



**PENGEMBANGAN MODUL AJAR BERBASIS *DEEP LEARNING* DAN *PROBLEM BASED LEARNING* PADA KONFIGURASI ELEKTRON KELAS X-1**

**Radityo Romadi Mudjanto<sup>1</sup>, La Rudi<sup>2</sup>, Esnawi<sup>3</sup>**

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo<sup>1,2,3</sup>

e-mail: [radityorm10@gmail.com](mailto:radityorm10@gmail.com).

Diterima: 1/5/2026; Direvisi: 8/5/2026; Diterbitkan: 18/5/2026

**ABSTRAK**

Penelitian pengembangan modul ajar berbasis *deep learning* dengan model *Problem Based Learning* pada materi konfigurasi elektron bertujuan untuk mengetahui kelayakan, respons peserta didik dan guru, serta efektivitasnya terhadap hasil belajar peserta didik. Metode yang digunakan yaitu *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan 4-D yang meliputi tahap *define, design, develop, dan disseminate*. Namun, penelitian ini hanya dibatasi sampai tahap *develop* yang mencakup pengembangan produk dan uji coba terbatas pada 12 peserta didik. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, angket respons guru dan peserta didik, serta tes hasil belajar, lalu dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan efektivitas modul dianalisis menggunakan *N-Gain*. Berdasarkan hasil uji coba terbatas menunjukkan bahwa modul ajar yang dikembangkan layak dan praktis digunakan, serta analisis *N-Gain* menunjukkan bahwa 75% peserta didik berada pada kategori tinggi, 25% kategori sedang, dan tidak terdapat kategori rendah, dengan rata-rata *N-Gain* sebesar 0,77 (kategori tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa modul ajar berbasis *deep learning* dengan model *Problem Based Learning* efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi konfigurasi elektron.

**Kata Kunci:** *Modul Ajar, Deep Learning, Problem Based Learning, Konfigurasi Elektron, N-Gain.*

**ABSTRACT**

Research on the development of deep learning-based teaching modules with the *Problem Based Learning* model on electron configuration materials aims to determine the feasibility, response of students and teachers, and its effectiveness on student learning outcomes. The method used is *Research and Development (R&D)* with a 4-D development model which includes the *define, design, develop, and disseminate* stages. However, this research is only limited to the *development stage* which includes product development and trials limited to 12 students. Data was collected through expert validation sheets, teacher and student response questionnaires, and learning outcome tests, then analyzed descriptively quantitative and the effectiveness of the modules were analyzed using *N-Gain*. Based on the results of the limited trial, it was shown that the teaching modules developed were feasible and practical to use, and the *N-Gain* analysis showed that 75% of students were in the high category, 25% in the medium category, and there was no low category, with an average *N-Gain* of 0.77 (high category). This shows that deep learning-based teaching modules with the *Problem Based Learning* model are effective in improving student learning outcomes in electron configuration materials.

**Keywords:** *Instructional Module, Deep Learning, Problem-Based Learning, Electron Configuration*



## PENDAHULUAN

Perkembangan dunia pendidikan di Indonesia senantiasa mengalami proses evaluasi yang intensif guna menjawab tantangan zaman serta meningkatkan standar mutu pembelajaran secara sistematis. Pemerintah terus berupaya melakukan perbaikan menyeluruh pada setiap jenjang institusi kependidikan agar proses belajar tidak lagi sekadar menjadi ajang penyampaian materi searah oleh tenaga pendidik. Fokus utama kini diarahkan pada penciptaan ekosistem belajar yang melibatkan peserta didik secara aktif, menumbuhkan kesadaran diri, serta memberikan pengalaman yang benar-benar bermakna dan menggembirakan. Transformasi besar ini kemudian diwujudkan melalui implementasi kebijakan kurikulum baru mulai tahun 2022 yang mengedepankan prinsip fleksibilitas serta pembelajaran yang berpusat sepenuhnya pada murid. Sebagai langkah penguatan, pemerintah mulai mempromosikan penerapan pendekatan *deep learning* sebagai strategi andalan untuk menciptakan suasana instruksional yang lebih berkesadaran dan kontekstual. Pendekatan inovatif ini diharapkan mampu menghapus kejenuhan dalam ruang kelas serta menggantinya dengan keterlibatan emosional yang positif bagi siswa. Melalui kebijakan yang adaptif ini, setiap sekolah didorong untuk melakukan inovasi metodologis agar dapat menyesuaikan diri dengan karakteristik unik setiap individu dalam menyerap ilmu pengetahuan yang kian kompleks di era globalisasi saat ini (Asrah et al., 2024; Fathimah et al., 2025; Nurjannah & Sukiman, 2025; Rahayu et al., 2022).

