2654. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00252>
- Kozai, T., Niu, G., & Takagaki, M. B. T.-P. F. (Eds.). (2016). *Chapter 7 - Light* (pp. 115–128). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00007-X>
- Kroothkaew, S., & Srisawasdi, N. (2013). Teaching How Light can be Refracted Using Simulation-based Inquiry with a Dual-situated Learning Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 2023–2027. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.159>
- Lawler, D. M. (2005). *SPECTROPHOTOMETRY | Turbidimetry and Nephelometry* (P. Worsfold, A. Townshend, & C. B. T.-E. of A. S. (Second E. Poole (Eds.); pp. 343–351). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00718-4>
- Lay, Z. M., & Lwin, S. (2019). Arduino-Based Detection of Water Quality By Turbidity Sensor and Ph Level Sensor. *Peer-Reviewed, Refereed, Indexed Journal with IC*, 5, 2455–0620.
- Leahy, S. M., Holland, C., & Ward, F. (2019). The digital frontier: Envisioning future technologies impact on the classroom. *Futures*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.04.009>
- Leite, L., & Dourado, L. (2013). Laboratory Activities, Science Education and Problem-solving Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 1677–1686. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.190>
- Lu, D., & Xie, Y.-N. (2024). The application of educational technology to develop problem-solving skills: A systematic review. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 101454. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101454>

- Meregildo Collave, C. X., Lázaro Bacilio, R. J., Guerrero Escobedo, A. E., Rodriguez Espinoza, R. F., Azabache Liza, Y. F., & Ipanaqué Roña, J. M. (2024). Turbidity and color removal from irrigation water, with coagulants and activated carbon, controlled by an Arduino system. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 100978. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100978>
- Mohd Khairi, M. T., Ibrahim, S., Md Yunus, M. A., & Faramarzi, M. (2015). A review on the design and development of turbidimeter. *Sensor Review*, 35(1), 98–105. <https://doi.org/10.1108/SR-01-2014-604>
- Mulyana, Y., & Hakim, D. L. (2018). Prototype of Water Turbidity Monitoring System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 384(1), 5–11. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/384/1/012052>
- Noviasari, L. (2024). *Jurnal E-Komtek Water Turbidity Detection Device Using Turbidity Sensor Based on Arduino Uno*. 8(2), 438–444.
- O'Donoghue, J., & Fitzsimmons, L. (2022). Simplified Low-Cost LED Nephelometer and Turbidity Experiments for Practical Teaching. *Journal of Chemical Education*, 99(3), 1304–1312. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01225>
- Panggabean, F. T. M., & Susanti, N. (2015). Efektifitas Media Peta Konsep untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kimia Umum I Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika pada Materi Stoikiometri. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(3), 25–34.
- Pei, X., & Zheng, T. (2021). Comparative Study on Development of Science Education Worldwide: Advances in Ideas, Themes and Practice. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 36(7), 771–778. <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20210517001-en>
- Preisendorfer, R. W. (1986). Secchi Disk Science: Visual Optics of Natural Waters. *Limnology and Oceanography*, 31(5), 909–926. <http://www.jstor.org/stable/2836700>
- Saiyar, H., & Noviansyah, M. (2021). Identification of Water Turbidity With Turbidity Sensor Based on Arduino. *Jurnal Riset Informatika*, 3(4), 395–400. <https://doi.org/10.34288/jri.v3i4.277>
- Sauerheber, R., & Espinoza, E. (2018). Characteristics of light: Velocity, massless energy, and special relativity. *Optik*, 168, 974–986. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2018.04.070>
- Schulz, E., Jensen, B., & Celerynova, E. (1988). Automated turbidimetry for rapid determination of the bacteriological quality of raw meat and processed meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 6(3), 219–227. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1605\(88\)90014-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1605(88)90014-1)
