



Pengembangan E-modul Bioinformatika Berbasis Program Based Learning (PBL) Tentang Prediksi Interaksi Senyawa Aktif Daun Pepaya Sebagai Kandidat Obat Kanker Paru-Paru

(Development of Bioinformatics E-modules Based on Program Based Learning (PBL) About the Prediction of Active Compound Interactions of Papaya Leaves as a Candidate Lung Cancer Drug)

Aulia Rahma Syita^{1*}, Inayatus Shofiyah², Yesika Erliana Putri³, Moh. Royhan Afnani⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

*e-mail: auliarahma.21019@mhs.unesa.ac.id

Diterima: 12 Januari 2025, Diperbaiki: 16 April 2025, Disetujui: 25 April 2025

Abstract. *E-modules are digital teaching materials that educators can use to create effective learning. On the other hand, Problem-based learning (PBL) is a form of learning method that begins with the emergence of problems that can encourage students to learn. This study aimed to analyze the validity and practicality of the development of E-modules developed as teaching materials on the prediction of the interaction of papaya leaf active compounds as a candidate for lung cancer drugs. This type of research is developmental research using the 4D model (Define, Design, Develop, and Disseminate). Data collection techniques were carried out with validation tests and limited respondent tests. The analysis technique used quantitative description. The study results stated that the Bioinformatics E-module based on Problem-Based Learning was feasible for use in learning. The E-module was declared highly valid with a validity score of 95.55% and very practical based on a limited trial with a practicality score of 99.06%. The advantage of this E-module lies in integrating visual and audio elements and interactive features in the form of links to various online learning resources, including access to download supporting software, thus providing a more comprehensive and accessible learning experience than conventional modules. badges, social interactions, points, and leaderboards*

Keywords: *E-module; Lung Cancer; Problem Based Learning; Papaya leaf active compound*

Abstrak. E-modul merupakan bahan ajar digital yang dapat digunakan oleh pendidik untuk menciptakan suatu pembelajaran yang efektif. Di sisi lain, *Problem based learning* (PBL) merupakan suatu bentuk metode pembelajaran yang diawali dengan munculnya permasalahan yang dapat mendorong siswa untuk belajar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis validitas dan kepraktisan pengembangan e-modul yang dikembangkan sebagai bahan ajar tentang prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan uji validasi dan uji responden terbatas. Teknik analisis menggunakan deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menyatakan bahwa e-modul Bioinformatika berbasis *Problem Based Learning* layak digunakan dalam pembelajaran. E-modul dinyatakan sangat valid dengan skor validitas 95,55% dan sangat praktis berdasarkan uji coba terbatas dengan skor kepraktisan 99,06%. Keunggulan e-modul ini terletak pada integrasi elemen visual, audio, dan fitur interaktif berupa tautan menuju berbagai sumber belajar daring, termasuk akses unduhan perangkat lunak pendukung, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih komprehensif dan mudah diakses dibandingkan modul konvensional.

Kata kunci: E-modul; Kanker Paru-paru; *Problem Based Learning*; Senyawa aktif daun pepaya

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan kontribusi besar terhadap kemajuan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan dan kesehatan. Salah satu bidang yang mengalami perkembangan pesat adalah bioinformatika, yang merupakan interdisiplin antara biologi, ilmu komputer, dan teknologi informasi. Bioinformatika memungkinkan analisis data biologis dalam skala besar serta mempermudah pemodelan molekul dan prediksi interaksi obat dengan target protein secara *in silico* (Lesk, 2019). Salah satu aplikasi penting dari bioinformatika adalah dalam penemuan dan pengembangan obat, khususnya melalui pendekatan *molecular docking* untuk memprediksi interaksi senyawa aktif dengan protein target penyakit seperti kanker (Kar & Leszczynski, 2015; Afnani *et al.*, 2024).

