



Pengembangan E-Modul pada Materi Fluida Statis Berbasis *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik

Selly Novianty Putri^{1*}, Rita Juliani¹

¹ Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3500>

Article Info

Received: August, 12th 2026

Revised : August, 31st 2026

Accepted: October, 1st 2026

Correspondence:

Selly Novianty Putri

Phone: +6285283161824

Abstract: The low Science Process Skills (KPS) and learning motivation in physics students at XI MAN 2 MODEL MEDAN are caused by teacher-centered instruction, theory-only lessons with no practical work, and unengaging teaching materials. This study aims to produce an e-modul based on Project Based Learning (PjBL) on static fluids that is valid, practical, and effective in improving students' KPS. This research and development (R&D) study used the 4-D model, with the stages of define, design, develop, and disseminate. The e-modul was designed using Canva and distributed as a Heyzine flipbook. The research subjects were 31 students of Class XI F-5. Data were collected through expert validation sheets, teacher and student response questionnaires, and pretest and posttest instruments. The results showed that the e-modul was rated as highly valid by the material expert (90.08%) and the media expert (93.6%), and as highly practical by the teacher (94.44%) and students (89.33%). The students' mean score increased from 39.84 on the pretest to 83.55 on the posttest, with an N-Gain of 72.65%, which falls in the high category. The PjBL-based e-modul on static fluids is therefore declared highly valid, highly practical, and effective in improving KPS-based learning achievement.

Keywords: Research and Development, 4-D Model, E-Modul, Project Based Learning, Fluida Statis.

Citation: Putri, S. N., & Juliani, R. (2026). Pengembangan E-Modul pada Materi Fluida Statis Berbasis *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(4), 6157–6164. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3500>

Pendahuluan

Tahun 2022 Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (Kemendikbud RI) Menetapkan kurikulum merdeka belajar sebagai penyempurna kurikulum 2013 (Baderiah, 2018). Kurikulum merdeka belajar merupakan gagasan kurikulum yang mengutamakan kebebasan, inovasi, dan kemampuan siswa untuk menyesuaikan diri (Gumilar *et al.*, 2023). Peserta didik diberikan kesempatan untuk memilih mata pelajaran sesuai dengan minat, bakat, dan aspirasi. Kurikulum merdeka menuntut pembelajaran yang fleksibel, interaktif, dan berbasis proyek untuk menambah wawasan peserta didik.

Proses pembelajaran perlu menggunakan media, metode, model, dan bahan ajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran dalam mendukung implementasi kurikulum merdeka. Bahan ajar merupakan bagian yang sangat penting dalam kegiatan belajar mengajar, karena berfungsi sebagai sumber informasi yang memudahkan interaksi antara guru dan peserta didik. Bahan ajar adalah seperangkat materi pelajaran dari berbagai referensi yang dirancang secara sistematis berdasarkan ketentuan dan kurikulum yang berlaku untuk mencapai standar kompetensi ditetapkan (Lestari, 2013). Penggunaan bahan ajar membantu peserta didik memahami materi pembelajaran dan meningkatkan motivasi peserta

Email: sellynp20@gmail.com

didik. Guru tanpa bahan ajar akan sulit meningkatkan efektivitas pembelajaran dan peserta didik sulit menyesuaikan diri dalam proses belajar.

Hasil observasi dan wawancara dengan guru fisika dan siswa kelas XI MAN 2 Model Medan terdapat permasalahan pada pembelajaran fisika, sekitar 60% peserta didik belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) fisika sebesar 76. Pembelajaran fisika masih berpusat kepada guru sehingga siswa cenderung lebih pasif, enggan bertanya, tidak bisa belajar secara mandiri. Pembelajaran fisika lebih berfokus kepada teori daripada praktek, dibuktikan dengan tidak adanya praktikum pada proses pembelajaran karena sarana prasarana yang kurang mendukung, sehingga kemampuan keterampilan proses sains belum terukur sempurna. Bahan ajar yang kurang menarik, serta tidak semua peserta didik memiliki buku paket, menjadi penyebab kurangnya penguasaan konsep fisika siswa terhadap materi yang diajarkan. Perlu adanya alternatif dalam pemilihan sumber belajar yang digunakan, untuk pembelajaran yang efektif dalam membentuk peserta didik dapat belajar secara mandiri.