- Septianingsih, D. A., Firdaus, M. L., & Farid, M. (2018). Pengukuran kualitas dan muka air tanah di sekitar PT. Bio Nusantara Teknologi untuk mendukung proses pembelajaran fisika. *PENDIPA Journal of Science Education*, 2(1), 76–81. <https://doi.org/10.33369/pendipa.2.1.76-81>
- Siahaan, A. P. U., Silitonga, N., Iqbal, M., Aryza, S., Fitriani, W., Ramadhan, Z., Tharo, Z., Rusiadi, Hidayat, R., Hasibuan, H. A., Nasution, M. D. T. P., Ikhwan, A., Azhar, Z., & Harahap, M. I. D. (2018). Arduino Uno-based water turbidity meter using LDR and LED sensors. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4), 2113–2117. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.14020>
- Sládek, P., Milé, T., & Benárová, R. (2011). *How to increase students' interest in science*

- and technology*, 12, 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.02.024>
- Sperandio, L. C. C., Colombo, M. S., Andrade, C. M. G., & Costa, C. B. B. (2022). Development of a low-cost portable turbidimeter for chemical processes. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*, 21(1), 1–14. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Proc2559>
- Standardization, I. O. for. (2016). *Water quality — Determination of turbidity*. <https://www.iso.org/standard/62801.html#lifecycle>
- Tonkin, N. S. (2012). Chapter 17 - Deltas. In D. Knaust & R. G. B. T.-D. in S. Bromley (Eds.), *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments* (Vol. 64, pp. 507–528). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53813-0.00017-4>
- Trevathan, J., Read, W., & Schmidtke, S. (2020). Towards the development of an affordable and practical light attenuation turbidity sensor for remote near real-time aquatic monitoring. *Sensors (Switzerland)*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20071993>
- Tyler, A., Hunter, P., De Keukelaere, L., Ogashawara, I., & Spyarakos, E. (2022). *Remote Sensing of Inland Water Quality* (T. Mehner & K. B. T.-E. of I. W. (Second E. Tockner (Eds.); pp. 570–584). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00213-9>
- Vecchio, A., Bini, M., Lazzarotti, M., Luppichini, M., & Palmieri, M. (2024). A smart, multi-configuration, and low-cost system for water turbidity monitoring. *Results in Engineering*, 24, 103116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103116>
- Wang, M., Shi, B., Catsamas, S., Kolotelo, P., & McCarthy, D. T. (2024). A Compact, Low-Cost, and Low-Power Turbidity Sensor for Continuous In Situ Stormwater Monitoring. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:270565964>
- Widyastuti, & Susanto, N. N. (2021). Pengembangan Perangkat Praktikum Materi Gerak Parabola Pada Mata Kuliah Praktikum Fisika Dasar 1. *Integrated Lab Journal*, 9(2), 124–134. <http://ejournal.uin-suka.ac.id/pusat/integratedlab/article/view/2684>
- Wiranto, G., Hermida, I. D. P., Fatah, A., & Waslaluddin. (2016). Design and realisation of a turbidimeter using TSL250 photodetector and Arduino microcontroller. *2016 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE)*, 324–327. <https://doi.org/10.1109/SMELEC.2016.7573657>
- Woodard & Curran, I. (2006). *5 - Waste Characterization* (I. Woodard & Curran BT - Industrial Waste Treatment Handbook (Second Edition) (Ed.); pp. 83–126). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-075067963-3/50007-2>
- Yincan et al, Y. (2017). *Chapter 10 - Submarine Turbidity Current* (Y. B. T.-M. G.-H. in C. Yincan et al (Ed.); pp. 421–451). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812726-1.00010-3>
- Yudhana, A., Mukhopadhyay, S., Prima, O. D. A., Akbar, S. A., Nuraisyah, F., Mufandi, I., Fauzi, K. H., & Nasyah, N. A. (2021). Multi sensor application-based for measuring the quality of human urine on first-void urine. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 34, 100461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100461>
- Yunita, I., & Ilyas, A. (2019). Efektivitas Alat Peraga Induksi Elektromagnetik Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 245–253. <https://doi.org/10.24042/ijsm.v2i2.4349>
- Zaidi Farouk, M. I. H., Jamil, Z., & Abdul Latip, M. F. (2023). Towards online surface water quality monitoring technology: A review. *Environmental Research*, 238, 117147.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117147>