Kanker paru-paru merupakan salah satu jenis kanker yang paling mematikan di dunia, dengan tingkat kematian yang tinggi dan pengobatan yang masih memiliki banyak keterbatasan seperti biaya tinggi dan efek samping dari kemoterapi (WHO, 2022). World Health Organization menyebutkan kanker sebagai salah satu penyebab kematian utama di seluruh dunia. Pada tahun 2020 Global Burden of Cancer Study (GLOBOCAN) melaporkan bahwa jumlah kasus baru penyakit kanker di Indonesia mencapai 396.914 kasus, dimana 234.511 pasien kanker dilaporkan meninggal dunia (Prasetya *et al.*, 2023). Berdasarkan jenis kanker, angka penambahan kasus baru tertinggi yaitu kanker payudara (16,6%), kanker serviks (9,2%), dan kanker paru-paru (8,8%) (Prasetya *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengobatan yang lebih murah, efektif, dan memiliki efek samping yang minimal. Salah satu sumber potensial obat alami adalah daun pepaya (*Carica papaya*), yang telah diketahui mengandung berbagai senyawa aktif seperti flavonoid, alkaloid, dan tanin yang memiliki potensi sebagai antikanker (Nurcahyanti & Wink, 2016; Ahmad *et al.*, 2019). Menurut Refmidawati *et al.*, (2022) mengindikasikan

bahwa ekstrak daun pepaya juga akan toksik apabila diujikan pada sel kanker sehingga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai obat antikanker. Pemanfaatan senyawa aktif dari daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru dapat ditelusuri secara *in silico* dengan bantuan bioinformatika, sehingga efisiensi waktu dan biaya dalam tahap awal penemuan obat dapat tercapai.

Namun demikian, integrasi bioinformatika dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi, khususnya pada program studi biologi dan farmasi, masih belum optimal. Mahasiswa sering kali kesulitan memahami konsep bioinformatika secara aplikatif karena kurangnya media pembelajaran yang interaktif dan kontekstual. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media pembelajaran yang inovatif dan sesuai dengan kebutuhan zaman, seperti e-modul berbasis teknologi digital. Pada dasarnya pengembangan bahan ajar sangat diperlukan guna mendukung proses pembelajaran. Salah satu bentuk pengembangan bahan ajar yaitu berupa e-modul. E-modul merupakan jenis bahan ajar dalam bentuk digital yang dapat digunakan oleh pendidik untuk menciptakan suatu pembelajaran yang baik dengan tujuan untuk memudahkan peserta didik dalam belajar (Asrial, 2020). Menurut Syofyan *et al.* (2022) proses pembelajaran yang dilaksanakan dengan memanfaatkan e-modul dapat meningkatkan kreatifitas peserta didik. Keberadaan e-modul ini sangat penting mengingat kemajuan teknologi yang semakin pesat. Adanya e-modul membuat peserta didik dapat mengakses materi tanpa harus dibatasi oleh ruang dan waktu. E-modul memiliki banyak kelebihan diantaranya yaitu, lebih praktis untuk dibawa karena tidak memberatkan Peserta didik dalam membawanya, biaya produksi yang lebih murah dibanding dengan modul cetak, cara pengoperasiannya mudah, tahan

lama dan tidak lapuk dimakan waktu (Erawati *et al.*, 2022).

Adanya bahan ajar yang efektif yaitu berupa e-modul pembelajaran juga harus didukung dengan metode pembelajaran yang sesuai. Pendekatan *Problem-Based Learning* (PBL) dinilai tepat untuk diterapkan dalam pengembangan e-modul, karena PBL dapat mendorong keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses belajar, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta memberikan pengalaman belajar yang bermakna melalui penyelesaian masalah nyata (Hmelo-Silver, 2004; Arends, 2012). Dengan demikian perlu dikembangkan e-modul bioinformatika berbasis PBL dengan fokus pada prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya terhadap target protein kanker paru-paru merupakan langkah strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sekaligus mengintegrasikan teknologi bioinformatika dalam konteks yang relevan dan aplikatif.