Bahan ajar digital berbentuk *e-modul* dirancang sebagai alternatif untuk mendorong keaktifan serta kemandirian belajar peserta didik secara optimal. *E-modul* merupakan bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, mencakup rangkaian pengalaman belajar terencana untuk membantu peserta didik menguasai tujuan pembelajaran spesifik (Hasanah *et al.*, 2018). Kelebihan dari *e-modul* dapat dimanfaatkan kapan dan dimana saja karena tidak dibatasi ruang dan waktu, *e-modul* dapat menyajikan informasi secara terstruktur, menarik, dan proses pembelajaran tidak berpusat kepada pendidik sebagai sumber informasi (Septiana, 2021). Pembelajaran berpusat kepada peserta didik dan memberikan pengalaman, konsep dan produk yang dihasilkan selama pembelajaran (Lestari, 2021).

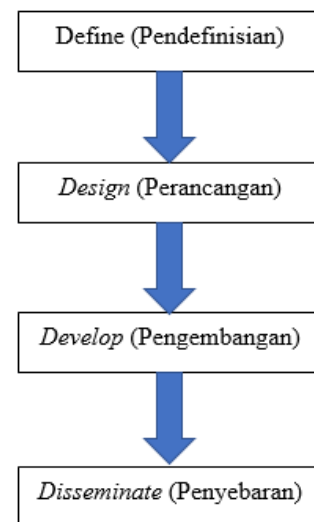
Pelaksanaan kurikulum merdeka sangat berkaitan dengan pembelajaran berbasis proyek untuk membangun keterampilan abad 21 (Budiono *et al.*, 2021). Penerapan *e-modul* berbasis *Project Based Learning* efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi fluida statis sejalan dengan karakteristik model *Project Based Learning* yang mendorong peserta didik tidak hanya menghafal rumus secara teoritis, tetapi mengalami langsung proses ilmiah melalui kegiatan proyek, sehingga konsep menjadi lebih jelas dan mudah dipahami. Pengembangan *e-modul* berbasis proyek untuk meningkatkan keterampilan proses sains dengan mengembangkan keterampilan-keterampilan berupa mengamati, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, identifikasi variabel, melakukan percobaan,

analisis data, menyimpulkan dan mengomunikasikan dalam proses pembelajaran untuk membuktikan suatu konsep, sehingga motivasi belajar dan berpikir kritis siswa akan meningkat dengan keterampilan proses sains (Perdana *et al.*, 2017).

Penelitian pengembangan *e-modul* berbasis *Project Based learning* pada materi Fluida Statis memanfaatkan platform digital berupa *canva* untuk desain dan perancangan, serta *heyzine flipbook* untuk penyebaran *e-modul*. Penelitian bertujuan menghasilkan *e-modul* berbasis *Project Based learning* pada materi Fluida Statis yang layak, praktis, dan efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik kelas XI MAN 2 MODEL MEDAN.

Metode

Penelitian dilaksanakan menggunakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model 4-D, meliputi tahap *Define*, *Design*, *Develop*, *Disseminate*. Model 4-D bertujuan untuk menghasilkan suatu produk dan menguji keefektifan produk (Sugiyono, 2011). Model 4-D dipilih karena alurnya terstruktur, sederhana, mudah dipahami (Angko *et al.*, 2013). Penelitian pengembangan yang dilakukan untuk menghasilkan produk berupa *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi Fluida Statis untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Penelitian dilaksanakan di MAN 2 MODEL MEDAN tahun ajaran 2026/2027. Subjek uji coba adalah peserta didik kelas XI Fase F-5 berjumlah 31 orang.



