



Alotrop

Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia

p-ISSN 2252-8075 e-ISSN 2615-2819

PENGEMBANGAN E-MODUL TERINTEGRASI PROYEK PADA MATERI POLIMER SINTETIS DI MAN 1 KOTA BENGKULU

Nabilla Aprillia Nur Suandi^{1*}, Rina Elvia², Sura Menda Ginting³

Pendidikan Kimia, Universitas Bengkulu

* For correspondence purposes, email: relvia@unib.ac.id

ABSTRACT

[Development of an Integrated E-Module Project On Synthetic Polymer Materials in MAN 1 Bengkulu City] This study focused on developing a project-integrated chemistry e-module on the topic, aiming to produce a valid, practical, and effective learning resource. The development model used was ADDIE, which consisted of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The validation results showed that the e-module was very feasible in terms of content with a score of 94% and feasible in terms of media with a score of 73%. After revision, the media score increased to 96% with a very feasible category. A small-scale trial involving 12 students of grade XII in the 2024/2025 academic year obtained very positive responses with an average of 94%. The implementation with 27 students of grade XI IPA 1 MAN 1 Bengkulu through pre-test and post-test resulted in an N-Gain score of 0.74 (high category). These findings proved that the developed e-module was effective in improving students' understanding and was feasible to be used as an alternative chemistry learning resource on synthetic polymers.

Keywords: E-module, synthetic polymers, project integration, learning outcome..

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pengembangan e-modul kimia dengan integrasi proyek untuk topik tersebut, dengan tujuan agar modul yang dihasilkan valid, praktis, dan lebih efektif dalam mendukung proses belajar mengajar. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil validasi menunjukkan e-modul sangat layak dari aspek materi dengan skor 94% dan layak dari aspek media dengan skor 73%. Setelah revisi, skor media meningkat menjadi 96% dengan kategori sangat layak. Uji coba skala kecil pada 12 peserta didik kelas XII IPA T.A. 2024/2025 memperoleh respon sangat positif dengan rata-rata 94%. Implementasi dilakukan pada 27 peserta didik kelas XI IPA 1 MAN 1 Kota Bengkulu T.A. 2024/2025 melalui pemberian *pre-test* sebelum menggunakan e-modul dan *post-test* setelah pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan dengan nilai N-Gain sebesar 0,74 (kategori tinggi), yang membuktikan efektivitas e-modul dalam meningkatkan pemahaman peserta didik. Temuan ini menegaskan bahwa e-modul terintegrasi proyek layak digunakan sebagai alternatif bahan ajar kimia pada materi polimer sintetis.

Kata kunci: E-modul, polimer sintetis, integrasi proyek, hasil belajar.

PENDAHULUAN

Bahan ajar memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran pembelajaran, mempermudah proses mengajar, serta meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penggunaan bahan ajar yang sesuai kebutuhan mampu menciptakan suasana belajar yang bermakna, mendorong kemandirian, serta mengembangkan kemampuan berpikir, keterampilan praktik, dan pengelolaan emosi. Pentingnya keberadaan bahan ajar semakin terasa dalam mata pelajaran kimia yang penuh dengan konsep abstrak dan sulit dipahami tanpa bantuan visual maupun kegiatan konkret [1].

Kimia sebagai ilmu yang mempelajari materi, struktur, sifat, serta reaksinya memiliki banyak konsep abstrak yang menuntut pemanfaatan bahan ajar interaktif untuk menjembatani pemahaman teoretis peserta didik (Amelia dkk., 2022). Hasil observasi di MAN 1 Kota Bengkulu menunjukkan guru masih mengandalkan buku cetak sebagai sumber utama. Buku cetak tetap penting, tetapi penyampaian yang hanya tekstual membatasi keterlibatan peserta didik. Fasilitas laboratorium yang terbatas juga menghambat terlaksananya praktikum, sehingga peserta didik kekurangan pengalaman langsung dalam memahami konsep kimia.

Materi makromolekul, khususnya polimer, menjadi salah satu topik yang sulit dipahami. Struktur, tata nama, serta reaksi polimerisasi tergolong abstrak sehingga membutuhkan dukungan media visual dan aktivitas konkret. Angket kebutuhan peserta didik menunjukkan 86,2% merasa kesulitan memahami reaksi polimerisasi karena representasi yang tersedia hanya berupa

gambar statis melalui aplikasi *ChemBioDraw* atau *Canva*. Peserta didik menginginkan kegiatan pembelajaran yang lebih aplikatif dan kontekstual agar pemahaman terhadap konsep polimer menjadi lebih mudah.

Solusi yang ditawarkan adalah penggunaan modul sebagai bahan ajar terstruktur yang memungkinkan peserta didik belajar mandiri sesuai kecepatan masing-masing [3]. Modul tidak hanya menyajikan teori, tetapi juga dapat mengintegrasikan model pembelajaran tertentu. Salah satu pendekatan yang relevan adalah pembelajaran terintegrasi proyek yang melibatkan peserta didik dalam kegiatan berkelompok untuk menyelesaikan tugas berbasis masalah. Melalui proyek, peserta didik memperoleh pengalaman nyata, mengembangkan keterampilan praktis seperti kerja sama, komunikasi, dan pemecahan masalah, serta meningkatkan pemahaman konsep secara mendalam [4].