Pengembangan e-modul Biologi berbasis *problem based learning* yang dilakukan oleh Pramana *et al.* (2020) berhasil mencapai kualifikasi sangat baik pada setiap uji validitas pelajaran, uji validitas desain pembelajaran, uji validitas media pembelajaran, uji coba perorangan, dan uji coba kelompok kecil. E-modul berbasis *problem based learning* layak untuk diterapkan dalam proses pembelajaran sehingga permasalahan pembelajaran dapat teratasi dengan baik. Hal ini juga sejalan penelitian yang dilakukan oleh Refmianti *et al.* (2023) melalui Penelitian pengembangan e-modul berbasis PBL pola-pola hereditas memiliki rata-rata validitas sebesar 83,93% dengan kriteria sangat valid. Pengembangan e-modul berbasis *problem based learning* sangat terbatas belum terdapatnya pengembangan e-modul bioinformatika berbasis PBL yang berfokus pada senyawa aktif daun pepaya (*Carica papaya* L.) sehingga berdasarkan hal tersebut maka sangat penting untuk melakukan penelitian pengembangan

yang berjudul "Pengembangan E-modul Bioinformatika berbasis Problem Based Learning tentang Prediksi Interaksi Senyawa Aktif Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai Kandidat Obat Kanker Paru-paru" Pengembangan penelitian ini memiliki keunggulan yaitu adanya bahan ajar yang menggali lebih dalam terkait bioinformatika dan juga sebagai bahan ajar yang berbasis Problem Based Learning yaitu pemecahan suatu masalah. E-modul bioinformatika berisi prediksi senyawa aktif daun pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai kandidat obat kanker paru-paru dengan menggunakan metode *molecular docking*. Dengan adanya e-modul ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca dalam mengetahui prediksi senyawa apa saja yang dapat digunakan sebagai kandidat obat kanker paru-paru.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Oktober 2023 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap penelitian yaitu penelitian terkait prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru dan penelitian pengembangan e-modul berbasis PBL. Penelitian terkait prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru menggunakan metode *molecular docking* yang digunakan untuk melihat interaksi senyawa aktif daun pepaya. Tahapan dalam *molecular docking* secara garis besar yaitu meliputi pengabungan senyawa aktif yang sudah dipilih dengan protein target yang terkait, yang mana hasil dari interaksi dibandingkan dengan hasil banding affinity dari senyawa obat kontrol. Hasil interaksi senyawa aktif dengan protein target serta nilai banding affinity yang diperoleh dijadikan data hasil yang akan dimasukkan kedalam e-modul.

Pengembangan e-modul berbasis Problem-Based Learning (PBL) dalam penelitian ini menggunakan model

pengembangan 4D, yang terdiri dari empat tahap, yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebaran). Pada tahap *Define*, dilakukan berbagai analisis awal seperti analisis kebutuhan, karakteristik responden, analisis tugas dan konsep, serta perumusan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Selanjutnya, tahap *Design* difokuskan pada proses perancangan media pembelajaran, yang mencakup pemilihan jenis media, pengumpulan materi untuk isi e-modul, perancangan tampilan visual, penataan gambar dan ilustrasi, serta penyusunan instrumen penelitian, termasuk instrumen validasi dan angket respon siswa. Tahap *Develop* merupakan proses realisasi rancangan menjadi produk e-modul yang siap digunakan. Pada tahap ini dilakukan uji validasi terhadap draf e-modul yang telah dibuat, mulai dari penilaian oleh ahli materi (diikuti dengan revisi pertama), kemudian oleh ahli media (dilanjutkan dengan revisi kedua), serta uji kepraktisan penggunaan oleh pengguna yang relevan, dan ditutup dengan revisi akhir atau revisi tahap ketiga.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi yang mencakup tiga aspek utama, yaitu aspek penyajian, isi materi, dan kebahasaan. Data yang diperoleh dari proses validasi berupa skor kelayakan, yang kemudian diinterpretasikan untuk menentukan tingkat validitas produk. Teknik pengumpulan data validasi ini menjadi sumber data primer dalam penelitian. Penilaian menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1 hingga 4, di mana skor 1 menunjukkan kategori kurang baik, 2 cukup baik, 3 baik, dan 4 sangat baik (Riduwan, 2016). Selanjutnya, skor yang diberikan oleh masing-masing validator dihitung berdasarkan aspek-aspek yang dinilai, menggunakan rumus sebagai berikut:

Presentase validitas = $\left(\frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Jumlah skor maksimum yang diperoleh}} \right) \times 100\%$

Persentase yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan mengacu pada interpretasi skor hasil validasi berdasarkan adaptasi Skala Likert yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria penilaian validitas e-modul

Presentase (%)	Kriteria
0-37	Tidak valid
38-53	Kurang valid
54-69	Cukup valid
70-85	Valid
86-100	Sangat valid

Sumber: (Riduwan, 2016)

Uji coba terbatas dari e-modul yang telah dilakukan kepraktisan kepada 20 responden terdiri dari anggota Kelompok Studi Bioinformatika (KS NARAYA) untuk mengetahui kepraktisan e-modul. Instrumen kepraktisan berupa angket untuk menilai kepraktisan yang terdiri dari kriteria keterbacaan, penyajian, isi, dan kebahasaan. Metode angket digunakan untuk mengetahui kepraktisan berdasarkan respon dari responden saat menggunakan e-modul, teknik pengumpulan data hasil skor angket ini menjadi sumber data primer. Teknik analisis data berdasarkan Skala *Guttman*. Skala *Guttman* dikenal sebagai skala berdimensi tunggal karena pilihan jawabannya bersifat tegas dan hanya terdiri dari dua opsi, seperti ya atau tidak, benar atau salah, serta bentuk pilihan serupa lainnya yang bersifat dikotomis (Triana & Sulistyowati, 2020). Dalam skala ini, jawaban "Ya" diberikan skor 1, sedangkan jawaban "Tidak" diberi skor 0. Suatu e-modul dianggap praktis apabila memperoleh persentase skor minimal sebesar 71%, sesuai dengan kriteria kepraktisan yang ditunjukkan pada Tabel 2. Data yang dikumpulkan merupakan data kualitatif, yang kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi dan

penyempurnaan terhadap produk yang dikembangkan.

