

Pengembangan LKM Digital Berbasis STEAM pada Materi Fluida Statis untuk Siswa SMA

Ananda Kiki Prihassetio^{1*}, Vina Serevina², Vina Bkti Utami³

^{1,2,3}Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

Corresponden e-mail: anaandakiki@gmail.com^{1*}

Abstrak: Perkembangan teknologi dalam pendidikan menuntut penggunaan bahan ajar yang inovatif dan mampu mendukung keterampilan abad ke-21. Pada pembelajaran fisika, materi fluida statis sering dianggap sulit dipahami karena konsep-konsepnya bersifat abstrak dan kurang dikaitkan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan bahan ajar LKM (Lembar Kerja Murid) digital berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) pada materi fluida statis untuk siswa SMA. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (Research and Development/R&D) dengan menggunakan model pengembangan ADDIE yang meliputi lima tahapan, yaitu Analysis (Analisis), Design (Desain), Development (Pengembangan), Implementation (Implementasi), dan Evaluation (Evaluasi). Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data berupa angket validasi ahli, angket respons guru, dan angket respons siswa. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis data kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian pada tahap development menunjukkan bahwa validasi oleh ahli materi memperoleh skor sebesar 94,73%, validasi oleh ahli media sebesar 90%, dan validasi oleh ahli pembelajaran sebesar 88,42%, yang seluruhnya berada pada kategori sangat layak. Pada tahap implementation, hasil respons guru memperoleh skor sebesar 97% dengan kategori sangat layak, sedangkan respons siswa memperoleh skor sebesar 88% dengan kategori sangat layak. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa LKM digital berbasis STEAM pada materi fluida statis sangat layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran fisika di SMA.

Kata kunci: LKM digital; STEAM; fluida statis; bahan ajar; ADDIE.

Abstract: The advancement of technology in education requires innovative teaching materials that can support 21st-century skills. In physics learning, static fluid material is often considered difficult because its concepts are abstract and are rarely connected to real-life situations. This study aims to determine the feasibility of a STEAM-based (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) digital Student Worksheet (Lembar Kerja Murid/LKM) on static fluid material for senior high school students. This research employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, which consists of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. Data were collected using expert validation questionnaires, teacher response questionnaires, and student response questionnaires. The data were analyzed using qualitative and quantitative approaches. The results at the development stage showed that the material expert validation achieved a score of 94%, the media expert validation achieved 90%, and the learning expert validation achieved 88%, all of which were categorized as highly feasible. At the implementation stage, teacher responses obtained a score of 97% and student responses obtained a score of 88%, both categorized as highly feasible. Based on these findings, it can be concluded that the developed STEAM-based digital worksheet on static fluid material is highly feasible for use as a teaching material in senior high school physics learning.

Keywords: Digital student worksheet; STEAM; static fluid; teaching materials; ADDIE model.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan dan mendorong transformasi berbagai aspek pembelajaran, termasuk dalam

pengembangan bahan ajar (Kuntari, 2023). Transformasi digital dalam pendidikan menjadi kebutuhan yang tidak dapat dihindari untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif, interaktif, dan sesuai dengan tuntutan abad ke-21 (Palupi & Bramastia, 2023). Pembelajaran pada era ini tidak hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan, tetapi juga menekankan pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif sebagai kompetensi penting abad ke-21 (Madjid et al., 2023). Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi tidak lagi sekadar berfungsi sebagai media penyampaian informasi, melainkan sebagai sarana yang memungkinkan siswa membangun pengetahuan secara mandiri, mengeksplorasi konsep, serta mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang relevan dengan kehidupan nyata (Maghfiroh et al., 2023). Kondisi tersebut menuntut adanya inovasi bahan ajar yang mampu mengintegrasikan teknologi dengan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa (Khotimah & Izzaty, 2024).

Salah satu pendekatan yang dinilai mampu menjawab tuntutan tersebut adalah Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM). Pendekatan STEAM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam suatu pembelajaran yang kontekstual sehingga siswa dapat memahami keterkaitan antarkonsep dan menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan nyata (Barkah et al., 2024). Selain meningkatkan pemahaman konseptual, pendekatan ini juga berperan dalam mengembangkan kreativitas, kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta keterampilan pemecahan masalah melalui kegiatan yang autentik dan berorientasi pada proyek (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Hasil kajian sistematis yang dilakukan oleh Fitria et al. (2023) menunjukkan bahwa implementasi STEAM dalam pembelajaran fisika memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 siswa, terutama kreativitas, berpikir kritis, dan pemecahan masalah. Integrasi unsur seni dalam STEAM juga mampu memperkuat kreativitas dan mendorong pembelajaran yang lebih bermakna melalui penyelesaian masalah secara multidisipliner (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Selain itu, kajian literatur terbaru menunjukkan bahwa penerapan STEAM berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif, pemahaman konsep, dan keterampilan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran fisika (Rohmah et al., 2025).