Penjelasan mendalam mengenai *deep learning* menekankan pada pentingnya pemahaman konsep secara substantif serta kemampuan peserta didik dalam mengaitkan pengetahuan teoritis dengan situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan ini secara filosofis berlandaskan pada tiga pilar utama yang saling menopang, yakni *mindful learning*, *meaningful learning*, serta *joyful learning*. Pilar pertama, *mindful learning*, menuntut adanya kesadaran penuh dari siswa selama proses penyerapan informasi berlangsung sehingga mereka benar-benar memahami tujuan dari apa yang dipelajari. Sementara itu, *meaningful learning* memastikan bahwa setiap materi yang disampaikan memiliki keterkaitan yang erat dengan pengalaman atau pengetahuan awal yang sudah dimiliki oleh peserta didik sebelumnya. Terakhir, unsur *joyful learning* berfungsi untuk menciptakan keterlibatan emosional yang positif, di mana rasa senang dan antusiasme menjadi bahan bakar utama dalam meningkatkan konsentrasi serta daya ingat siswa. Dengan mengintegrasikan ketiga dimensi ini, aktivitas belajar tidak lagi dianggap sebagai sebuah beban administratif yang memberatkan, melainkan sebuah perjalanan penemuan jati diri dan intelektualitas yang menyenangkan. Pembelajaran yang mendalam ini sangat krusial untuk memastikan bahwa pengetahuan tidak hanya tersimpan sementara dalam ingatan jangka pendek, tetapi menjadi bagian dari kompetensi yang menetap bagi para siswa (Aryanti et al., 2025; Fatihah et al., 2025; Fauzia et al., 2026; Rahmawati et al., 2025).

Penerapan strategi *deep learning* dapat diintegrasikan secara efektif dengan model *problem based learning* yang secara khusus menekankan pada keterlibatan aktif siswa dalam memecahkan berbagai persoalan kontekstual. Sinergi antara pemahaman yang mendalam dengan model instruksional berbasis masalah ini memungkinkan para peserta didik untuk mengeksplorasi suatu konsep melalui tantangan yang ada di lingkungan sekitar mereka. Melalui skema ini, motivasi belajar siswa cenderung meningkat secara signifikan karena mereka merasa memiliki peran sentral dalam mencari solusi atas fenomena yang disajikan di dalam ruang kelas. Proses diskusi kelompok serta aktivitas pemecahan masalah yang dilakukan secara kolaboratif menjadi sarana utama untuk mengasah kemampuan berpikir kritis serta kreativitas individu. Dengan mengadopsi model *problem based learning* yang diperkuat oleh semangat pembelajaran mendalam, proses edukasi tidak lagi bersifat kaku melainkan berubah



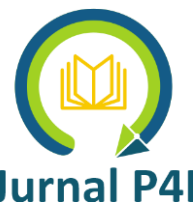
menjadi sangat dinamis dan partisipatif. Siswa didorong untuk berani mengutarakan pendapat, menganalisis data, serta menyusun argumen yang logis berdasarkan prinsip-prinsip keilmuan yang sedang dialami. Penggabungan kedua pendekatan ini merupakan sebuah inovasi pedagogis yang sangat relevan untuk mencetak generasi yang tidak hanya cerdas secara kognitif, tetapi juga tangguh dalam menghadapi problematika nyata yang serba tidak pasti di masa mendatang (Hadi et al., 2022; Herdini et al., 2022; Munandar et al., 2025; Sutrisno & Syukur, 2023).

Guna mendukung keberhasilan implementasi pendekatan *deep learning* yang dikombinasikan dengan model *problem based learning* secara maksimal, kehadiran bahan ajar yang mumpuni menjadi syarat mutlak yang tidak dapat diabaikan. Salah satu bentuk sarana instruksional yang dianggap paling efektif untuk memfasilitasi proses belajar yang sistematis adalah pengembangan modul ajar yang terstruktur dengan baik. Peran modul ini menjadi sangat strategis, terutama dalam mata pelajaran kimia yang dikenal memiliki banyak konsep abstrak serta materi yang saling berkaitan erat secara hierarkis. Modul ajar yang didesain secara khusus berbasis *deep learning* akan membantu para peserta didik untuk membangun jembatan keterkaitan antar konsep secara logis dan mandiri. Tanpa bantuan media belajar yang memadai, siswa sering kali mengalami kebingungan dalam memahami fenomena mikroskopis yang menjadi inti dari kajian ilmu kimia di tingkat sekolah menengah atas. Pengembangan modul inovatif ini bertujuan untuk memberikan panduan langkah demi langkah bagi siswa dalam mengonstruksi pemahaman konseptual mereka sendiri melalui berbagai aktivitas eksplorasi yang terarah. Melalui penggunaan bahan ajar yang interaktif dan komprehensif, diharapkan hambatan kognitif yang dialami siswa dapat diminimalisir secara signifikan sehingga mereka mampu mencapai standar kompetensi yang diharapkan dalam kurikulum nasional secara berkelanjutan (Anggraeni et al., 2021; Hanifah & Indarini, 2021; Hasanah et al., 2023; Ningsih et al., 2023).