Perkembangan teknologi mendukung hadirnya *e-modul* yang lebih fleksibel, interaktif, dan mudah diakses melalui perangkat digital. *E-modul* dilengkapi fitur animasi, video, atau simulasi sehingga materi lebih menarik dan mudah dipahami [5]. Kelebihan ini menjadikannya efektif untuk meningkatkan kemandirian belajar sekaligus menumbuhkan motivasi peserta didik.

Pengembangan *e-modul* terintegrasi proyek pada materi polimer sintetis dipandang sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan bahan ajar konvensional di sekolah. *E-modul* dirancang tidak hanya untuk menyampaikan teori, tetapi juga memberikan pengalaman eksperimen sederhana, misalnya proyek sintesis

Polyglycerol citrate (PGCit). Pendekatan ini diharapkan membantu peserta didik memahami konsep polimer sintetis secara lebih kontekstual, meningkatkan kreativitas, serta membangun pengalaman belajar yang bermakna.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dari bulan Oktober 2024 sampai dengan Mei 2025 di MAN 1 Kota Bengkulu pada tahun ajaran 2024/2025.

Subjek penelitian yang digunakan dibagi menjadi 2 jenis subjek penelitian yaitu subjek uji coba kelompok besar dan subjek uji coba kelompok kecil. Subjek uji coba kelompok besar dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas XI IPA 1 di MAN 1 Kota Bengkulu T.A. 2024/2025, yang berjumlah 27 peserta didik. Pada tahap uji coba kelompok kecil, dipilih 12 peserta didik kelas 12 IPA T.A. 2024/2025 yang memiliki kemampuan akademik beragam (tinggi, sedang, dan rendah) untuk memastikan hasil uji coba representatif terhadap populasi peserta didik. Pemilihan subjek ini dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan rekomendasi guru kimia dengan mempertimbangkan keaktifan dan hasil belajar peserta didik dalam kegiatan pembelajaran sebelumnya.

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model ADDIE. Model tersebut terdiri atas lima tahapan utama, yaitu analisis (*analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*) [6]. Tahapan ini digunakan untuk menghasilkan produk pembelajaran berupa *e-modul* terintegrasi proyek pada materi polimer sintetis.

Tahap analisis dilakukan melalui wawancara dengan guru kimia MAN 1 Kota Bengkulu dan angket kebutuhan peserta didik. Analisis difokuskan pada kesulitan siswa memahami konsep polimerisasi serta keterbatasan media dan fasilitas laboratorium. Informasi yang diperoleh menjadi dasar penentuan spesifikasi produk yang akan dikembangkan.

Tahap desain dilakukan dengan merancang struktur *e-modul*. Bagian pendahuluan *e-modul* memuat petunjuk penggunaan, kompetensi dasar, dan tujuan pembelajaran. Bagian isi menyajikan materi polimer sintetis yang dilengkapi aktivitas proyek berupa sintesis sederhana *polyglycerol citrate* (PGCit). Peserta didik diarahkan untuk melakukan pengamatan, melaksanakan proyek sintesis, dan mempresentasikan hasilnya. Bagian penutup berisi evaluasi, glosarium, serta daftar pustaka.

Tahap pengembangan diwujudkan dengan merealisasikan rancangan *e-modul* menggunakan aplikasi *Canva* yang diperkaya dengan teks, gambar, dan video, yang kemudian akan dikonversi dalam format HTML *Hyzine Flipbook*. Produk divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, kemudian direvisi sesuai masukan sebelum diujicobakan. Uji coba skala kecil dilakukan pada 12 peserta didik kelas XII IPA T.A. 2024/2025 untuk mengetahui respon peserta didik, dilanjutkan dengan revisi kedua agar produk semakin layak digunakan.

Tahap implementasi dilakukan pada 27 peserta didik kelas XI IPA MAN 1 Kota Bengkulu untuk mengukur efektivitas *e-modul* melalui *pre-test* dan *post-test*. Peningkatan hasil peserta didik setelah menggunakan *e-modul* ini akan ditunjukkan oleh skor N-Gain yang

diperoleh dari analisis hasil *pre-test* dan *post-test*.

Tahap evaluasi mencakup evaluasi formatif yang dilakukan pada setiap proses pengembangan serta evaluasi sumatif yang dilaksanakan setelah implementasi. Hasil evaluasi digunakan untuk menilai kualitas, kelayakan, dan efektivitas *e-modul* dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi polimer sintetis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap analisis dilakukan melalui analisis awal, peserta didik, dan materi. Analisis awal dilakukan melalui wawancara dengan guru kimia menunjukkan bahwa pembelajaran makromolekul, khususnya polimer sintetis, masih menghadapi kendala karena penyampaian materi cenderung abstrak. Guru menegaskan keterbatasan fasilitas laboratorium membuat praktikum jarang dilakukan, sehingga peserta didik kesulitan memahami konsep struktur dan reaksi polimerisasi. Kondisi ini sejalan dengan Amelia dkk. (2022) yang menyatakan bahwa materi abstrak tanpa dukungan media visual yang memadai berpotensi menimbulkan miskonsepsi.