Implementasi pendekatan STEAM memerlukan bahan ajar yang mampu mengakomodasi aktivitas belajar yang interaktif, kontekstual, dan terintegrasi (Barkah et al., 2024). Salah satu bahan ajar yang berpotensi mendukung kebutuhan tersebut adalah Lembar Kerja Murid (LKM) yang dapat digunakan sebagai panduan siswa dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran secara aktif dan terarah. LKM berfungsi sebagai panduan belajar yang membantu siswa melakukan kegiatan penyelidikan, eksperimen, maupun pemecahan masalah secara sistematis (Salsabilla et al., 2024). Seiring perkembangan teknologi, LKM tidak lagi terbatas pada bentuk cetak, tetapi berkembang menjadi LKM digital yang lebih fleksibel dan adaptif. LKM digital memungkinkan integrasi berbagai media seperti gambar, video, animasi, simulasi, dan tautan interaktif yang dapat membantu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak serta meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran (Wati et al., 2021). Selain itu, penggunaan LKM Digital interaktif dalam pembelajaran fisika terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, hasil belajar, dan keaktifan siswa melalui aktivitas belajar yang terstruktur dan interaktif (Prihandono et al., 2023).

Dalam pembelajaran fisika, materi fluida statis merupakan topik yang potensial untuk diintegrasikan dengan pendekatan STEAM melalui LKM digital karena berkaitan dengan fenomena kehidupan sehari-hari, teknologi, dan rekayasa (Fitria et al., 2023). Materi ini mencakup konsep tekanan hidrostatik, hukum Pascal, dan hukum Archimedes yang memiliki banyak penerapan dalam kehidupan nyata. Melalui pendekatan STEAM, siswa

tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga dapat menerapkannya dalam pemecahan masalah dan perancangan produk sederhana (Barkah et al., 2024). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa materi fluida statis masih sering menimbulkan miskonsepsi dan kesulitan pemahaman pada siswa (Mellu & Langtang, 2023). Kesulitan tersebut terutama terjadi dalam memahami hubungan antarvariabel pada konsep tekanan hidrostatis, hukum Pascal, dan hukum Archimedes yang bersifat abstrak (Simamora et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar yang mampu membantu siswa menghubungkan konsep teoritis dengan fenomena nyata melalui visualisasi, simulasi, dan aktivitas pembelajaran yang bermakna (Prihandono et al., 2023).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa bahan ajar dan media pembelajaran digital dapat meningkatkan kualitas pembelajaran fisika (Prihandono et al., 2023). Pada penelitian yang dilakukan oleh Atika et al. (2022) mengembangkan media pembelajaran fisika berbasis mobile learning Android pada materi fluida statis dan memperoleh hasil bahwa media yang dikembangkan valid, praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran. Selain itu, berbagai penelitian melaporkan bahwa bahan ajar digital mampu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta pemahaman konsep fisika siswa (Wati et al., 2021). Di sisi lain, implementasi pendekatan STEAM terbukti dapat meningkatkan kreativitas, kemampuan pemecahan masalah, dan keterampilan abad ke-21 siswa (Barkah et al., 2024). Kajian literatur yang dilakukan pada pembelajaran fisika juga menunjukkan bahwa pendekatan STEAM memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan literasi sains siswa (Fitria et al., 2023). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan bahan ajar digital atau penerapan pendekatan STEAM secara terpisah, sehingga pengembangan LKM digital berbasis STEAM pada materi fluida statis masih relatif terbatas dan perlu dikembangkan lebih lanjut.

Berdasarkan hasil telaah penelitian terdahulu, terdapat beberapa celah penelitian (research gap). Pertama, sebagian besar penelitian mengembangkan bahan ajar atau media digital tanpa mengintegrasikan seluruh komponen STEAM secara sistematis ke dalam aktivitas belajar siswa. Kedua, penelitian yang secara khusus mengembangkan LKM digital berbasis STEAM pada materi fisika masih relatif sedikit, terutama pada materi fluida statis untuk jenjang SMA. Ketiga, sebagian besar produk yang dikembangkan masih berfokus pada penyampaian materi dan latihan soal, sedangkan aktivitas yang menghubungkan aspek Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics dalam satu pengalaman belajar yang utuh belum banyak dikembangkan. Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi bahan ajar yang tidak hanya memanfaatkan teknologi digital, tetapi juga mampu mengintegrasikan pendekatan STEAM secara komprehensif dalam pembelajaran fisika.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) berupa pengembangan LKM digital berbasis STEAM yang dirancang secara interaktif dan sistematis pada materi fluida statis untuk siswa SMA. LKM yang dikembangkan mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, Arts*, dan *Mathematics* ke dalam setiap tahapan aktivitas pembelajaran sehingga siswa tidak hanya memahami konsep fisika, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan teknologi, proses rekayasa, kreativitas, serta analisis matematis dalam konteks kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, LKM digital yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif bahan ajar inovatif yang mendukung pembelajaran fisika yang lebih interaktif, kontekstual, dan bermakna.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan LKM digital berbasis STEAM pada materi fluida statis untuk siswa SMA serta mengetahui tingkat kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas produk yang dikembangkan. Hasil penelitian ini

diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan bahan ajar digital yang mampu mendukung peningkatan kualitas pembelajaran fisika dan pengalaman belajar siswa.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (Research and Development) yang bertujuan menghasilkan Lembar Kerja Murid (LKM) digital berbasis STEAM pada materi Fluida Statis untuk siswa SMA. Pengembangan produk dilakukan menggunakan model ADDIE yang terdiri atas lima tahapan, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Pendekatan STEAM diterapkan sebagai landasan dalam penyusunan aktivitas pembelajaran yang termuat dalam LKM digital. Penerapan pendekatan tersebut diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep Fluida Statis secara lebih bermakna melalui kegiatan belajar yang kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Integrasi unsur Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics dalam LKM digital yang dikembangkan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Integrasi Pendekatan STEAM pada LKM Digital Materi Fluida Statis

Komponen STEAM	Implementasi
Science	Konsep dan teori dasar fluida statis
Technology	Penggunaan alat dan bahan
Engineering	Kegiatan merancang solusi atau menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan penerapan konsep fluida statis.
Arts	Kegiatan mendesain poster tentang fenomena fluida statis dalam kehidupan sehari-hari.
Mathematic	Perhitungan matematis yang berkaitan dengan hukum-hukum fluida statis

Subjek penelitian ini meliputi validator ahli, guru fisika, dan siswa. Validator terdiri atas ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran yang berperan dalam menilai kelayakan produk. Uji coba LKM digital berbasis STEAM dilakukan di SMAN 30 Jakarta dengan melibatkan 36 siswa dan seorang guru fisika. Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar validasi ahli, angket respons siswa, dan angket respons guru. Lembar validasi digunakan untuk menilai kelayakan produk, sedangkan angket respons digunakan untuk mengetahui kepraktisan penggunaan LKM digital dalam pembelajaran.

Data penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil penilaian validator serta respons siswa dan guru yang diukur menggunakan skala Likert dengan rentang skor 1–5. Adapun data kualitatif diperoleh dari saran dan masukan yang diberikan selama proses validasi dan uji coba produk.

Tabel 2. Skor Penilaian

Skor	Kriteria
5	Sangat Layak
4	Layak
3	Cukup Layak
2	Tidak Layak
1	Sangat Tidak Layak

Skor yang diperoleh kemudian dihitung dalam bentuk presentasi menggunakan rumus :

$$\text{Interpretasi Skor} = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Kriteria skor penilaian kelayakan LKM digital berbasis STEAM pada materi fluida statis yang dikembangkan menggunakan kategori penilaian sebagai berikut:

Tabel 3. Kriteria Skor Penilaian Kelayakan Produk

Presentase (%)	Kriteria
81-100	Sangat Layak
61-81	Layak
41-61	Cukup Layak
21-41	Tidak Layak
0-21	Sangat Tidak Layak

(Rizqi et al., 2024)

Selain validasi oleh para ahli, penelitian ini juga melibatkan uji respons guru dan siswa pada tahap implementasi terbatas. Uji respons dilakukan untuk mengetahui tingkat kepraktisan, kemudahan penggunaan, dan daya tarik LKM digital yang dikembangkan. Data dikumpulkan menggunakan angket respons guru dan siswa dengan skala Likert 1–5, yaitu:

Tabel 4. Kriteria Penilaian

Skor	Kriteria
5	Sangat Setuju
4	Setuju
3	Cukup Setuju
2	Tidak Setuju
1	Sangat Tidak Setuju

Perhitungan persentase skor respons dilakukan dengan menggunakan rumus yang sama seperti pada uji kelayakan, yaitu:

$$\text{Interpretasi Skor} = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil persentase tersebut selanjutnya ditafsirkan berdasarkan kriteria tingkat respons pengguna sebagai berikut:

Tabel 5. Interpretasi Tingkat Respons Pengguna

Presentase (%)	Kriteria
81-100	Sangat Baik
61-81	Baik
41-61	Cukup Baik
21-41	Tidak Baik
0-21	Sangat Tidak Baik

(Subhaktiyasa, 2024)

Selain validasi ahli, kualitas LKM digital juga ditinjau melalui respons guru dan siswa guna memberikan gambaran menyeluruh terhadap produk yang dikembangkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian pengembangan ini menghasilkan sebuah Lembar Kerja Murid (LKM) digital berbasis STEAM pada materi fluida statis untuk siswa SMA. Proses pengembangan produk mengacu pada model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. LKM digital dirancang sesuai dengan kurikulum yang berlaku serta memuat materi, aktivitas pembelajaran, dan evaluasi yang terintegrasi dengan aspek

Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics (STEAM). Integrasi tersebut diwujudkan melalui penyajian permasalahan kontekstual, kegiatan investigasi, serta latihan pemecahan masalah yang berkaitan dengan fenomena fluida statis dalam kehidupan sehari-hari. Produk yang dikembangkan berbentuk bahan ajar digital yang dapat diakses menggunakan berbagai perangkat elektronik sehingga memberikan kemudahan bagi siswa dalam belajar secara mandiri maupun sebagai pendukung kegiatan pembelajaran di kelas.