Gambar 1. Tahapan Model 4D

Tahap *define* bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik peserta didik, permasalahan yang muncul ketika pembelajaran, metode pembelajaran yang digunakan oleh guru, dan bahan ajar serta mengkaji kurikulum yang digunakan. Tahap *define* diawali dengan analisis awal untuk

mengidentifikasi permasalahan pembelajaran fisika di kelas XI MAN 2 MODEL MEDAN. Peneliti kemudian menganalisis karakter peserta didik mencakup kognitif, afektif, dan psikomotor, termasuk kecenderungan siswa yang pasif dan minat yang tinggi terhadap perangkat digital. Analisis tugas dilakukan untuk menentukan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik pada materi fluida statis. Analisis konsep, menyusun materi fluida statis secara sistematis sesuai dengan kurikulum Merdeka. Perumusan tujuan adalah studi literatur bertujuan mencari dan mengumpulkan informasi mengenai penelitian dan pengembangan yang dilakukan.

Tahap Design bertujuan menghasilkan rancangan awal *e-modul* berbasis *Project Based Learning*, meliputi tahapan penyusunan materi fluida statis, peneliti melakukan kajian literatur dalam memilih dan menyusun materi dari buku dan jurnal. Penyusunan konsep dan konten materi berupa gambar dan video disusun secara sistematis dari berbagai sumber seperti *youtube* dan *website* yang dikembangkan dengan bantuan aplikasi *canva* dan *heyzone flipbook*., serta penyusunan format penyajian sesuai dengan sintaks PjBL.

Tahap *develop* dihasilkan bentuk akhir *e-modul* setelah melalui revisi berdasarkan masukan dari ahli materi dan ahli media serta data hasil uji coba. Tahap *develop* mencakup validasi ahli materi dan media untuk mengetahui kelayakan *e-modul*. *E-modul* di revisi I berdasarkan masukan dari ahli media dan materi. Hasil *e-modul* yang telah direvisi di uji cobakan kepada peserta didik dalam skala terbatas berjumlah 31 peserta didik kelas XI Fase F-5 MAN 2 MODEL MEDAN untuk mengukur keefektifan. revisi II. Revisi II dilakukan berdasarkan hasil uji coba terbatas yang telah mengukur kepraktisan dan keefektifan *e-modul* berbasis PjBL pada materi fluida statis. Uji coba luas bertujuan untuk mengukur tingkat kepraktisan *e-modul* berbasis PjBL pada materi fluida statis secara lebih menyeluruh.

Tahap *disseminate* merupakan tahap penggunaan *e-modul* yang telah dikembangkan dan telah diuji coba. Tahap penyebaran merupakan tahap akhir dari model pengembangan 4-D yang bertujuan untuk menyebarkan *e-modul* fisika berbasis PjBL pada materi fluida statis yang telah dinyatakan valid, layak, dan praktis pada tahap sebelumnya. Penyebaran *e-modul* dilakukan pada peserta didik kelas XI Fase F-5 MAN 2 Model Medan yang telah menjadi subjek uji coba, serta guru mata pelajaran fisika di sekolah sebagai pengguna *e-modul* dalam proses pembelajaran. *E-modul* disebarluaskan dalam bentuk digital melalui platform *Heyzone Flipbook*

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket

respon guru dan peserta didik, serta tes hasil belajar berupa *pretest* dan *posttest*. Kisi-kisi instrument validasi ahli materi dan ahli media disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Kisi instrument validasi ahli materi

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Isi materi	Kelengkapan dan kedalaman materi, kejelasan petunjuk penggunaan, kemudahan memahami isi, manfaat dalam membantu dan meningkatkan kualitas pembelajaran, bebas unsur SARA	1-21
Aspek Kebahasaan	Kesesuaian bahasa PUBEI, penggunaan istilah dan symbol, keefektifan penggunaan istilah dan simbol, serta bahasa	22-30
Komponen PjBL	Kegiatan siswa, keterlaksanaan sintaks PjBL.	31-39

(Khatimah *et al.*, 2018)