Tabel 2. Kriteria Interpretasi Responden terhadap e-modul

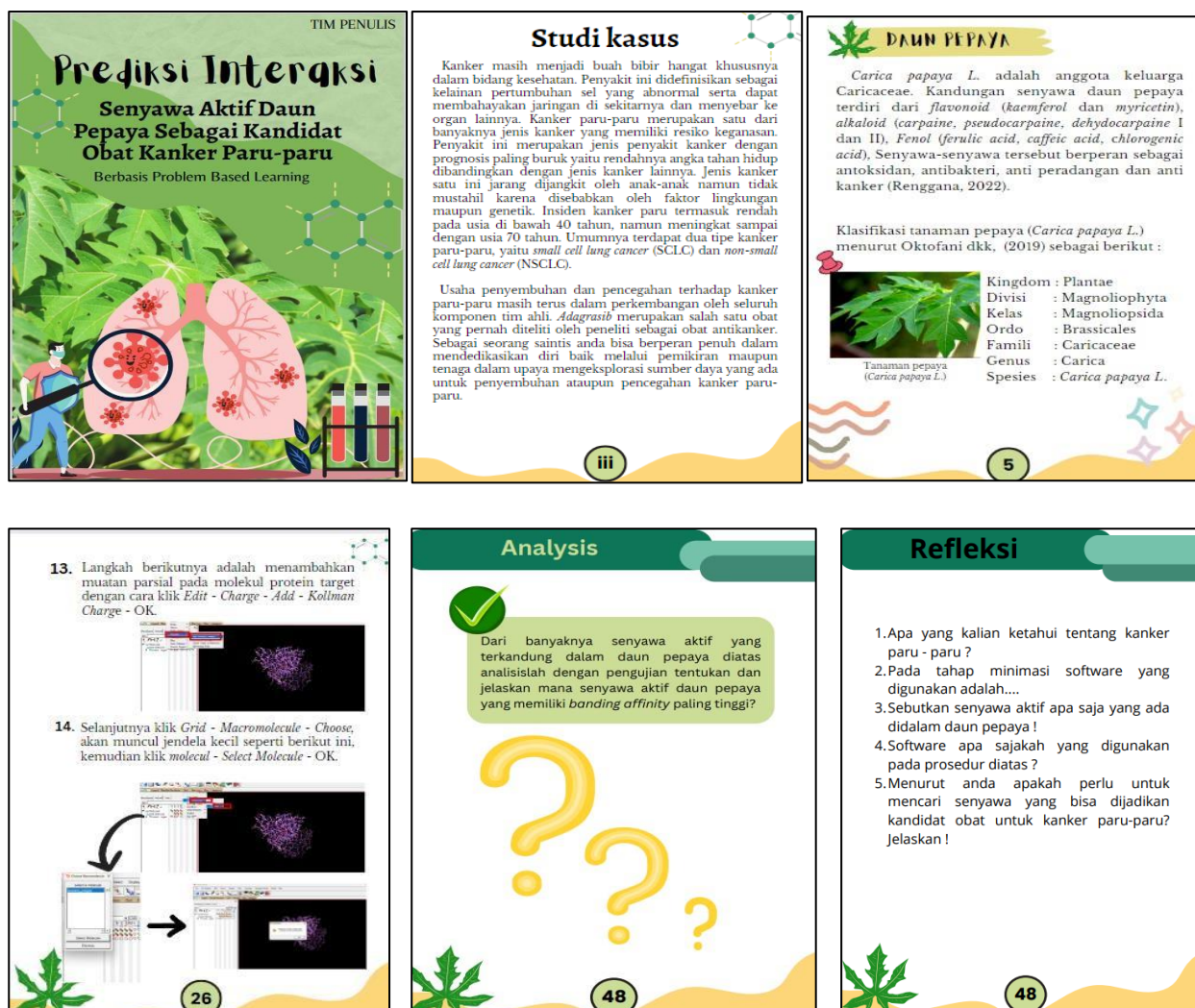
Skor (%)	Kriteria
0-25	Sangat tidak praktis
26-50	Tidak praktis
51-70	Cukup
71-85	Praktis
86-100	Sangat Praktis

Diadaptasi dari Prihandono *et al.* (2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dikembangkan menghasilkan sebuah produk berupa bahan ajar yaitu e-modul Bioinformatika

berbasis PBL tentang prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru. E-modul bioinformatika yang dibuat terdiri atas konsep pemahaman awal tentang bioinformatika, *molecular docking*, senyawa aktif yang terdapat pada daun pepaya, dan sekilas tentang kanker paru-paru. Media e-modul ini disusun berbasis PBL (*Problem Based Learning*) sehingga dalam sintaks pembelajarannya dimulai dengan memunculkan problem yaitu sebuah permasalahan kontekstual untuk dianalisis oleh siswa, kemudian siswa akan berusaha untuk memperdalam pengetahuan agar bisa menyelesaikan problem yang ada.



Gambar 1. (a) Cover E-modul, (b) studi kasus PBL, (c) Pemahaman awal, (d) Tahapan penyelesaian masalah, (e) Analisis masalah, (f) Refleksi.

E-modul Bioinformatika bertujuan sebagai pemandu dalam melakukan penyelesaian suatu studi kasus dengan memprediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya dengan protein target dengan melakukan *molecular docking* antara senyawa uji dengan protein target sehingga akan didapatkan suatu hasil prediksi interaksi. Prediksi interaksi senyawa aktif daun papaya yaitu senyawa *kaemferol* pada *reseptor* target K-RAS (kode PDB: 5UK9) sebagai kandidat obat kanker paru-paru. E-modul tersaji atas pendahuluan, isi dan penutup. E-modul yang dikembangkan dilengkapi dengan ciri khusus yaitu adanya *problem* atau studi kasus pada bagian pertama, studi kasus kehidupan nyata dimaksudkan untuk meningkatkan rasa ingin tahu pembaca tentang analisis penyelesaian masalah menggunakan metode penambatan *molekuler docking*, terdapat pemahaman awal seputar bioinformatika, senyawa aktif daun papaya, kanker paru-paru, bagian isi terdiri atas tujuan pembelajaran. Bagian isi e-modul terdapat penjelasan tahap-tahap penyelesaian masalah, setiap tahapan