Pada tahap analisis (*analysis*), dilakukan analisis kebutuhan terhadap 58 siswa untuk mengidentifikasi kondisi pembelajaran dan kebutuhan bahan ajar pada materi fluida statis. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa memerlukan bahan ajar yang dapat membantu mereka memahami konsep-konsep fluida statis secara lebih mudah, menarik, dan fleksibel untuk diakses. Selain itu, perkembangan teknologi dalam dunia pendidikan membuka peluang pemanfaatan bahan ajar digital yang dapat mendukung proses pembelajaran secara lebih efektif. Berdasarkan temuan tersebut, dikembangkan LKM digital berbasis *Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics* (STEAM) yang dirancang untuk mengintegrasikan konsep fisika dengan permasalahan kontekstual dalam kehidupan sehari-hari. Melalui kegiatan yang mendorong siswa untuk mengamati, menganalisis, dan memecahkan masalah, LKM digital yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran serta membantu mereka memahami konsep fluida statis secara lebih bermakna.

Pada tahap pengembangan (*development*), LKM digital berbasis STEAM dirancang dengan memperhatikan aspek tampilan, isi materi, serta kemudahan penggunaan agar dapat mendukung proses pembelajaran secara optimal. Pengembangan produk dilakukan dengan memanfaatkan platform desain digital untuk menghasilkan tampilan yang menarik, sistematis, dan sesuai dengan karakteristik siswa. Berbagai elemen pendukung, seperti gambar, ilustrasi, dan penyajian fenomena yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, turut disertakan untuk membantu siswa memahami konsep-konsep fluida statis yang bersifat abstrak. Penggunaan bahan ajar digital yang dilengkapi dengan visualisasi dan aktivitas pembelajaran yang kontekstual diketahui dapat membantu siswa membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam serta meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses belajar (Putra et al., 2021).

LKM digital yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu halaman sampul, petunjuk penggunaan, capaian dan tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, kegiatan berbasis STEAM, latihan soal, serta evaluasi. Setiap kegiatan pembelajaran dirancang dengan mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics* melalui aktivitas yang relevan dengan materi fluida statis. Integrasi tersebut bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dengan menghubungkan konsep fisika yang dipelajari dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 1. Tampilan LKM Digital Berbasis STEAM

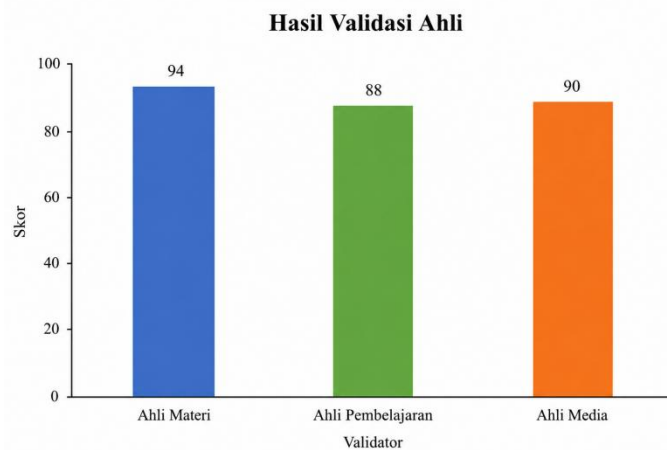
Setiap kegiatan dalam LKM digital mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, Art*, dan *Mathematics* (STEAM). Pada aspek *Science*, siswa mempelajari konsep Hukum Pascal dan Hukum Archimedes melalui materi dan kegiatan percobaan. Pada aspek *Technology*, siswa memanfaatkan berbagai alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum untuk memperoleh data pengamatan. Aspek *Engineering* diwujudkan melalui kegiatan merancang dan melakukan percobaan sederhana yang berkaitan dengan fluida statis. Selanjutnya, aspek *Art* diterapkan melalui proyek kreativitas berupa pembuatan poster, infografis, atau sketsa mengenai penerapan konsep fluida statis dalam kehidupan sehari-hari. Sementara itu, pada aspek *Mathematics*, siswa mengolah dan menganalisis data hasil percobaan menggunakan perhitungan matematis yang sesuai. Melalui integrasi kelima aspek tersebut, LKM digital tidak hanya membantu siswa memahami konsep fluida statis, tetapi juga melatih kreativitas, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah.