Realitas di lapangan menunjukkan adanya tantangan serius di SMA Negeri 5 Kendari pada tahun ajaran 2025/2026, di mana para peserta didik masih menghadapi kesulitan besar dalam menguasai materi konfigurasi elektron. Kesenjangan ditemukan pada modul ajar yang saat ini digunakan karena belum sepenuhnya mengintegrasikan pendekatan *deep learning*, sehingga pemahaman siswa hanya terbatas pada cara penulisan tanpa meresapi prinsip *aufbau*, asas larangan *Pauli*, serta aturan  *Hund* secara komprehensif. Fakta bahwa nilai rata-rata belajar siswa berada pada angka 74,9 sementara standar ketuntasan minimal ditetapkan sebesar 70 mencerminkan bahwa penguasaan konsep belum merata secara optimal. Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini menghadirkan nilai kebaruan melalui pengembangan modul ajar berbasis *deep learning* dengan model *problem based learning* yang difokuskan secara spesifik bagi kelas X-1 di SMA Negeri 5 Kendari. Inovasi ini bertujuan untuk menguji tingkat kelayakan media tersebut, mengevaluasi respons dari pihak pengajar dan murid, serta mengukur efektivitasnya dalam mendongkrak capaian akademik peserta didik. Melalui integrasi dua metode mutakhir ini pada materi kimia yang dianggap sulit, diharapkan tercipta sebuah transformasi positif dalam kualitas pengajaran di sekolah tersebut demi mewujudkan tujuan mulia mencerdaskan kehidupan seluruh bangsa.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dengan kerangka pengembangan 4-D yang mencakup tahap *define*, *design*, dan *develop*. Pelaksanaan uji coba dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 terhadap 12 peserta didik di kelas X-1 sebagai subjek utama. Penentuan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling* untuk



mewakili variasi kemampuan kognitif tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan nilai sumatif mereka. Prosedur diawali dengan fase *define* yang melibatkan analisis kebutuhan, karakteristik siswa, serta perumusan tujuan instruksional pada materi konfigurasi elektron. Memasuki tahap *design*, peneliti menyusun rancangan modul ajar yang mengintegrasikan pendekatan *deep learning* dan model *problem based learning* (PBL). Proses kreatif dalam pembuatan media dan format modul memanfaatkan aplikasi desain *Canva*. Selain itu, peneliti menyiapkan berbagai instrumen pendukung seperti lembar validasi dan alat evaluasi untuk mengukur performa belajar peserta didik sebelum melangkah ke fase pengujian produk di lapangan.

Tahap *develop* dijalankan melalui proses validasi oleh ahli media serta ahli materi untuk meninjau aspek didaktik, konstruksi, dan teknis. Setelah produk direvisi, dilakukan uji coba terbatas untuk mengukur kelayakan serta kepraktisan modul di kelas. Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi ahli, angket respon guru dan siswa, serta tes hasil belajar. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Untuk menguji tingkat kesepakatan para ahli, peneliti menerapkan perhitungan indeks Aiken dengan kriteria validitas tinggi pada angka di atas 0,8. Efektivitas modul dalam meningkatkan pemahaman kimia diukur menggunakan rumus *normalized gain* atau N-Gain berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*. Kriteria keberhasilan ditetapkan dengan skor N-Gain di atas 0,7 untuk kategori tinggi. Data kuantitatif menunjukkan bahwa 75% siswa mencapai kategori tinggi dengan rata-rata skor 0,77. Seluruh prosedur ini bertujuan menghasilkan perangkat pembelajaran yang praktis sekaligus mampu memberikan dampak signifikan terhadap pencapaian akademik peserta didik pada topik konfigurasi elektron.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Bagian ini menyajikan temuan penelitian yang meliputi hasil validasi ahli, respon pengguna (peserta didik dan guru), serta uji keefektifan modul ajar berbasis *Deep Learning* dengan model *Problem Based Learning* pada materi konfigurasi elektron.