Hasil analisis peserta didik berdasarkan angket kebutuhan menunjukkan hanya 31% peserta didik tertarik pada materi polimer, 89,7% mengalami kesulitan memahami struktur dan reaksi polimerisasi, serta 62,1% merasa penjelasan guru terlalu cepat. Sebagian besar peserta didik (80%) menginginkan media berbasis teknologi, sementara 78% menyukai kegiatan eksploratif. Sebanyak 65,5% menyatakan membutuhkan media pembelajaran tambahan yang interaktif dan berbasis proyek. Hasil ini mendukung penelitian [5] yang

menekankan perlunya *e-modul* interaktif untuk meningkatkan keterlibatan belajar peserta didik.

Hasil analisis materi berdasarkan tinjauan kurikulum menunjukkan bahwa materi polimer sintetis relevan dikembangkan karena termasuk subtopik penting pada pembelajaran makromolekul. Bagian yang paling sulit dipahami peserta didik adalah struktur polimer, jenis polimer, serta reaksi pembentukannya. Oleh karena itu, fokus pengembangan diarahkan pada topik polimerisasi kondensasi dengan proyek sintesis sederhana *polyglycerol citrate* (PGSิต). Pilihan ini sesuai dengan pandangan [8] yang menekankan pentingnya mengaitkan materi dengan aktivitas nyata agar lebih mudah dipahami peserta didik.

Tahap desain menghasilkan rancangan *e-modul* polimer sintetis terintegrasi proyek yang terdiri dari tiga bagian utama. Bagian pendahuluan memuat sampul dengan identitas lengkap, kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan, kompetensi dasar, serta tujuan pembelajaran. Bagian isi dirancang dalam dua kegiatan, yaitu pembelajaran konsep polimer sintetis yang disajikan dalam bentuk wacana, ilustrasi, dan video pembelajaran, serta proyek pembuatan *polyglycerol citrate* (PGCit) melalui langkah pembentukan kelompok, pelaksanaan eksperimen, hingga presentasi hasil. Bagian penutup meliputi evaluasi berupa soal pilihan ganda dan analisis data, daftar pustaka, glosarium, serta biodata penulis, sehingga keseluruhan desain telah sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan struktur modul menurut [1].

Tahap pengembangan menghasilkan produk akhir berupa *e-modul* polimer sintetis terintegrasi proyek yang disusun menggunakan

aplikasi *Canva* dan dapat diakses melalui perangkat digital. Produk ini dilengkapi dengan kegiatan proyek sederhana berupa sintesis *polyglycerol citrate* (PGCit) yang memandu peserta didik memahami konsep reaksi polimerisasi kondensasi secara praktis. Untuk memastikan kelayakan, *e-modul* divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, kemudian direvisi berdasarkan masukan validator, diuji cobakan pada kelompok kecil, dan akhirnya disempurnakan melalui revisi tahap II.

a. Validasi Ahli Materi

Hasil validasi ahli materi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek	Skor			Validitas (%)			
	Max	V1	V2	\bar{x}	V1	V2	\bar{x}
Isi	55	51	48	49.5	93	87	90
Kebahasaan	20	20	19	19.5	10	95	98
Rata-rata (%)					96	91	94

Berdasarkan tabel tersebut, hasil validasi materi menunjukkan bahwa *e-modul* memperoleh rata-rata skor kelayakan isi dan kebahasaan sebesar 94% dengan kategori sangat layak. Pada aspek isi, persentase kelayakan mencapai 90%, menunjukkan bahwa materi telah sesuai dengan Kompetensi Dasar dan indikator pembelajaran, serta disajikan secara runut mulai dari struktur, sifat, penggolongan, tata nama, hingga dampak polimer sintetis terhadap lingkungan. Penyajian ini diperkuat dengan ilustrasi visual, fenomena kontekstual, dan aktivitas proyek sintesis PGCit yang menekankan keterhubungan teori dengan praktik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menegaskan bahwa materi yang baik tidak hanya disusun berdasarkan kompetensi inti, tetapi juga dikaitkan dengan konteks

kehidupan nyata untuk meningkatkan pemahaman peserta didik [9]. Keunggulan lain aspek isi terletak pada integrasi elemen multimodal berupa gambar, animasi, serta wacana pengantar yang menarik, meskipun validator menilai peta konsep masih perlu diperinci agar lebih menggambarkan hubungan antarkonsep, dan jumlah soal bergambar masih terbatas, padahal visualisasi berperan penting dalam menumbuhkan keterampilan berpikir kritis pada materi abstrak [10]. Pada aspek kebahasaan, skor kelayakan mencapai 98% dengan kategori sangat layak. Bahasa yang digunakan komunikatif, sesuai kaidah bahasa Indonesia, serta konsisten dalam penggunaan istilah kimia, sehingga memudahkan peserta didik dengan latar belakang kemampuan berbeda. Hal ini sejalan dengan [1] yang menekankan pentingnya bahasa yang sederhana dan jelas agar materi mudah dipahami secara mandiri. Meski demikian, masih ditemukan beberapa kelemahan seperti kesalahan ketik dan istilah asing yang belum ditulis dengan huruf miring sesuai kaidah ilmiah. Masukan ini menjadi dasar perbaikan pada revisi tahap pertama untuk menyempurnakan konsistensi isi, tata bahasa, dan visualisasi dalam *e-modul*.