Produk LKM digital yang telah dikembangkan selanjutnya dilakukan uji kelayakan melalui proses validasi oleh beberapa ahli yang terdiri atas ahli materi, ahli pembelajaran,

dan ahli media. Validasi dilakukan untuk menilai kesesuaian isi, kualitas pembelajaran, serta tampilan media yang dikembangkan. Hasil penilaian dari para ahli digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kelayakan produk sebelum diimplementasikan kepada pengguna.

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli

Validator	Presentase	Kriteria
Ahli Materi	94%	Sanangat Layak
Ahli Pembelajaran	88%	Sangat Layak
Ahli Media	90%	Sangat Layak
Rata-rata	90,6%	Sangat Layak



Gambar 2. Hasil Validasi Ahli

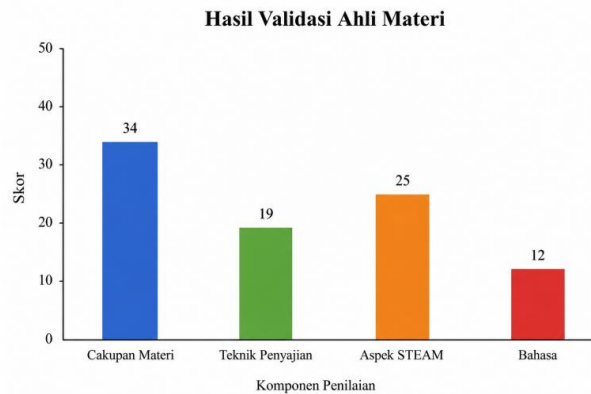
Berdasarkan hasil validasi ahli yang diperoleh, LKM Digital berbasis STEAM memperoleh rata-rata persentase sebesar 90,6% dengan kategori sangat layak. Penilaian tersebut menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi aspek isi, pembelajaran, dan media sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Validasi Oleh Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian isi LKM Digital dengan kompetensi pembelajaran, ketepatan konsep, penyajian materi, penggunaan bahasa, serta integrasi aspek STEAM. Hasil penilaian ahli materi terhadap setiap komponen disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 3.

Tabel 7. Hasil Validasi Ahli Materi

No	Komponen Penilaian	Skor
1	Cakupan Materi	34
2	Teknik Penyajian	19
3	Aspek STEAM	25
4	Bahasa	12
Rata-rata		94,73



Gambar 3. Hasil Validasi Ahli Materi

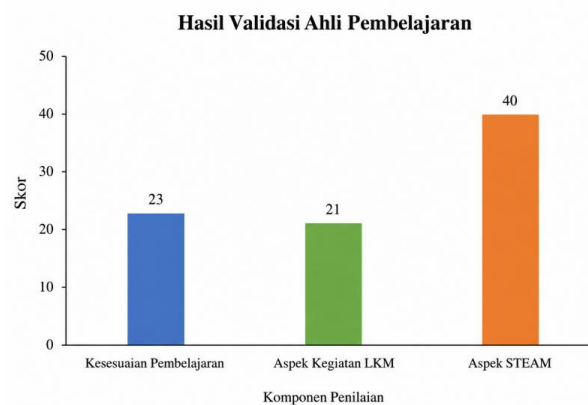
Hasil validasi oleh ahli materi menunjukkan bahwa LKM Digital memperoleh rata-rata skor sebesar 94,73% dengan kategori sangat layak. Skor yang tinggi pada aspek cakupan materi, teknik penyajian, aspek STEAM, dan bahasa menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan tujuan pembelajaran dan mudah dipahami oleh siswa. Integrasi unsur STEAM dalam kegiatan LKM juga dinilai telah mampu menghubungkan konsep fluida statis dengan konteks kehidupan nyata melalui aktivitas yang melibatkan sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika.

Validasi Oleh Ahli Pembelajaran

Validasi ahli pembelajaran dilakukan untuk menilai kesesuaian LKM Digital dengan prinsip-prinsip pembelajaran, kualitas kegiatan yang disajikan dalam LKM, serta implementasi pendekatan STEAM dalam proses pembelajaran. Penilaian ini bertujuan untuk memastikan bahwa LKM Digital yang dikembangkan mampu mendukung tercapainya tujuan pembelajaran dan memfasilitasi keterlibatan aktif siswa. Hasil validasi ahli pembelajaran disajikan pada Tabel 8 dan Gambar 4.