#### 1. Hasil validasi ahli

##### a. Validasi ahli media

Hasil validasi ahli media terhadap modul ajar disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Validasi

Validator	Aspek Penilaian			Rata-Rata Penilaian Validator	Kategori
	Didaktik	Konstruksi	Teknis		
1	84%	80%	73%	79%	Layak
2	88%	91%	80%	86,33%	Sangat Layak
3	92%	94%	87%	91%	Sangat Layak
<b>Rata-rata</b>	<b>88%</b>	<b>88,33%</b>	<b>80%</b>	<b>88,77%</b>	<b>Sangat Layak</b>

Berdasarkan Tabel 1, modul ajar memperoleh rata-rata kelayakan sebesar 88,77% dengan kategori sangat layak. Aspek konstruksi memperoleh nilai tertinggi, yang menunjukkan bahwa struktur modul telah tersusun secara sistematis dan runtut. Sementara itu, aspek teknis memiliki nilai relatif lebih rendah dibandingkan aspek lainnya, meskipun tetap berada pada kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa tampilan visual dan keterbacaan modul sudah baik, namun masih memiliki ruang untuk penyempurnaan. Untuk memperkuat validitas instrumen, dilakukan analisis indeks Aiken yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Validitas Ahli Media (Aiken's V)**

Butir	Penilaian			S1	S2	S3	$\sum s$	n (c - 1)	V	Kategori
	1	2	3							
Butir 1 - 15		66	69	45	51	54	150	180	0,83	Tinggi

Berdasarkan tabel 2 nilai indeks Aiken sebesar 0,83 menunjukkan bahwa instrumen validasi memiliki validitas isi yang tinggi.

**b. Validasi ahli materi**

Hasil validasi ahli materi disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Materi**

Validator	Aspek Penilaian			Rata Rata	Kategori
	Materi (Isi)	Penyajian	Bahasa	Penilaian Validator	
1.	93%	92%	95%	93,33%	Sangat Layak
2.	97%	96%	95%	96%	Sangat Layak
3.	93%	96%	95%	94,66%	Sangat Layak
<b>Rata-rata</b>	<b>94,33%</b>	<b>94,66%</b>	<b>95%</b>	<b>94,66%</b>	<b>Sangat Layak</b>

Berdasarkan Tabel 3, modul ajar memperoleh rata-rata sebesar 94,66% dengan kategori sangat layak. Aspek bahasa memperoleh nilai tertinggi, yang menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam modul telah komunikatif dan mudah dipahami. Sementara itu, aspek materi dan penyajian juga menunjukkan nilai yang sangat tinggi, yang mengindikasikan bahwa isi modul elah sesuai dengan kurikulum dan disajikan secara sistematis. Hasil analisis indeks Aiken disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Validitas Ahli Materi (Aiken's V)**

Butir	Penilaian			S1	S2	S3	$\sum s$	n (c - 1)	V	Kategori
	1	2	3							
Butir 1 - 15	70	72	71	55	57	56	168	180	0,93	Tinggi

Berdasarkan tabel 4 nilai indeks Aiken sebesar 0,93 menunjukkan bahwa instrumen memiliki validitas isi yang sangat baik.

**2. Hasil respon pengguna**

**a. Hasil respon peserta didik**

Hasil respon peserta didik disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 5. Respon Peserta Didik**

No.	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kategori
1.	Kejelasan dan keterbacaan LKPD	92,78	Sangat layak
2.	Kemudahan dan penggunaan LKPD	90	Sangat layak
3.	Keterlaksanaan model <i>Problem based learning</i>	95,56	Sangat layak

4.	Pendekatan <i>Deep learning</i>	87,22	Sangat layak
5.	Manfaat LKPD dalam pembelajaran	92,78	Sangat layak
<b>Rata-rata</b>		<b>91,67</b>	<b>Sangat layak</b>

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata respon peserta didik sebesar 91,67% dengan kategori sangat layak. Aspek keterlaksanaan model *Problem Based Learning* memperoleh nilai tertinggi, yang menunjukkan bahwa modul mampu memfasilitasi kegiatan pembelajaran berbasis pemecahan masalah secara optimal. Sementara itu, aspek pendekatan *Deep Learning* memiliki nilai paling rendah dibandingkan aspek lainnya, meskipun tetap dalam kategori sangat layak. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan pembelajaran mendalam telah berjalan dengan baik, namun masih dapat ditingkatkan.

### b. Respon guru

Hasil respon guru disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Respon Guru**

No.	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kategori
1.	Kepraktisan Modul Ajar	100	Sangat layak
2.	Keterlaksanaan model <i>problem based learning</i>	95	Sangat layak
3.	Pendekatan <i>Deep learning</i>	93	Sangat layak
4.	LKPD sebagai bagian dari modul ajar	100	Sangat layak
5.	Manfaat modul ajar	100	Sangat layak
<b>Rata-rata</b>		<b>97,6</b>	<b>Sangat layak</b>

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata respon guru sebesar 97,6% dengan kategori sangat layak. Nilai tertinggi terdapat pada aspek kepraktisan, LKPD, dan manfaat modul, yang menunjukkan bahwa modul sangat mudah digunakan serta memberikan manfaat yang signifikan dalam pembelajaran. Aspek pendekatan *Deep Learning* memperoleh nilai relatif lebih rendah, namun tetap berada dalam kategori sangat layak.