b. Validasi Ahli Media

Hasil validasi ahli media disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek	Skor			Validitas (%)			
	Max	V1	V2	\bar{x}	V1	V2	\bar{x}
Tampilan	100	76	80	78	76	80	78
Pengoperasian	80	50	60	55	63	75	69
Rata-rata (%)					69	78	73

Hasil validasi media menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 73% pada aspek tampilan dan pengoperasian, yang termasuk kategori layak. Pada aspek tampilan, rata-rata validitas sebesar 78% menandakan visual modul cukup menarik dengan warna yang serasi serta ilustrasi pendukung yang relevan, meskipun masih ada kekurangan pada bagian pendahuluan (76%) yang dinilai belum rapi dan kurang menyajikan gambaran umum modul secara efektif. Validator juga menyoroti ukuran huruf yang kurang nyaman dibaca, warna latar belakang bagian proyek yang terlalu mencolok, serta ukuran video pembelajaran yang terlalu kecil sehingga mengurangi kualitas penyajian materi. [11] menegaskan bahwa estetika, konsistensi, dan keterbacaan visual sangat penting untuk menarik perhatian serta meningkatkan motivasi belajar, sehingga perbaikan aspek ini menjadi krusial. Pada aspek pengoperasian, rata-rata skor sebesar 69% menunjukkan modul dapat dijalankan dengan cukup stabil namun masih menghadapi kendala teknis, seperti jeda saat berpindah antarhalaman, tampilan tidak responsif pada perangkat laptop, serta navigasi yang belum lengkap dengan nilai terendah 63% pada bagian pendahuluan. Beberapa elemen interaktif juga dinilai kurang responsif, yang berpotensi menurunkan kualitas pengalaman belajar. Temuan ini sejalan dengan [12] yang menekankan bahwa media digital yang efektif harus mengutamakan aksesibilitas, stabilitas sistem, dan kemudahan pengoperasian pada berbagai perangkat. Secara keseluruhan, hasil validasi media menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi sebagian besar indikator kelayakan namun masih memerlukan perbaikan

teknis dan visual, sehingga pada tahap revisi selanjutnya penyempurnaan dilakukan agar modul dapat berfungsi optimal sebagai bahan ajar kimia yang menarik, mudah digunakan, dan efektif mendukung pemahaman konsep polimer sintetis. Masukan ini menjadi dasar utama untuk melakukan revisi tahap I.

c. Revisi Tahap I

Saran dan masukan dari validator dijadikan acuan untuk memperbaiki e-modul. Daftar revisi dari ahli materi dan ahli media dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Daftar Revisi dari Validasi Materi

NO.	Sebelum Revisi	Tindak Lanjut
1.	Judul e-modul perlu direvisi agar lebih menggambarkan isi e-modul.	Merevisi judul e-modul dengan menambahkan kalimat penjelas agar dapat lebih menggambarkan isi e-modul.
2.	Peta konsep yang disajikan masih terlalu sederhana.	Merevisi peta konsep sehingga lebih detail.
3.	Penggunaan soal evaluasi didalam e-modul sebaiknya diperbanyak soal bergambar pada soal evaluasi didalam e-modul.	Memperbanyak bentuk soal bergambar pada soal evaluasi didalam e-modul.
4.	Terdapat kesalahan ketik (typo) dan penggunaan istilah asing yang belum ditulis dengan huruf miring sesuai kaidah penulisan ilmiah..	Kesalahan ketik dan penulisan istilah asing telah diperbaiki dengan menyesuaikan ejaan sesuai PUEBI dan menerapkan huruf miring untuk istilah asing sesuai kaidah penulisan ilmiah.

Tabel 3. Daftar Revisi dari Validasi Media

NO.	Sebelum Revisi	Tindak Lanjut
1.	Ukuran dimensi video yang digunakan sebaiknya diperbesar	Memperbesar ukuran dimensi video pembelajaran didalam e-modul.
2.	Ukuran huruf perlu disesuaikan agar lebih nyaman dibaca.	Menyesuaikan ukuran huruf agar lebih nyaman dibaca.
3.	Navigasi e-modul masih belum lengkap.	Menambahkan elemen penunjuk seperti ikon atau tombol yang jelas untuk memudahkan pengguna dalam berpindah antar bagian e-modul.
4.	Terdapat jeda saat mengakses setiap bagian.	Mengonversi e-modul ke dalam format HTML <i>Hyzine Flipbook</i>
5.	Tampilan tidak optimal terutama saat diakses melalui perangkat laptop.	Mengonversi e-modul ke dalam format HTML <i>Hyzine Flipbook</i>
6.	Warna latar belakang pada bagian proyek terlalu mencolok.	Mengganti latar belakang tulisan dengan warna yang kontras dan tidak mencolok untuk meningkatkan kenyamanan membaca.