Tabel 2. Kisi instrument validasi ahli media

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Desain	Kemenarik sampul, kesesuaian tampilan dengan materi	1-6
Isi	Kesesuaian pemilihan media dengan materi, kelengkapan petunjuk penggunaan, menyajikan tolak ukur keberhasilan	7-15
Komponen PjBL	Kegiatan siswa, keterlaksanaan sintaks PjBL	16-24

(Khatimah *et al.*, 2018)

E-modul yang telah divalidasi dan direvisi dinilai oleh guru serta diujicobakan kepada peserta didik untuk mengetahui tingkat kepraktisan *e-modul*. Angket respon guru dan peserta didik mencakup tiga aspek yaitu, kemudahan penggunaan, ketertarikan, dan bahasa. Data kuantitatif angket dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\sum \text{skor}}{N} \times 100\%$$

dengan $\sum \text{skor}$ merupakan jumlah skor perolehan dan N merupakan total skor. Persentase kelayakan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Persentase Kelayakan

No	Skor kualitas %	Kriteria
1	$100 > P > 81,25$	Sangat layak
2	$81,25 > P > 62,75$	Layak
3	$62,75 > P > 43,75$	Kurang Layak
4	$43,75 > P > 25$	Tidak Layak

(Khatimah et al., 2018)

Peningkatan hasil belajar dan keterampilan proses sains peserta didik dianalisis menggunakan uji *N-Gain* skor *pretest* dan *posttest*, dengan rumus:

$$N\text{-Gain} = \frac{\text{Skor Posstest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest}} \times 100\%$$

Persentase keefektifan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Persentase keefektifan

No	Skor kualitas %	Kriteria
1	$g \leq 0$	Gagal
2	$0 < g < 0,3$	Rendah
3	$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
4	$g > 0,7$	Tinggi

(Hake, 1999)

Hasil dan Diskusi

Penelitian menghasilkan. Produk berupa *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis untuk meningkatkan keterampilan proses sains di kelas XI MAN 2 MODEL MEDAN. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian R&D (*Research and Development*) dengan model 4-D yang mencakup tahapan *Define, Design, Development, and Disseminate*.

Define

Hasil tahap analisis awal melalui kegiatan observasi dan wawancara dengan guru dan peserta didik kelas XI MAN 2 MODEL MEDAN, menyatakan pembelajaran bersifat konvensional, pembelajaran berfokus kepada rumus dan teori dibandingkan aplikasi nyata atau praktek, berdampak langsung pada rendahnya kemampuan proses sains peserta didik, peserta didik cenderung pasif, dan tidak bisa belajar secara mandiri. Bahan ajar yang terdapat di sekolah kurang menarik sehingga peserta didik jenuh dengan bahan ajar yang monoton, menjadi penyebab kurangnya penguasaan konsep fisika dan motivasi peserta didik terhadap pembelajaran fisika. Hasil tahap analisis peserta didik, ditemukan kurangnya motivasi

siswa terhadap pembelajaran fisika, dibuktikan dengan nilai fisika siswa yang masih tergolong rendah diperoleh 60% siswa tidak lulus Kriteria Ketuntasan Minimal yaitu 76. Hasil analisis tugas dan konsep, menetapkan materi fluida statis yang mencakup tekanan hidrostatik, hukum Archimedes, hukum Pascal, tegangan permukaan, kapilaritas, dan viskositas dirancang sesuai dengan Kurikulum Merdeka yang berkaitan dengan proyek nyata.

Design

Tahap *design*, *e-modul* dirancang menggunakan *canva* yang dikonversi ke format *flipbook* menggunakan *heyzine*. Struktur *e-modul* meliputi sampul, kata pengantar, daftar isi, langkah-langkah *Project Based Learning*, peta konsep, glosarium, pendahuluan (petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran), kegiatan proyek, materi, evaluasi, dan daftar pustaka. Kegiatan proyek sesuai dengan sintaks *Project Based Learning* meliputi pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, penyusunan jadwal, monitoring proyek, penilaian dan pengujian hasil, serta evaluasi pengalaman.