### 3. Hasil uji keefektifan

Hasil uji keefektifan modul ajar disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Hasil Uji N-Gain**

N-Gain	Frekuensi	Rata- Rata	Kategori
N-gain > 0,7	9	0,81	Tinggi
0,3 < N-gain = 0,7	3	0,62	Sedang
N-gain < 0,3	0	0	Rendah
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>0,77</b>	<b>Tinggi</b>

Berdasarkan Tabel 7, nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,77 berada pada kategori tinggi. Sebagian besar peserta didik berada pada kategori peningkatan tinggi, yang menunjukkan bahwa modul ajar memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan hasil belajar. Tidak terdapat peserta didik pada kategori rendah, yang mengindikasikan bahwa seluruh peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar setelah penggunaan modul.

### Pembahasan

Pengembangan modul ajar ini diawali dengan pengujian validitas oleh para ahli untuk memastikan kelayakan dari sisi media dan materi sebelum diimplementasikan secara luas. Hasil penilaian menunjukkan tingkat kelayakan media sebesar 88,77 dengan indeks validitas *Aiken* mencapai 0,83 yang menandakan instrumen memiliki ketepatan tinggi. Secara substansi, ahli



materi memberikan skor rata-rata mencapai 94,66 dengan nilai indeks *Aiken* yang sangat baik sebesar 0,93. Aspek bahasa mendapatkan apresiasi tertinggi dengan skor 95 karena dianggap sangat komunikatif bagi peserta didik dalam memahami konsep konfigurasi elektron yang bersifat abstrak. Struktur konstruksi modul yang tersusun secara sistematis menjadi kekuatan utama dalam mendukung alur pembelajaran berbasis masalah. Meskipun demikian, terdapat ruang penyempurnaan pada aspek teknis yang memiliki nilai relatif lebih rendah guna mengoptimalkan tampilan visual dan keterbacaan instruksi di dalam modul. Validitas isi yang kuat ini memberikan jaminan bahwa perangkat pembelajaran tersebut telah sesuai dengan standar kurikulum dan siap digunakan sebagai sumber belajar mandiri. Integrasi antara teori dan praktik dalam penyajian materi memastikan bahwa tujuan instruksional dapat dicapai secara akurat sesuai dengan kebutuhan lapangan saat ini tanpa hambatan teknis yang berarti (Fitriyeni, 2023; Rozi et al., 2020; Sormin et al., 2023).

Respon yang diberikan oleh peserta didik terhadap penggunaan modul ajar ini menunjukkan tingkat kepuasan yang sangat tinggi dengan perolehan rata-rata sebesar 91,67. Salah satu poin yang paling menonjol adalah keterlaksanaan model *problem based learning* yang mencatatkan skor tertinggi sebesar 95,56 dalam penilaian siswa. Hal ini membuktikan bahwa modul tersebut sangat efektif dalam memfasilitasi kegiatan pemecahan masalah secara mandiri dan mendorong keterlibatan aktif selama proses diskusi. Kejelasan instruksi dan keterbacaan lembar kerja mendapatkan skor 92,78 yang memudahkan siswa dalam mengikuti setiap tahapan belajar tanpa mengalami kendala administratif yang berarti. Di sisi lain, aspek pendekatan *deep learning* memperoleh nilai sebesar 87,22 yang mengindikasikan bahwa meskipun sudah berjalan dengan sangat layak, elemen pembelajaran mendalam masih memerlukan optimasi lebih lanjut. Keterlibatan aktif siswa dalam memecahkan tantangan nyata yang disajikan dalam modul membantu mereka mengonstruksi pengetahuan secara lebih bermakna. Siswa tidak lagi hanya menghafal posisi elektron, tetapi mulai memahami logika di balik distribusi partikel tersebut dalam kulit atom. Pengalaman belajar yang positif ini menjadi modal penting dalam meningkatkan minat mereka terhadap disiplin ilmu kimia secara keseluruhan (Damayanti & Putri, 2026; Mahunyag et al., 2024; Mei & Li, 2026; Waruwu & Sitinjak, 2022).