Revisi tahap I dilakukan berdasarkan hasil validasi yang menunjukkan bahwa e-modul terintegrasi proyek memperoleh skor 94% pada aspek materi dengan kategori sangat layak, sedangkan aspek media hanya mencapai 73% dengan kategori layak. Meskipun kelayakan isi sudah memenuhi standar, validator memberikan sejumlah masukan yang perlu diperbaiki terutama pada tampilan

dan pengoperasian media. Perbaikan yang dilakukan meliputi penyelarasan tata letak, penyesuaian latar belakang pada bagian proyek agar tidak terlalu mencolok, pemilihan warna teks yang lebih kontras, dan penyempurnaan desain visual secara konsisten antarhalaman. Hasil revisi ini terbukti efektif, di mana validasi media tahap kedua meningkat signifikan menjadi 96% dengan kategori sangat layak. Pada aspek tampilan, skor validitas mencapai 94% yang menunjukkan modul telah memenuhi standar estetika, keterbacaan, dan konsistensi visual, sejalan dengan pandangan [12] bahwa desain visual yang baik dapat meningkatkan keterbacaan serta meminimalkan beban kognitif peserta didik. Pada aspek pengoperasian, skor validitas meningkat menjadi 99%, menunjukkan bahwa navigasi sudah jelas, respons sistem lebih cepat, serta modul dapat diakses dengan stabil pada berbagai perangkat. Perbaikan ini meliputi pengoptimalan struktur navigasi, penyempurnaan tombol interaktif, dan penyesuaian agar modul ringan serta kompatibel di laptop maupun gawai, mendukung temuan [13] bahwa kemudahan operasional media digital merupakan faktor penting dalam meningkatkan kenyamanan dan keterlibatan belajar peserta didik. Secara keseluruhan, revisi tahap I memastikan bahwa e-modul tidak hanya layak secara materi tetapi juga unggul dari sisi tampilan dan fungsionalitas, sehingga siap diimplementasikan dalam pembelajaran kimia kelas XII pada materi polimer sintetis.

d. Uji Coba Kelompok Kecil

Uji coba dilakukan kepada 12 peserta didik kelas XII untuk melihat respons mereka terhadap e-modul. Hasil respons disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Data Uji Respon Peserta Didik

Aspek	Skor	Kriteria
Tampilan	95.00%	Sangat baik
Bahasa	94.17%	Sangat baik
Penyajian materi dan manfaat	92.04%	Sangat baik
Rata-rata skor	93.73%	Sangat baik

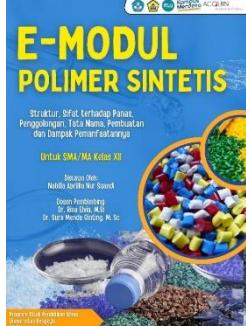
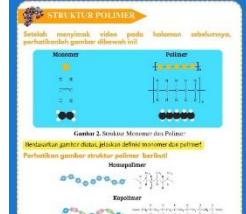
Tahap uji coba kelompok kecil dilakukan pada 12 peserta didik kelas XII IPA Tahun Ajaran 2024/2025 dengan tujuan mengetahui respons awal terhadap e-modul polimer sintetis terintegrasi proyek. Hasil uji coba menunjukkan bahwa rata-rata skor respons peserta didik mencapai 93,73%, yang termasuk dalam kategori sangat baik pada seluruh aspek yang dinilai, yaitu tampilan, bahasa, penyajian materi, dan manfaat. Pada aspek tampilan, peserta didik memberikan penilaian 95%, yang menandakan bahwa kombinasi warna, tata letak, serta jenis huruf sudah serasi dan nyaman dibaca, meskipun terdapat catatan mengenai jarak antarhuruf dan antarkomponen yang perlu diperluas agar lebih proporsional. Aspek bahasa memperoleh skor 94,17%, yang mencerminkan penggunaan bahasa sederhana, komunikatif, serta konsisten dalam pemakaian istilah kimia, sesuai dengan pendapat [14] bahwa bahasa yang komunikatif mampu menjembatani antara isi materi dengan pemahaman peserta didik. Pada aspek penyajian materi dan manfaat, e-modul memperoleh skor 92,04%, menunjukkan bahwa integrasi proyek sintesis Polyglycerol Citrate (PGCit) memberikan manfaat nyata dengan mendorong peserta didik lebih aktif, kritis, dan mampu mengaitkan konsep polimer sintetis dengan fenomena

sehari-hari, sejalan dengan [15] yang menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek meningkatkan keterlibatan dan kemampuan berpikir kritis. Meskipun hasil respons keseluruhan menunjukkan kategori sangat baik, peserta didik menyarankan agar guru tetap memberikan pendampingan saat penggunaan e-modul, khususnya pada bagian proyek, sehingga perlu dilakukan revisi tahap II untuk menyempurnakan produk.