Tabel 8. Hasil Validasi Ahli Pembelajaran

No	Komponen Penilaian	Skor
1	Kesesuaian Pembelajaran	23
2	Aspek Kegiatan LKM	21
3	Aspek STEAM	40
Rata-rata		88,42%



Gambar 4. Hasil Validasi Ahli Pembelajaran

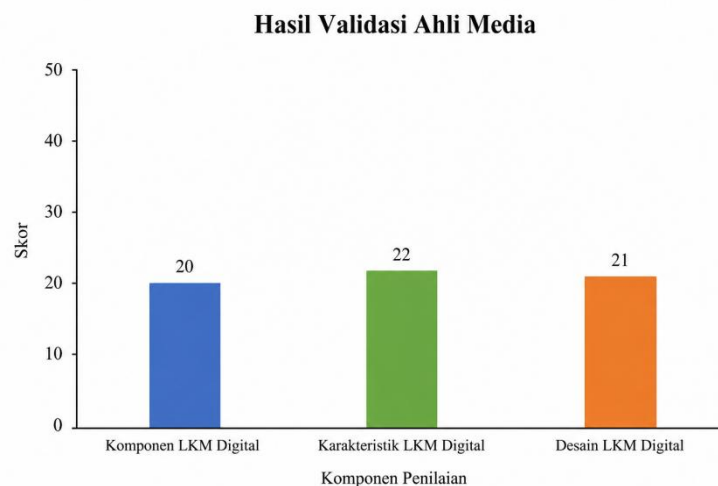
Berdasarkan hasil validasi oleh ahli pembelajaran, LKM Digital memperoleh rata-rata persentase sebesar 88,42% dengan kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aspek kesesuaian pembelajaran, kegiatan dalam LKM, dan integrasi STEAM telah memenuhi kriteria yang diharapkan. Kegiatan yang disajikan dalam LKM dirancang untuk mendorong siswa terlibat secara aktif dalam mengamati fenomena, melakukan percobaan, menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh.

Validasi Oleh Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan untuk menilai kualitas LKM Digital dari aspek komponen media, karakteristik bahan ajar digital, serta desain tampilan. Penilaian ini bertujuan memastikan bahwa produk yang dikembangkan memiliki tampilan yang menarik, mudah digunakan, dan mampu mendukung proses pembelajaran secara optimal. Hasil validasi ahli media disajikan pada Tabel 9 dan Gambar 5.

Tabel 9. Hasil Validasi Ahli Media

No	Komponen Penilaian	Skor
1	Komponen LKM Digital	20
2	Karakteristik LKM Digital	22
3	Desain LKM Digital	21
Rata-rata		90%



Gambar 5. Hasil Validasi Ahli Media

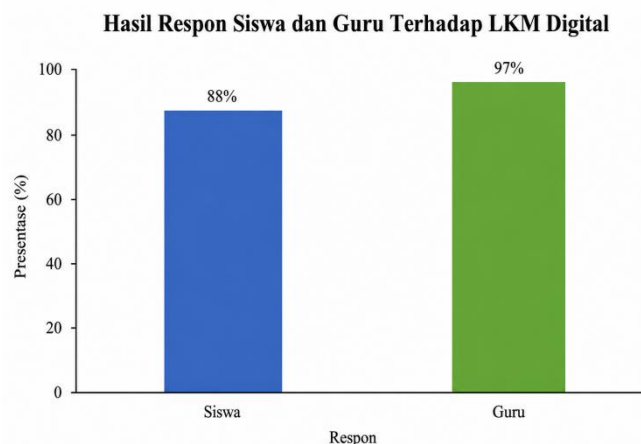
Berdasarkan hasil validasi oleh ahli media, LKM Digital memperoleh rata-rata persentase sebesar 90% dengan kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aspek komponen, karakteristik, dan desain LKM Digital telah memenuhi kriteria bahan ajar digital yang baik. Tampilan yang sistematis, navigasi yang mudah digunakan, serta penyajian informasi yang terstruktur memungkinkan siswa belajar secara lebih mandiri dan interaktif.

Uji Coba oleh Guru dan Siswa

Setelah melalui tahap validasi dan revisi, LKM Digital berbasis STEAM pada materi fluida statis diimplementasikan secara terbatas kepada siswa untuk memperoleh tanggapan pengguna terhadap produk yang dikembangkan. Uji coba terbatas dilaksanakan pada 36 siswa kelas XI di SMAN 30 Jakarta. Pengumpulan data respons siswa dilakukan melalui penyebaran angket setelah seluruh kegiatan pembelajaran menggunakan LKM Digital selesai dilaksanakan. Selain itu, respons guru juga diperoleh melalui pengisian angket untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, kebermanfaatan, serta kesesuaian LKM Digital dalam mendukung proses pembelajaran fisika. Hasil respons siswa dan guru terhadap LKM Digital yang dikembangkan disajikan pada Tabel 10 dan Gambar 6.