dilengkapi dengan *link* akses *website* ataupun *link* untuk download aplikasi yang digunakan, beserta analisis, bagian penutup terdiri atas simpulan, dan terakhir terdapat *fitur refleksi* untuk mengetahui apa yang sudah diperoleh dan belum dipahami oleh pembaca terkait materi. Berikut tampilan e-modul Bioinformatika berbasis PBL tentang prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru.

Validitas E-modul

Penelitian pengembangan ini menghasilkan e-modul ditinjau dari dua aspek kelayakan yaitu validitas, kepraktisan. Media Pembelajaran e-modul telah divalidasi oleh validator yaitu dua dosen ahli terdiri atas ahli materi dan ahli media. Validasi dilakukan pada aspek penyajian, isi, dan kebahasaan. Data hasil validasi media pembelajaran e-modul Bioinformatika berbasis PBL tentang prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Validasi media pembelajaran e-modul

No	Aspek kriteria yang dinilai	Presentase	Kategori
1	Kelayakan Penyajian	97,91%	SV
2	Kelayakan Isi	94,44%	SV
3	Kelayakan Bahasa	94,31%	SV
Rata-rata keseluruhan		95,55%	SV

Keterangan :

Validator 1 (Ahli Materi): Fitriari Izzatunnisa Muhaimin, M.Sc

Validator 2 (Ahli Media Pendidikan): Dr. Pramita Yakub, S.Pd., M.Pd.

Berdasarkan data pada Tabel 3, e-modul Bioinformatika berbasis PBL yang membahas prediksi interaksi senyawa aktif dari daun pepaya sebagai calon obat kanker paru-paru dinyatakan memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi dengan skor keseluruhan sebesar 95,55%. Rinciannya, aspek kelayakan penyajian memperoleh skor 97,91%, kelayakan isi mencapai 94,44%, dan kelayakan kebahasaan sebesar 94,31%—ketiganya termasuk

dalam kategori "Sangat Valid" (Riduwan, 2016). Validasi terhadap e-modul ini mencakup tiga aspek utama, yaitu isi materi, penyajian, dan kebahasaan. Proses uji validitas dilakukan dengan menghitung rata-rata skor dari masing-masing aspek yang dinilai, kemudian hasil tersebut diinterpretasikan untuk menentukan tingkat validitas produk secara keseluruhan (Budistuti *et al.*, 2018).

Komponen kelayakan penyajian

mencakup empat aspek yang menjadi fokus penilaian. Aspek pertama adalah kualitas tampilan, yang memperoleh kategori sangat valid, menandakan bahwa visualisasi modul sudah relevan dengan materi pembelajaran yang disampaikan. Aspek kedua mencakup kesesuaian tata letak halaman, jenis huruf yang digunakan, serta kombinasi warna dalam e-modul, yang seluruhnya juga mendapatkan kategori sangat valid. Secara keseluruhan, elemen penyajian yang meliputi tampilan, teks, dan ilustrasi telah memenuhi standar penyusunan e-modul sebagaimana dijelaskan dalam penelitian sebelumnya (Faridah *et al.*, 2022).

Beberapa informasi tambahan dapat diakses dengan mudah melalui tautan *hyperlink* yang terdapat pada e-modul, seperti tautan akses web database PubChem; web database RCSB PDB; *link* aplikasi dan informasi tambahan lainnya. Adanya *hyperlink* yang mudah diakses memudahkan untuk memperoleh informasi tambahan yang dapat membantu memahami materi. Sesuai dengan pendapat Muhammad & Reni (2021) *hyperlink* yang mudah diakses dapat membantu memahami materi dan memperluas pengetahuan, karena tidak terpaku dari materi saja.