e. Revisi Tahap II

Masukan dari peserta didik pada uji coba digunakan untuk melakukan revisi tahap II. Perbaikan difokuskan pada kerapatan huruf dan tata letak agar tampilan lebih rapi dan nyaman dibaca. Setelah revisi kedua, e-modul memperoleh persentase kelayakan 94% pada validasi materi, 96% pada validasi media, serta respons peserta didik dengan skor rata-rata 93,73%, (sangat baik). Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul polimer sintetis terintegrasi proyek telah memenuhi kriteria kelayakan dan siap untuk diimplementasikan pada pembelajaran kelas besar. Berikut tampilan bagian-bagian utama dari e-modul polimer sintetis yang dapat lihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Tampilan E-Modul Polimer Sintetis

 Sampul	 Tampilan Materi yang Dilengkapi Gambar
 Tampilan Materi yang Dilengkapi Video dan Animasi	 Tampilan Tugas Proyek Sintetis Polimer Sederhana

Tahap implementasi dilakukan pada uji coba kelompok besar yang melibatkan 27 peserta didik kelas XI-1 MAN 1 Kota Bengkulu Tahun Ajaran 2024/2025. E-modul polimer sintetis terintegrasi proyek yang telah melalui tahap validasi, revisi, dan uji coba kelompok kecil digunakan sebagai media utama dalam proses pembelajaran. Peserta didik memanfaatkan e-modul untuk mempelajari konsep, mengikuti kegiatan proyek sintesis Polyglycerol Citrate (PGCit), serta menyelesaikan soal evaluasi. Penilaian hasil belajar dilakukan melalui pemberian soal pre-test sebelum pembelajaran dan post-test setelah pembelajaran, ditambah dengan

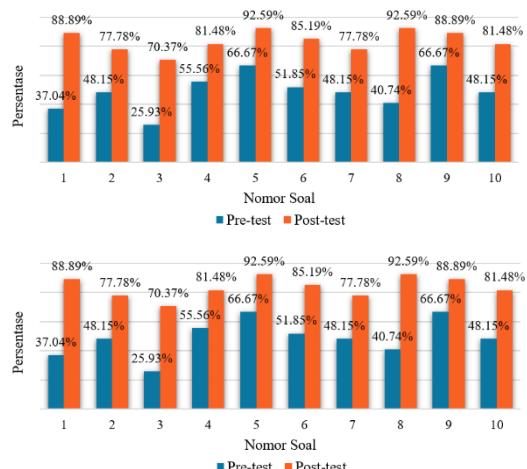
tugas pendukung untuk memperkuat keterlibatan aktif peserta didik. Data pre-test dan post-test ini kemudian dianalisis untuk menghitung nilai N-Gain sebagai indikator peningkatan pemahaman konsep. Menurut [16], analisis N-Gain merupakan metode yang umum digunakan dalam penelitian pendidikan untuk menilai efektivitas suatu pembelajaran, sedangkan [17] menegaskan bahwa hasil belajar merupakan refleksi perubahan pengetahuan dan keterampilan peserta didik setelah melalui proses pembelajaran. Hasil perhitungan N-Gain disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Skor N-Gain Peserta Didik

Nilai N-Gain	Kriteria	Jumlah Peserta Didik	Persentase
$g > 0,7$	Tinggi	17	62.96%
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang	10	37.04%
$g < 0,3$	Rendah	0	0%

Hasil perhitungan N-Gain pada tahap implementasi menunjukkan bahwa rata-rata peningkatan pemahaman peserta didik mencapai skor 0,74 yang termasuk dalam kategori tinggi ($g > 0,7$). Hal ini membuktikan bahwa penggunaan e-modul "Polimer Sintetis" mampu meningkatkan penguasaan konsep yang sebelumnya sulit dipahami, seperti struktur polimer dan mekanisme reaksi polimerisasi. Capaian ini sejalan dengan temuan Albana (2020) bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat memperkuat pemahaman peserta didik dengan cara mengaitkan teori ke praktik nyata, sehingga pengetahuan yang diperoleh lebih bermakna. Data persentase peserta didik yang berhasil menjawab soal pre-test dan post-test dengan benar juga memperlihatkan

peningkatan signifikan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Persentase Jawaban *Pre-Test* dan *Post-Test*

Grafik menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada semua nomor soal. Hasil analisis perbandingan jawaban *pre-test* dan *post-test* menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada setiap butir soal setelah peserta didik menggunakan e-modul polimer sintetis terintegrasi proyek. Pada tahap *pre-test*, soal nomor 3 yang berkaitan dengan struktur polimer menjadi soal dengan persentase jawaban benar terendah (25,93%), sejalan dengan hasil angket yang menyebutkan bahwa 86,2% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami reaksi polimerisasi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran sebelumnya belum mampu membantu peserta didik memahami mekanisme yang bersifat abstrak. Sebaliknya, soal nomor 5 dan 9 yang berkaitan dengan polimer termoset, termoplastik, serta dampaknya terhadap lingkungan memperoleh persentase jawaban benar tertinggi saat *pre-test* (66,67%), yang menunjukkan adanya pengetahuan awal pada topik tersebut.