Penilaian dari pihak pendidik memberikan dimensi lain mengenai kualitas perangkat pembelajaran ini dengan rata-rata respon mencapai 97,6 yang sangat memuaskan. Guru memberikan skor sempurna sebesar 100 pada aspek kepraktisan, pemanfaatan lembar kerja, serta manfaat modul secara keseluruhan dalam pengelolaan kelas. Nilai maksimal tersebut menunjukkan bahwa modul ini sangat mudah dioperasikan dan membantu guru dalam merancang skenario pembelajaran yang lebih teratur serta efisien. Implementasi model *problem based learning* juga dinilai sangat baik dengan skor 95 karena mampu merangsang kemampuan berpikir kritis siswa melalui simulasi kasus. Sementara itu, pendekatan *deep learning* mendapatkan nilai 93 yang mencerminkan efektivitas strategi dalam menciptakan suasana belajar yang sadar dan terarah. Guru merasa terbantu dengan adanya panduan yang lengkap sehingga peran sebagai fasilitator dapat dijalankan dengan lebih optimal tanpa harus memberikan penjelasan searah secara berlebihan. Fleksibilitas modul dalam menyesuaikan dengan ritme belajar siswa yang beragam menjadi nilai tambah yang sangat dihargai dalam konteks kurikulum modern. Keberadaan perangkat ini terbukti mampu menyederhanakan kompleksitas pengelolaan pembelajaran sains di laboratorium maupun di dalam ruang kelas teori dengan sangat baik (Emda et al., 2025; Fauza et al., 2025; Haviana et al., 2025).

Analisis efektivitas melalui uji peningkatan hasil belajar menunjukkan dampak yang sangat signifikan bagi seluruh subjek penelitian yang terlibat. Nilai rata-rata *N-Gain* yang



dicapai adalah 0,77 yang secara statistik masuk ke dalam kategori tinggi dalam mengukur kemajuan kompetensi siswa. Berdasarkan distribusi frekuensi, sebanyak 9 peserta didik berhasil mencapai peningkatan pada kategori tinggi dengan skor rata-rata sebesar 0,81. Sisanya sebanyak 3 orang berada pada kategori sedang dengan rata-rata pencapaian sebesar 0,62 sementara tidak ada satu pun siswa yang berada pada kategori rendah. Data ini memberikan bukti empiris bahwa penggunaan modul ajar berbasis *deep learning* secara konsisten mampu mendongkrak pemahaman konsep konfigurasi elektron secara merata. Peningkatan hasil belajar ini tidak hanya terjadi pada tingkat hafalan, tetapi juga pada kemampuan analitis siswa dalam menentukan letak unsur berdasarkan susunan elektronnya. Keberhasilan 12 peserta didik dalam melewati ambang batas peningkatan menunjukkan bahwa modul ini mampu menjangkau berbagai tingkat kemampuan awal siswa secara efektif. Dampak signifikan ini mengonfirmasi bahwa integrasi teknologi dan pedagogi yang tepat dapat mengatasi hambatan belajar pada materi yang dianggap sulit melalui proses pemecahan masalah yang sistematis (A'yuni et al., 2023; Basri et al., 2026; Rohmatulloh, Novaliyosi, et al., 2022; Rohmatulloh, Pujiastuti, et al., 2022; Weylin et al., 2023).

Keberhasilan pengembangan modul ini tidak terlepas dari sinergi antara pendekatan *deep learning* dan model *problem based learning* yang menekankan pada kebermaknaan proses. Pembelajaran mendalam memungkinkan siswa untuk mengaitkan informasi baru dengan struktur pengetahuan yang sudah dimiliki sebelumnya sehingga tercipta pemahaman yang lebih permanen. Melalui suasana belajar yang menyenangkan dan penuh kesadaran, siswa merasa lebih termotivasi untuk mengeksplorasi tantangan kimia yang disajikan dalam setiap unit. Model pemecahan masalah menyediakan konteks nyata yang membantu siswa melatih ketajaman berpikir analitis serta keterampilan kolaboratif dalam tim. Walaupun hasil secara keseluruhan menunjukkan kualitas yang sangat baik, penyempurnaan pada aspek visual dan keterbacaan teknis tetap menjadi catatan penting untuk pengembangan di masa depan. Fokus pada penguatan aspek pembelajaran mendalam dapat dilakukan dengan menambah lebih banyak aktivitas reflektif bagi siswa selama di kelas. Secara keseluruhan, kombinasi strategis antara desain instruksional yang menarik dan metodologi yang kokoh telah terbukti mampu meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar. Modul ini menjadi solusi alternatif yang valid untuk meningkatkan literasi kimia siswa pada topik dasar konfigurasi elektron di tingkat sekolah menengah secara berkelanjutan.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul ajar berbasis *Deep Learning* dengan model *Problem Based Learning* pada materi konfigurasi elektron serta menguji kelayakan, kepraktisan, dan keefektifannya dalam pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan baik dari aspek media maupun materi, yang menandakan bahwa struktur, isi, dan penyajiannya telah sesuai untuk mendukung pembelajaran yang sistematis dan berorientasi pada pemahaman konsep. Dari aspek implementasi, respon peserta didik dan guru yang berada pada kategori sangat layak menunjukkan bahwa modul tidak hanya mudah digunakan, tetapi juga mampu memfasilitasi keterlaksanaan pembelajaran berbasis masalah secara optimal. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi pendekatan *Deep Learning* dengan model *Problem Based Learning* dalam modul ajar dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih aktif, bermakna, dan terarah. Lebih lanjut, hasil uji keefektifan menunjukkan bahwa penggunaan modul mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik secara signifikan. Peningkatan ini mencerminkan bahwa pembelajaran yang dirancang melalui aktivitas pemecahan masalah dan penguatan pemahaman konseptual