Tabel 10. Hasil Respon Siswa dan Guru Terhadap LKM Digital

No	Respon	Presentase	Kriteria
1	Siswa	88%	Sangat Baik
2	Guru	97%	Sangat Baik
Rata-rata		92,5%	Sangat Baik



Gambar 6. Hasil Respon Siswa dan Guru Terhadap LKM Digital

Berdasarkan hasil angket, siswa memberikan respons sebesar 88% dengan kategori sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa LKM Digital mudah digunakan dan membantu siswa memahami materi fluida statis dengan lebih baik. Selain itu, tampilan LKM yang menarik serta kegiatan berbasis STEAM membuat siswa lebih aktif dan tertarik mengikuti proses pembelajaran. Sementara itu, guru memberikan respons sebesar 97% dengan kategori sangat baik. Persentase tersebut menunjukkan bahwa LKM Digital dinilai mampu membantu guru dalam melaksanakan pembelajaran secara lebih terstruktur dan interaktif. Guru juga menilai bahwa penyajian materi dan aktivitas dalam LKM telah sesuai untuk mendukung proses pembelajaran fisika pada materi fluida statis. Secara keseluruhan, rata-rata respons pengguna sebesar 92,5% dengan kategori sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa LKM Digital berbasis STEAM yang dikembangkan tidak hanya layak digunakan berdasarkan penilaian para ahli, tetapi juga diterima dengan sangat baik oleh siswa dan guru sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran.

Berdasarkan hasil uji coba terbatas, respons siswa terhadap LKM digital berbasis STEAM memperoleh persentase sebesar 88% dengan kategori sangat baik, sedangkan respons guru memperoleh persentase sebesar 97% dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKM digital yang dikembangkan memiliki tingkat kepraktisan

yang tinggi serta dapat diterima dengan baik oleh pengguna. Siswa menilai bahwa LKM digital mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, dan membantu memahami materi fluida statis secara lebih terstruktur. Sementara itu, guru menilai bahwa LKM digital mampu mendukung pelaksanaan pembelajaran yang lebih sistematis dan interaktif. Hasil ini menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoritis berdasarkan validasi ahli, tetapi juga praktis digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Respons positif yang diberikan siswa tidak terlepas dari karakteristik LKM digital yang mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics* (STEAM) dalam setiap kegiatan pembelajaran. Integrasi tersebut memungkinkan siswa mempelajari konsep fluida statis melalui aktivitas yang kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari. Pada aspek *Science*, siswa mempelajari konsep-konsep dasar fluida statis, sedangkan aspek *Technology* dan *Engineering* diwujudkan melalui kegiatan praktikum dan pemecahan masalah. Aspek *Art* memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengekspresikan kreativitas melalui pembuatan poster atau infografis, sementara aspek *Mathematics* membantu siswa dalam menganalisis data dan menyelesaikan perhitungan yang berkaitan dengan fluida statis. Pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu seperti ini diketahui dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan meningkatkan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Barkah et al., 2024).

Temuan penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Wati et al. (2021) yang menyatakan bahwa bahan ajar digital mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran melalui penyajian materi yang lebih menarik dan interaktif. Selain itu, hasil penelitian Atika et al. (2022) menunjukkan bahwa media pembelajaran digital pada materi fluida statis memiliki tingkat validitas dan kepraktisan yang tinggi untuk digunakan dalam pembelajaran fisika. Dengan demikian, penggunaan LKM digital berbasis STEAM pada penelitian ini semakin memperkuat temuan bahwa integrasi teknologi dan pendekatan pembelajaran kontekstual dapat mendukung proses pembelajaran fisika secara lebih efektif.

Secara keseluruhan, hasil respons guru dan siswa menunjukkan bahwa LKM digital berbasis STEAM yang dikembangkan telah memenuhi aspek kepraktisan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran fisika. Produk ini mampu memfasilitasi penyampaian materi secara lebih menarik, membantu siswa memahami konsep fluida statis, serta mendukung guru dalam mengelola kegiatan pembelajaran. Oleh karena itu, LKM digital berbasis STEAM berpotensi digunakan sebagai salah satu alternatif bahan ajar inovatif pada pembelajaran fisika di SMA.

Pada tahap evaluasi (*evaluation*), dilakukan penyempurnaan terhadap LKM digital berbasis STEAM berdasarkan masukan yang diperoleh dari validator ahli, guru, dan siswa selama proses pengembangan serta uji coba terbatas. Perbaikan yang dilakukan meliputi penyempurnaan tampilan visual, tata letak halaman, penggunaan bahasa, kejelasan petunjuk kegiatan, serta penyajian beberapa ilustrasi agar lebih mudah dipahami oleh siswa. Tahap evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya memenuhi aspek kelayakan dan kepraktisan, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan pengguna dalam proses pembelajaran. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa revisi yang dilakukan mampu meningkatkan kualitas LKM digital sehingga menjadi lebih menarik, sistematis, dan mudah digunakan. Dengan demikian, LKM digital berbasis STEAM pada materi fluida statis dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung dalam pembelajaran fisika di SMA.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan Lembar Kerja Murid (LKM) digital berbasis STEAM pada materi fluida statis untuk siswa SMA melalui model pengembangan ADDIE. Produk yang dikembangkan mengintegrasikan aspek Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics (STEAM) dalam setiap aktivitas pembelajaran sehingga mampu menghubungkan konsep fisika dengan fenomena kehidupan sehari-hari secara lebih kontekstual dan bermakna.