Develop

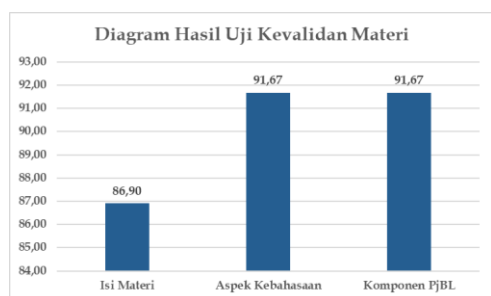
Tahap *develop* dihasilkan bentuk akhir *e-modul* yang telah direvisi berdasarkan masukan dari validator ahli dan validator media. Tahap *develop* mencakup validasi ahli materi dan media untuk mengetahui kelayakan *e-modul*, uji coba terbatas untuk mengetahui keefektifan dengan menggunakan *N-Gain* pada *pretest* dan *posttest*, dan uji coba luas untuk mengetahui tingkat kepraktisan dengan melibatkan guru dan peserta didik.

Hasil Uji Validasi Materi

Validasi ahli materi dilakukan oleh dosen jurusan Fisika Universitas Negeri Medan, mencakup tiga aspek yaitu isi materi, kebahasaan, dan komponen PjBL. Hasil validasi ahli materi disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Kelayakan Ahli Materi

Aspek	Skor	Nilai	Persentase %	Kategori
Isi materi	73	0,87	86,90	Sangat layak
Kebahasaan	33	0,92	91,67	Sangat layak
Komponen PjBL	33	0,92	91,67	Sangat layak
Persentase Rata-Rata			90,08	Sangat layak



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Validasi Materi

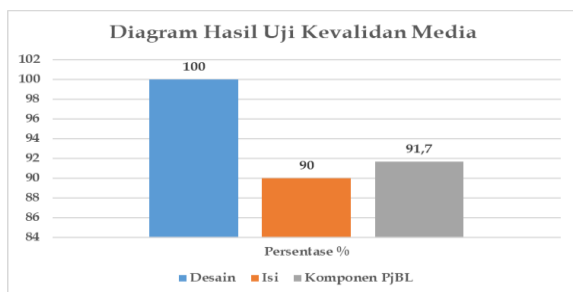
Hasil uji kevalidan materi pada tabel 5 dan gambar 3, menyatakan bahwa *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi Fluida Statis dinyatakan sangat valid dengan persentase rata-rata 90,08 % kategori sangat layak, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran. Aspek kebahasaan memperoleh skor tertinggi dengan nilai 91,67 %, menunjukkan bahwa aspek kebahasaan disusun dengan baik, tidak menimbulkan makna ganda sesuai dengan karakteristik *e-modul* untuk digunakan peserta didik belajar secara mandiri. Validator ahli materi memberikan catatan untuk memperbaiki kata pengantar, rumus serta keterangan, dan kegiatan proyek, kemudian direvisi sebelum *e-modul* diujicobakan.

Hasil Uji Validasi Media

Validasi ahli media dilakukan oleh dosen jurusan Fisika Universitas Negeri Medan, mencakup tiga aspek yaitu isi desain, isi, dan komponen PjBL. Hasil validasi ahli media disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Kelayakan Ahli Media

Aspek	Skor	Nilai	Persentase %	Kategori
Desain	12	1	100	Sangat layak
Isi	36	0,9	90	Sangat layak
Komponen PjBL	33	0,91	91,7	Sangat layak
Persentase Rata-Rata			93,6	Sangat layak