memberikan dampak positif terhadap penguasaan materi, khususnya pada konsep konfigurasi elektron yang bersifat abstrak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, S., Alpian, Y., Prihamdani, D., & Winarsih, E. (2021). Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis video untuk meningkatkan minat belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5313–5327. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1636>
- Aryanti, S. S., Abdulaziz, H., Slamet, C. M., Susanti, S. L., & Mardiana, D. (2025). Implementasi pendekatan pembelajaran mendalam untuk meningkatkan keaktifan belajar murid di SD Sayang 4 Cianjur. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(4), 351–361. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i04.38045>
- Asrah, A., Darmawati, Marwa, S., Usman, L., Hapsah, & Nurlaela. (2024). Inovasi pengembangan kurikulum pendidikan dasar dalam menghadapi tantangan global. *Passikola: Jurnal Pendidikan Dasar & Madrasah Ibtidaiyah*, 1(1), 34–40. <https://doi.org/10.46870/passikola.v1i1.1199>
- A'yuni, R. F., Mutaqin, A., & Pujiastuti, H. (2023). Pengembangan e-modul berbasis model relating, experiencing, applying, cooperating, transferring untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa. *JURING (Journal for Research in Mathematics Learning)*, 6(3), 225. <https://doi.org/10.24014/juring.v6i3.22697>
- Basri, F. A., Hanifah, T. N., Anzani, Y. A., Rizal, R., & Agustian, D. (2026). Implementasi e-modul berbasis nearpod pada materi fluida dinamis untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 16(1), 91–101. <https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.3750>
- Damayanti, Y. D., & Putri, R. A. (2026). A new paradigm for learning chemistry: A virtual-contextual experimental model for students with numeration deficit. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 19(2), 82–89. <https://doi.org/10.15294/jipk.v19i2.22988>
- Emda, A., Setiawan, S., & Darwani. (2025). Laboratorium virtual sebagai alternatif media berbasis digital dalam pembelajaran IPA. *JKA*, 2(2), 141–147. <https://doi.org/10.26811/qp7rgf84>
- Fathimah, L., Sofwan, M., Pratama, I. P., & Halimah, S. (2025). Transformasi kurikulum indonesia: Adaptasi kebijakan pendidikan di era globalisasi melalui kurikulum merdeka dan integrasi deep learning. *Tarbiatuna: Journal of Islamic Education Studies*, 5(2). <https://doi.org/10.47467/tarbiatuna.v5i2.8836>
- Fatihah, H., Izzah, I., Nugraha, D. M., & Melinda, C. (2025). Pendekatan pembelajaran deep learning: Sebuah kajian literatur pembelajaran meaningful, joyful dan mindful. *Sosio Religi: Jurnal Kajian Pendidikan Umum*, 23(2), 17–24. <https://doi.org/10.17509/sosioreligi.v23i2.92139>
- Fauza, N., Yennita, Y., Rahmad, M., Syaflita, D., & Nor, M. (2025). Optimalisasi pemanfaatan virtual laboratory dalam pembelajaran IPA fisika. *AKSIOLOGIYA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 14–24. <https://doi.org/10.30651/aks.v9i1.15981>
- Fauzia, R., Sunarti, T., Kurniawan, R. S., Baqi, F. A., & Mutoharoh, M. (2026). Analisis keefektifan pendekatan pembelajaran mendalam pada kurikulum merdeka di SDN Serang 13. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 11(1), 160–165. <https://doi.org/10.29303/jipp.v11i1.4471>
- Fitriyeni, F. (2023). Pengembangan LKPD digital berbasis etnosains Melayu Riau pada muatan