Hasil evaluasi kelayakan menunjukkan bahwa LKM digital yang dikembangkan memperoleh kategori sangat layak berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran. Selain itu, respons guru dan siswa terhadap penggunaan LKM digital juga berada pada kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan dan kepraktisan yang tinggi sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung dalam pembelajaran fisika pada materi fluida statis di SMA. Berdasarkan hasil penelitian, LKM digital berbasis STEAM yang dikembangkan berpotensi menjadi alternatif bahan ajar inovatif untuk mendukung pembelajaran fisika yang lebih interaktif, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan LKM digital berbasis STEAM pada materi fisika lainnya serta melakukan uji coba pada skala yang lebih luas agar diperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai penerapan dan pemanfaatan produk dalam kegiatan pembelajaran.

Daftar Pustaka

- Atika, N., Yulkifli, Y., & Yohandri, Y. (2022). Pengembangan media pembelajaran fisika berbasis mobile learning Android pada materi fluida statis untuk siswa SMA. *Pillar of Physics Education*, 15(1), 25–32.
- Barkah, E. S., Awaludin, D., & Bahtiar, M. I. E. A. (2024). Implementasi model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics): Strategi peningkatan kecakapan abad 21. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(9), 3501–3511. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i9.1497>
- Fitria, T., Kuswanto, H., Dwandaru, W. S. B., Jumadi, J., Putri, D. P. E., & Juneid, A. Z. (2023). Perkembangan penelitian pendekatan STEAM pada pembelajaran fisika di Indonesia: A systematic literature review. *EDUSAINS*, 15(1), 1–17. <https://doi.org/10.15408/es.v15i1.29929>
- Khotimah, H. K., & Izzaty, I. A. V. N. (2024). Blended learning berwawasan literasi digital sebagai upaya memenuhi tantangan pembelajaran abad 21. *Proceedings Series of Educational Studies*.
- Kuntari, S. (2023). Pemanfaatan media digital dalam pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIM Sinjai*, 2, 90–94.
- Madjid, M., Sudarmadi, U. N., Bahri, A., & Sundariati. (2023). Pengembangan literasi digital melalui model pembelajaran MANISE pada SMP Swasta 08 Namrole. *Prosiding Seminar Nasional Biologi: Inovasi Sains dan Pembelajarannya*.
- Maghfiroh, S., Wilujeng, I., Suyanta, Nurohman, S., & Astuti, S. R. D. (2023). Analysis of natural science education innovations based on the STEAM approach: A systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 239–245. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.3998>
- Mellu, R. N. K., & Langtang, D. (2023). Profil miskonsepsi peserta didik pada materi kinematika gerak dan fluida statis. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro*, 11(2), 168–177. <http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v11i2.7345>

- Palupi, E., & Bramastia, B. (2023). Penguatan karakter sains melalui transformasi digital dalam Kurikulum Merdeka untuk meningkatkan pembangunan pendidikan. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS).
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Prihandono, T., Supriyono, A., Meilina, I. L., & Ernasari. (2023). Penerapan E-LKPD interaktif berbasis Problem Based Learning berbantuan Liveworksheets untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar fisika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 12(3). <https://doi.org/10.19184/jpf.v12i3.43462>
- Putra, A. K., Islam, M. N., & Prasetyo, E. B. (2021). Pengembangan bahan ajar digital mobilitas penduduk dan ketenagakerjaan berbasis stem. *ASANKA: Journal of Social Science and Education*, 2(2), 149– 159.
- Rizqi, M., Faujianor, A., & Yuliani, H. (2024). Validitas Pengembangan Media Pembelajaran Bagan dan Audio Pada Materi Wudhu. *Innovative Education Journal*, 416-417.
- Rohmah, A. N., Lestari, N. A., & Saphira, H. V. (2025). The effect of STEAM approach in physics learning to enhance 21st century skills: A literature review. *Journal of Digitalization in Physics Education*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.26740/jdpe.v1i1.38986>
- Salsabilla, A., Kaniawati, I., & Liliawati, W. (2024). Development of e-LKPD based on STEM to enhance students' critical thinking skills on topic of renewable energy. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 10(1), 221–232. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i1.7016>
- Simamora, R., Maison, M., & Kurniawan, W. (2023). Identifikasi miskonsepsi peserta didik menggunakan *five-tier diagnostic test* pada materi fluida statis di SMAN 7 Kota Jambi. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 8(2), 139–144. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v8i2.18>
- Subhaktiyasa, P. G. (2024). Evaluasi Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Kuantitatif: Sebuah Studi Pustaka. *Journal of Education Research*, 5599- 5600.
- Wati, D. A., Hakim, L., & Lia, L. (2021). Pengembangan e-LKPD interaktif hukum Newton berbasis mobile learning menggunakan Liveworksheets di SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 72–80. <https://doi.org/10.24114/jpf.v10i2.26567>