Setelah penggunaan e-modul, peningkatan signifikan terlihat terutama pada soal nomor 1 dan 8, dengan kenaikan masing-masing sebesar 51,85%, sehingga mencapai 88,89% dan 92,59%. Peningkatan ini menegaskan bahwa e-modul mampu memfasilitasi pemahaman peserta didik terhadap konsep struktur polimer dan penggolongan polimer yang sebelumnya sulit dipahami.

Keberhasilan ini tidak terlepas dari desain e-modul yang mengintegrasikan berbagai media pendukung seperti gambar, video pembelajaran, dan peta konsep, yang secara efektif membantu memvisualisasikan materi abstrak. Visualisasi tersebut sejalan dengan pendapat [10] yang menekankan pentingnya representasi visual dalam mempermudah pemahaman konsep kimia yang kompleks. Selain itu, keterkaitan materi dengan fenomena sehari-hari serta kegiatan proyek sintesis Polyglycerol Citrate (PGCit) memperkuat relevansi pembelajaran, sesuai dengan pandangan [18] bahwa pendekatan berbasis proyek mendorong peserta didik mengaitkan teori dengan praktik nyata sehingga pembelajaran lebih bermakna. Kehadiran latihan soal, *pre-test*, dan *post-test* dalam e-modul juga memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengukur pemahaman mereka secara mandiri, memperkuat keterlibatan, dan memberikan umpan balik langsung. Dengan demikian, peningkatan konsisten pada seluruh butir soal membuktikan bahwa e-modul polimer sintetis yang dikembangkan tidak hanya efektif dalam meningkatkan hasil belajar, tetapi juga relevan, kontekstual, dan mendukung keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Tahap evaluasi dalam pengembangan *e-modul* polimer sintetis terintegrasi proyek dilaksanakan melalui evaluasi formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan pada setiap tahap ADDIE untuk mengidentifikasi kelebihan maupun kelemahan produk. Hasil pada tahap analisis menunjukkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan memahami materi polimer karena keterbatasan media visual dan tidak adanya kegiatan praktikum. Pada tahap desain, struktur *e-modul* sudah memuat komponen utama dan kegiatan proyek, meskipun masih perlu penguatan pada visualisasi dan kejelasan instruksi. Pada tahap pengembangan, hasil validasi ahli materi mencapai 94% dengan kategori sangat layak, sementara validasi media awal hanya 73% atau layak. Setelah dilakukan revisi sesuai saran validator, kelayakan media meningkat signifikan menjadi 96% pada validasi tahap kedua. Uji coba kelompok kecil juga menunjukkan respons positif dengan rata-rata 93,73%, meskipun peserta didik menyarankan perbaikan jarak antarhuruf dan tata letak, yang kemudian disempurnakan pada revisi tahap II. Implementasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman peserta didik dengan nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,74 dalam kategori tinggi, di mana 62,96% peserta didik mengalami peningkatan tinggi dan 37,04% sedang.

Evaluasi sumatif dilakukan setelah implementasi pada kelompok besar untuk menilai efektivitas *e-modul* dalam meningkatkan hasil belajar. Perbandingan hasil pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan signifikan, terutama pada soal yang berkaitan dengan struktur dan reaksi polimerisasi yang sebelumnya sulit dipahami. Integrasi proyek sintesis *polyglycerol citrate* (PGCit) terbukti mendorong

keterlibatan aktif peserta didik serta membantu mengaitkan materi dengan konteks kehidupan nyata. Secara keseluruhan, rangkaian evaluasi membuktikan bahwa *e-modul* yang dikembangkan efektif meningkatkan hasil belajar, memenuhi kriteria kelayakan, dan layak digunakan sebagai bahan ajar kimia di SMA. Proses ini sejalan dengan prinsip evaluasi formatif menurut [6], yang menyebutkan bahwa evaluasi bertujuan untuk menyempurnakan produk sebelum diimplementasikan secara luas.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, *e-modul* terintegrasi proyek pada materi polimer sintetis dinyatakan layak digunakan dengan skor kelayakan rata-rata 94% dari ahli materi (sangat layak) dan 73% dari ahli media (layak), yang meningkat menjadi 96% setelah revisi. Respon peserta didik juga sangat positif dengan rata-rata 94% pada kategori sangat baik, menunjukkan bahwa *e-modul* ini sesuai dengan kebutuhan mereka. Selain itu, hasil belajar peserta didik mengalami peningkatan signifikan dengan nilai N-Gain sebesar 0,7375 dalam kategori tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa *e-modul* yang dikembangkan efektif dan layak digunakan sebagai bahan ajar pada pembelajaran polimer sintetis di MAN 1 Kota Bengkulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa hormat, kami menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Kimia atas dukungan dan fasilitas yang telah diberikan sepanjang proses penelitian ini. Fasilitas dan bimbingan yang diberikan sangat berharga dalam memastikan kelancaran serta kesuksesan