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Validasi Media

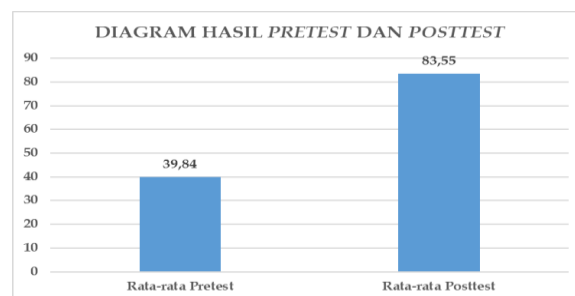
Hasil uji kevalidan media pada tabel 6 dan gambar 4, menyatakan bahwa *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi Fluida Statis dinyatakan sangat valid dengan persentase rata-rata 93,6 % kategori sangat layak, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran. Aspek desain memperoleh skor tertinggi dengan nilai 91,67 %, menunjukkan bahwa *e-modul* memiliki tampilan yang sangat baik dan menarik, mencakup desain sampul, pemilihan warna, jenis dan ukuran huruf, serta kualitas gambar yang sesuai dengan isi materi dan karakteristik peserta didik. Tampilan yang menarik dan terstruktur membantu peserta didik menerima pembelajaran mandiri dengan baik. Validator ahli materi memberikan catatan untuk memperbaiki kata pengantar, rumus serta keterangan, dan kegiatan proyek, kemudian direvisi sebelum *e-modul* diujicobakan.

Hasil Uji N-Gain

Hasil *e-modul* yang telah direvisi di uji cobakan kepada peserta didik dalam skala terbatas berjumlah 31 peserta didik kelas XI Fase F-5 MAN 2 MODEL MEDAN untuk mengukur keefektifan. Hasil uji *N-Gain* terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji *N-Gain*

Aspek	Nilai
Rata-rata <i>Pretest</i>	39,84
Rata-Rata <i>Posttest</i>	83,55
Rata-rata N-Gain	72,65
Kategori Keefektifan	Tinggi



Gambar 5. Grafik Hasil Uji *N-Gain*

Perolehan skor *pre-test* dan *post-test* yang terdapat pada tabel 7 dan gambar 5 menunjukkan bahwa hasil analisis keefektifan *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis yang diperoleh dari hasil belajar peserta didik dengan rata-rata selisih skor *pretest-posttest* (*N-Gain*) sebesar 72,65 % yang menyatakan *e-modul* dalam kategori efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik dan keterampilan proses sains.

Uji Coba Luas

Uji coba luas bertujuan untuk mengukur tingkat kepraktisan *e-modul* berbasis PjBL pada materi fluida statis secara lebih menyeluruh. Uji coba luas melibatkan dua kelompok responden, yaitu guru mata pelajaran fisika sebagai pengguna sekaligus fasilitator pembelajaran, dan peserta didik kelas XI F-5 MAN 2 Model Medan sebagai pengguna langsung *e-modul* dalam kegiatan belajar.

Hasil Uji Kepraktisan oleh Guru

Angket respon guru mencakup tiga aspek yaitu kemudahan penggunaan, ketertarikan, dan bahasa. hasil penilaian dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Kepraktisan oleh Guru

Aspek	Skor	Nilai	Persentase %	Kategori
Kemudahan penggunaan	8	1	100	Sangat praktis
Ketertarikan	11	0,92	91,67	Sangat praktis
Bahasa	11	0,92	91,67	Sangat praktis
Persentase Rata-Rata			94,44	Sangat praktis



Gambar 6. Grafik Hasil Kepraktisan Guru

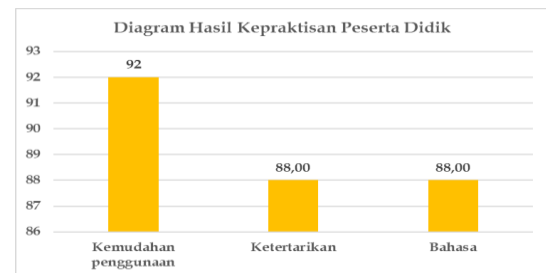
Hasil uji kepraktisan guru terdapat pada tabel 8 dan gambar 6 menunjukkan bahwa hasil analisis kepraktisan *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis menyatakan *e-modul* dalam kategori praktis dalam membantu proses belajar mengajar. Aspek kemudahan memperoleh skor tertinggi, menunjukkan bahwa *e-modul* mudah diakses, memiliki petunjuk penggunaan yang jelas, dan melalui sintaks *Project Based Learning* memudahkan guru dalam memfasilitasi dan mengelola proses pembelajaran.