Komponen kelayakan isi terdiri dari tiga aspek utama. Aspek pertama keluasan cakupan materi dan ketepatan konsep, yang memperoleh kategori sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan konsep keilmuan, mencakup ruang lingkup yang memadai, didukung dengan elemen materi yang relevan, serta disusun mengikuti sintaks pembelajaran yang selaras dengan tujuan pengembangan. Kesesuaian e-modul dengan tahapan pembelajaran berbasis PBL juga memperoleh penilaian sangat valid. Modul ini telah mencerminkan lima tahapan inti dalam model PBL, dimulai dari penyajian masalah dalam bentuk

studi kasus nyata di bidang kesehatan di Indonesia, diikuti dengan tahap perumusan masalah, identifikasi isu, analisis penyebab dan dampak permasalahan, hingga penyusunan solusi yang tepat. Sofyan *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa model PBL dalam pembelajaran menjadikan objek/ciri utama berupa permasalahan nyata bertujuan untuk memicu peserta didik agar terlibat secara aktif pada proses belajar sebelum mengetahui konsep secara formal. Aspek pembelajaran yang berisi kemudahan alur materi untuk dipahami memperoleh kategori sangat valid. Pernyataan tersebut sesuai dengan sesuai dengan Wijaya & Vidiyanti (2020).

Komponen kelayakan kebahasaan terdiri dari empat aspek yaitu penggunaan bahasa yang mudah dipahami dan dimengerti seperti komunikatif dan informatif. Hal tersebut sejalan dengan (Latifah, 2018) bahwa buku ajar hendaknya menggunakan bahasa yang interaktif dan komunikatif, dan sesuai dengan tingkat pembaca agar dapat memotivasi dan meningkatkan minatnya membaca dan memahami materi. Struktur dari Bahasa yang digunakan dalam e-modul seperti sesuai PUEBI tidak menimbulkan makna ganda serta tanda baca, aspek penggunaan istilah dan terakhir aspek kemampuan memotivasi dan interaktif termasuk dalam kategori sangat valid, dengan demikian, penggunaan bahasa dalam e-modul telah disesuaikan dengan tingkat kemampuan pemahaman siswa pada usia yang relevan, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih mudah dipahami dan diikuti oleh peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Rihanah & Cintya (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan bahasa dalam buku harus jelas, tepat, dan sesuai kaidah, agar informasi yang disampaikan dapat diterima dengan baik oleh pembaca.

Hasil analisis terhadap masing-masing komponen validasi menunjukkan

bahwa e-modul Bioinformatika berbasis PBL mengenai prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya dinyatakan layak untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Kepraktisan E-modul

Setelah mendapatkan validasi oleh validator, tahap lanjutan dilakukan uji coba terbatas kepada responden untuk

melihat hasil respon penggunaan e-modul bioinformatika berbasis PBL tentang prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya. Angket respons dilaksanakan oleh kelompok Studi NARAYA dan e-modul bioinformatika berbasis PBL yang telah diuji cobakan dan mendapatkan respon positif. Hasil kepraktisan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Respon kepraktisan e-modul bioinformatika berbasis PBL.

No	Aspek yang dinilai	Skor	Kriteria
1.	Aspek keterbacaan	97,5%	Sangat Praktis
2.	Aspek penyajian	100%	Sangat Praktis
3.	Kriteria isi	98,75%	Sangat Praktis
4.	Kriteria kebahasaan	100%	Sangat Praktis
Total		99,06%	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 4. Hasil data angket respon dari e-modul dikembangkan dinyatakan sangat praktis dan bisa diterapkan saat melakukan kegiatan belajar mengajar, rata-rata 99,06% sesuai kriteria sangat praktis (Tabel 3). Responden dalam mengukur kepraktisan e-modul ini diharapkan mampu mempengaruhi serta meningkatkan minat serta motivasi pembaca, sehingga memiliki ketertarikan untuk mempelajari lebih jauh tentang bioinformatika.