riset ini. Kami sangat menghargai kesempatan untuk mengembangkan penelitian ini di bawah naungan Program Studi, dan berharap kontribusi ini dapat memberikan manfaat yang berarti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Kosasih, *Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Bumi Aksara, 2021.
- [2] T. Amelia, R. Elvia, dan D. Handayani, “Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Pembelajaran Kimia menggunakan Four-tier Diagnostic Test di SMAN 3 Kota Bengkulu,” *ALOTROP, Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, vol. 6, no. 2, hlm. 110–117, 2022.
- [3] Daryanto, *Menyusun Modul Bahan Ajar Untuk Persiapan Guru Dalam Mengajar*. Malang: Gava Media, 2013.
- [4] Bistari dkk., *Buku Pedoman Metode Berbasis Proyek*. Pontianak: Universitas Tanjungpura, 2021.
- [5] Y. Lastri, “Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul dalam Proses Pembelajaran,” *Jurnal Citra Pendidikan*, vol. 3, no. 3, hlm. 1139–1146, Jul 2023, doi: 10.38048/jcp.v3i3.1914.
- [6] W. Dick dan L. Carey, *The Systematic Design of Instruction*. Charlottesville: HarperCollins College Publishers, 1996.
- [7] D. Amelia, Y. Iriani, dan S. Rahayu, “Strategi Pembelajaran Kimia Abstrak melalui Proyek Terintegrasi,” *Jurnal Pendidikan Sains*, vol. 10, no. 2, hlm. 145–154, 2022.
- [8] A. Tarigan, “EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN PRAKTIKUM KIMIA PADA MATERI POLIMER DALAM MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA KELAS XII MIPA 1 SMA NEGERI 1 KABANJAHE TAHUN PELAJARAN 2019/2020,” *Jurnal Pendidikan Pembelajaran IPA Indonesia*, vol. 2, no. 1, hlm. 13–18, Apr 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/JPPIPAI>
- [9] B. Permatasari, I. D. Putu Nyeneng, dan I. Wahyudi, “Pengembangan LKPD Berbasis POE untuk Pembelajaran Fisika Materi Momentum dan Impuls SMA,” *Jurnal Pembelajaran Fisika*, vol. 6, no. 1, hlm. 69–81, Jun 2019, doi: 10.23960/jpf.v6.n1.201807.
- [10] N. B. Haka, P. A. Suryaasih, B. S. Anggoro, dan A. Hamid, “Pengembangan Multimedia Interaktif Terintegrasi Nilai Sains Sebagai Solusi Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Kelas XI Mata Pembelajaran Biologi Di Tingkat SMA/MA,” *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, vol. 13, no. 1, hlm. 1, Des 2020, doi: 10.25134/quagga.v13i1.3202.
- [11] Syarifuddin dan E. D. Utari, *Media Pembelajaran (Dari Masa Konvensional Hingga Digital)*. Palembang: Bening Media Publishing, 2022.
- [12] E. N. Sitepu, “Media Pembelajaran Berbasis Digital,” *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dasar*, vol. 1, no. 1,

- [13] hlm. 242–248, Des 2021, doi: 10.34007/ppd.v1i1.195.
- [13] R. R. Suryaningrat, B. Basrowi, dan K. Rahmadani, “Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif pada Pembelajaran IPA berbasis [1] Website di SMPN 6 Cilegon,” *Jurnal PTI (Pendidikan Dan Teknologi Informasi)*, vol. 10, no. 2, hlm. 62–68, Okt 2023, doi: 10.35134/jpti.v10i2.175.
- [14] D. Sagala dan D. Naibaho, “Mampu Menggunakan Bahasa Yang Komunikatif,” *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, vol. 2, no. 4, hlm. 12724–12735, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu>
- [15] L. F. A. N. F. Albana, “Efektivitas Modul Pembelajaran Berbasis Proyek Sebagai Sumber Belajar Siswa SMK,” *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, vol. 5, no. 1, hlm. 79–86, 2020, doi: 10.30998/sap.v5i1.6623.
- [16] S. A. Nuriya dan E. Setiyawati, “Pengaruh Model Discovery Learning Berbantuan Media Benda Konkret Terhadap Pemahaman Konsep IPA Peserta Didik Kelas V,” *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, vol. 8, no. 1, hlm. 1829–1843, Jun 2023.
- [17] A. Padilla, W. M. L. MUnthe, dan W. Aditiya, “Analisis Penyebab Rendahnya Hasil Belajar Siswa Pembelajaran PPKn materi Gotong Royong Kelas IV Sekolah Dasar,” *Jurnal Basicedu*, vol. 8, no. 2, hlm. 1625–1633, Mei 2024, doi: 10.31004/basicedu.v8i2.7364.
- [18] M. S. A. Dewi dan N. A. P. Lestari, “E-Modul Interaktif Berbasis Proyek Terhadap Hasil Belajar Siswa,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 4, no. 3, hlm. 433–441, 2020.