- IPA sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 441–451. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4399>
- Hadi, S., Sholihah, Q., & Warsiman, W. (2022). Pembelajaran inovatif pendidikan karakter pada mata kuliah bahasa indonesia meningkatkan kualitas sikap, minat, dan hasil belajar siswa. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(4), 905. <https://doi.org/10.28926/briliant.v7i4.1148>
- Hanifah, M., & Indarini, E. (2021). Efektivitas model pembelajaran discovery learning dengan model problem based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 2571–2584. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1261>
- Hasanah, M., Supeno, S., & Wahyuni, D. (2023). Pengembangan e-modul berbasis flip pdf professional untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa pada pembelajaran IPA. *Tarbiyah Wa Ta'lim: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 44–58. <https://doi.org/10.21093/twt.v10i1.5424>
- Haviana, E., Arifiansyah, R., Agusliana, S., Arsyad, M., & Aristanto. (2025). Kegiatan pembelajaran sains yang interaktif: Mendorong minat siswa sekolah dasar dalam eksplorasi ilmu pengetahuan. *Jurnal Kemitraan Responsif Untuk Aksi Inovatif Dan Pengabdian Masyarakat*, 96–108. <https://doi.org/10.61220/kreativa.v2i2.20251>
- Herdini, H., Erna, M., & Indah, N. A. (2022). The development of a chemoentrepreneurship (CEP) oriented colloid chemistry e-module assisted by 3D page flip professional. *EDUSAINS*, 14(1), 50–62. <https://doi.org/10.15408/es.v14i1.23648>
- Mahunyag, C. A. L., Mabayo, T. A. L. E., Eulatriz, K. V., Montero, R., & Walag, A. M. P. (2024). ELQUAN: A game-based learning tool to master electron configuration and quantum numbers. *Journal of Chemical Education*, 102(1), 444–451. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00812>
- Mei, T., & Li, X. (2026). Integrating a card game into high school chemistry instruction on electron configuration. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c01107>
- Munandar, A. A., Herlambang, Y. T., & Muhtar, T. (2025). Pedagogik futuristik: Paradigma baru pendidikan dalam membangun generasi emas indonesia 2045. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(2), 1408–1416. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v10i2.1519>
- Ningsih, P., Said, I., Hamzah, B., & Tiwow, V. M. A. (2023). Pendalaman materi kimia sebagai strategi persiapan ujian sekolah siswa SMA. *Panrannuangku: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(3), 101–107. <https://doi.org/10.35877/panrannuangku2126>
- Nurjannah, S., & Sukiman, S. (2025). Inovasi model pembelajaran dalam kurikulum merdeka: Studi dinamika pedagogis di sekolah dasar. *J-KIP (Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan)*, 6(2), 445. <https://doi.org/10.25157/j-kip.v6i2.17302>
- Rahayu, R., Iskandar, S., & Abidin, Y. (2022). Inovasi pembelajaran abad 21 dan penerapannya di indonesia. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 2099–2104. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2082>
- Rahmawati, Y., Mu'ti, A., Suyanto, S., & Herianingtyas, N. L. R. (2025). Pembelajaran mendalam: Transformasi pembelajaran menuju pendidikan bermutu. *Jurnal Penelitian Kebijakan Pendidikan*, 18(1). <https://doi.org/10.24832/jpkp.v18i1.1281>
- Rohmatulloh, R., Novaliyosi, N., Nindiasari, H., & Fatah, A. (2022). Integrasi media pembelajaran pada penerapan problem based learning (PBL) dalam pembelajaran matematika. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 4(4), 5544–5557.



<https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3249>

- Rohmatulloh, R., Pujiastuti, H., & Fathurrohman, M. (2022). Integrasi e-modul dalam pembelajaran matematika: Systematic literature review. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 4(6), 7828–7839. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i6.4238>
- Rozi, F., Nurhairani, N., & Prawijaya, S. (2020). Pengembangan penuntun praktikum e-learning konsep dasar IPA SD mahasiswa prodi PGSD FIP UNIMED. *Jurnal Handayani*, 11(2), 76. <https://doi.org/10.24114/jh.v11i2.21972>
- Sormin, S. A., Pane, S. M., P., M., Priyono, C. D., & Harahap, R. (2023). Kepraktisan bahan ajar konsep dasar IPS bermuatan karakter lokal dengan pendekatan model problem based learning. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 5(2), 1342–1352. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i2.5187>
- Sutrisno, A. B., & Syukur, S. W. (2023). Desain pedagogis pembajaran project based learning (PBL) dalam pendidikan seni STEAM. *Jurnal Pelita*, 3(2), 130–143. <https://doi.org/10.54065/pelita.3.2.2023.386>
- Waruwu, A. B. C., & Sitinjak, D. S. (2022). Penggunaan multimedia interaktif dalam meningkatkan minat belajar siswa pada pembelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 298–305. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.589>
- Weylin, Raharjo, H., Haqq, A. A., & Larsari, V. N. (2023). Empowering students in the digital era: An analysis of interactive e-modules' effect on digital mathematical communication. *International Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 132–149. <https://doi.org/10.56855/ijmme.v1i02.401>