Hasil Uji Kepraktisan oleh Peserta Didik

Angket kepraktisan dilakukan oleh peserta didik kelas XI Fase F-5 MAN 2 MODEL MEDAN berjumlah 31 orang. Hasil penilaian dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Kepraktisan oleh Peserta Didik

Aspek	Skor	Nilai	Persentase %	Kategori
Kemudahan penggunaan	229	0,92	92	Sangat praktis
Ketertarikan	326	0,88	88	Sangat praktis
Bahasa	327	0,88	88	Sangat praktis
Persentase Rata-Rata			89,33	Sangat praktis



Gambar 7. Grafik Hasil Kepraktisan Peserta Didik

Hasil uji kepraktisan peserta didik terdapat pada tabel 9 dan gambar 7 menunjukkan bahwa hasil analisis kepraktisan *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis menyatakan *e-modul* dalam kategori praktis dalam membantu proses belajar mengajar. Aspek kemudahan memperoleh skor tertinggi, menunjukkan bahwa *e-modul* mudah diakses, mudah dipahami, serta dapat diakses kapan saja melalui perangkat peserta didik.

Disseminate

E-modul berbasis *Project Based Learning* pada materi Fluida Statis disebarikan dalam bentuk *flipbook* melalui *Heyzine* kepada siswa kelas I Fase F-5 dan guru fisika MAN 2 MODEL MEDAN. *E-modul* dapat diakses melalui tautan dari *handphone*, laptop maupun komputer tanpa mengunduh aplikasi tambahan.

Pembahasan

Hasil validasi menunjukkan bahwa *e-modul* dinyatakan sangat valid berdasarkan ahli materi memperoleh 90,08%. Aspek kebahasaan memperoleh skor tertinggi dengan nilai 91,67 %, menunjukkan bahwa aspek kebahasaan disusun dengan baik, tidak menimbulkan makna ganda sesuai dengan karakteristik *e-modul* untuk digunakan peserta didik belajar secara mandiri. Bahasa yang komunikatif dan tidak bermakna ganda mendukung belajar mandiri (Tarigan, 2009). Revisi I dari ahli materi mencakup perbaikan kata pengantar, penomoran rumus beserta keterangannya, dan penyajian kegiatan proyek dalam bentuk studi kasus.

Validitas media yang sangat tinggi memperoleh rata-rata 93,6 % kategori sangat layak. Aspek desain memperoleh skor tertinggi dengan nilai 91,67 %, menunjukkan bahwa *e-modul* memiliki tampilan yang sangat baik dan menarik, mencakup desain sampul, pemilihan warna, jenis dan ukuran huruf, serta kualitas gambar yang sesuai dengan isi materi dan karakteristik peserta didik. Desain yang menarik dan terstruktur membuat pembelajaran tidak bergantung pada guru (Septiana, 2021).

Kepraktisan *e-modul* tergolong sangat praktis, dengan skor 94,44% dari guru dan 89,33% dari peserta didik. Skor sempurna pada aspek kemudahan penggunaan oleh guru dan peserta didik menunjukkan *e-modul* mudah digunakan dan membantu proses pembelajaran. Bahasa yang mudah dipahami dapat membantu peserta didik mengerjakan proyek dan memahami materi dengan baik (Nieveen, 1999).

Hasil keefektifan, rata-rata skor meningkat dari 39,84 *pretest* menjadi 83,55 pada *posttest* dengan N-Gain 72,65% kategori tinggi (Hake, 1999). Peningkatan menunjukkan peserta didik tidak sekedar menghafal rumus, tetapi mampu menganalisis fenomena, menghubungkan konsep, dan menarik kesimpulan melalui kegiatan proyek, sesuai dengan karakteristik PjBL yang berpusat pada peserta didik, dengan guru sebagai fasilitator dan mediator (Novianto et al., 2018). Peningkatan hasil N-Gain menjawab langsung permasalahan yang melatarbelakangi penelitian, yaitu peserta didik belum tercapai KKM dan rendahnya keterampilan proses sains peserta didik. Tercapainya 72,65% peserta didik setelah menggunakan *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis membuktikan bahwa *e-modul* bukan hanya valid dan praktis, tetapi memberikan dampak nyata terhadap capaian belajar peserta didik.

Kesimpulan

Hasil penelitian dan pembahasan, disimpulkan bahwa *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi Fluida Statis dinyatakan sangat valid, dengan memperoleh persentase ahli materi sebesar 90,08% dan ahli media sebesar 93,6 %. *E-modul* dinyatakan sangat praktis, dengan persentase kepraktisan oleh guru sebesar 94,44% dan respon peserta didik sebesar 89,33%. Penggunaan *e-modul* efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik, dibuktikan dengan peningkatan rata-rata nilai *pretest* 39,84% menjadi 83,55% pada *posttest*. Pengembangan bahan ajar berupa *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis diharapkan menjadi alternatif untuk mengembangkan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan dan permasalahan dalam proses pembelajaran fisika, karena *e-modul* yang

dikembangkan memenuhi kategori layak, praktis, dan efektif. Manfaat bagi guru, *e-modul* dapat dijadikan referensi dalam memilih bahan ajar yang tepat agar meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Peneliti selanjutnya, disarankan mengembangkan *e-modul* dengan menambahkan video, soal interaktif, memperdalam soal evaluasi, serta membuat *e-modul* tanpa memerlukan jaringan internet.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Medan, Program Studi Pendidikan Fisika, atas dukungan akademik dalam penyusunan artikel pengembangan *e-modul* berbasis *Project Based Learning* pada materi fluida statis. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan, serta kepada pihak MAN 2 MODEL MEDAN yang telah bersedia memfasilitasi peneelitan pengembangan *e-modul*. Apresiasi penulis sampaikan kepada pihak yang telah memberikan kontribusi dan bantuan hingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

- Angko, N., & Linggar, A. (2013). Pengembangan perangkat pembelajaran IPA berbasis model 4-D untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Pendidikan Sains*, 1(3), 235–242.
- Baderiah. (2018). *Buku Ajar Pengembangan Kurikulum*. Palopo: In Lembaga Penerbit Kampus Palopo.
- Depdiknas. (2008). *Teknik Penyusunan Modul*. Jakarta: Depdiknas.
- Gumilar, G. (2023). Urgensi Penggantian Kurikulum 2013 Menjadi Kurikulum Merdeka . *Jurnal Papeda*, 148-155.
- Khatimah, H., Utami, S., & Mursali, S. (2018). Pengembangan LKS Berbasis Kearifan Lokal Untuk Peningkatan Keterampilan Penyelesaian Masalah Siswa. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 173-185.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Indiana University.
- Hasanah, I., Sarwanto, & Masykuri, M. (2018). Pengembangan Modul Suhu dan Kalor Berbasis *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Prses Sains dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA/MA. *Jurnal Pendidikan (Teori dan Praktik)*, 38-44.
- Lestari, S. (2021). Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika Melalui Pembelajaran PjBL-STEAM

- Berbantuan Spectra-Plus. *Ide Guru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 272-279.
- Novianto, N., Masykuri, M., & Sukarmin. (2018). Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Proyek (Project Based Learning) pada Materi Fluida Statis untuk Meningkatkan Kreativitas Belajar Siswa Kelas X SMA/MA. *Jurnal Inkuri*, 81-92.
- Perdana, F., Sarwanto, & Sukarmin. (2017). Pengembangan Modul Elektronik Fisika Berbasis Keterampilan Proses Sains untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa SMA/MA Kelas X Pada Materi Dinamika gerak. *Jurnal Inkuiri*, 61-70.
- Septiana. (2021). Pengembangan E-Modul Berbasis Flipbook Maker Untuk Meningkatkan Kreativitas Belajar di SD/MI . *Jurnal PGMI-Tarbiyah*, 25-26.
- Tarigan, H. G. (2009). Pengajaran telaah kurikulum. Angkasa.