Aspek keterbacaan mendapatkan respon positif, yakni mendapat skor presentase 97,5% dengan kriteria sangat praktis (Tabel 3.) akan tetapi skor presentase yang diperoleh tidak mencapai 100% karena 10% dari responden berpendapat bahwa e-modul ini tidak menggunakan huruf cetak. Tingkat keterbacaan dipengaruhi oleh dua aspek utama, yaitu aspek visual dan aspek kebahasaan. Aspek visual meliputi unsur tipografi, seperti ukuran font dan spasi antarbaris, sementara aspek kebahasaan mencakup pemilihan kosakata, struktur paragraf, dan penyusunan kalimat (Zidatunnur *et al.*, 2021). Respon yang positif dengan kriteria sangat praktis ini menandakan bahwa penggunaan jenis dan ukuran font sudah tepat, sehingga

memudahkan pembaca untuk membaca isi e-modul. Keterbacaan merupakan tingkat kemudahan pembaca dalam memahami suatu bahan bacaan pada kecepatan membaca optimal yang dipengaruhi oleh unsur tekstual (Ginanjari, 2020). Dengan hasil ini pengembangan e-modul layak untuk dibaca secara empiris.

Aspek penyajian dalam e-modul memperoleh respons positif dari seluruh responden, dengan persentase rata-rata sebesar 100%, yang tergolong dalam kategori sangat praktis (Tabel 3). Capaian ini mengindikasikan bahwa tampilan e-modul telah dirancang secara menarik, dilengkapi dengan elemen visual seperti gambar, suara, serta fitur interaktif berupa tautan (hyperlink) yang dapat mengarahkan pengguna ke berbagai sumber di internet, termasuk akses untuk mengunduh perangkat lunak pendukung pembelajaran. Fitur-fitur ini berkontribusi dalam meningkatkan ketertarikan pembaca terhadap materi. Istilah *kepraktisan* merujuk pada sejauh mana suatu modul pembelajaran dapat digunakan dengan mudah oleh peserta didik. Modul yang praktis harus mampu memberikan pengalaman belajar yang bermakna, menyenangkan, relevan dengan kehidupan sehari-hari, serta

mendorong kreativitas dan hasil belajar siswa (Alfiriani, 2018). E-modul juga memiliki karakteristik interaktif yang mendukung kemudahan navigasi, memungkinkan penyajian konten dalam bentuk teks, gambar, dan video, serta dilengkapi dengan latihan soal dan umpan balik otomatis (Diantari *et al.*, 2018). Selain itu, e-modul memiliki sejumlah keunggulan lain, di antaranya lebih ringan untuk dibawa, tidak membebani siswa secara fisik, biaya produksinya lebih ekonomis dibanding modul cetak, mudah digunakan, serta memiliki daya tahan yang lebih tinggi karena tidak mudah rusak oleh waktu (Erawati *et al.*, 2022).

Aspek rata-rata isi e-modul mendapatkan respon positif sebesar 98,75% yang masuk kategori sangat praktis (Tabel 3), akan tetapi presentase yang diperoleh tidak mencapai 100% dikarenakan terdapat 10% dari responden yang berpendapat bahwa e-modul ini alur materinya susah untuk dipahami. Hasil yang diperoleh dengan kategori sangat praktis mengindikasikan bahwa e-modul mampu mendukung pemahaman materi dengan penyajian yang disampaikan secara jelas dan mudah dimengerti. E-modul ini memuat alur materi yang mudah untuk dipahami karena disusun berdasarkan sintaks pembelajaran yang mana topik dan tujuan pembelajarannya berdasarkan melalui penerapan model pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning*), kemampuan berpikir kritis siswa dapat ditingkatkan. Pandangan ini sejalan dengan pernyataan Nahdi (2018) yang menyatakan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis masalah mampu menstimulasi kemampuan siswa untuk kreatif, analitis, sistematis, dan logis dalam menemukan alternatif pemecahan masalah melalui eksplorasi data secara empiris dalam rangka menumbuhkan sikap ilmiah. sehingga dapat menumbuhkan semangat saat pembelajaran dan dapat meningkatkan minat belajar.

Aspek kebahasaan dalam e-modul

mendapatkan tanggapan positif dari peserta didik dengan persentase rata-rata sebesar 100%, yang tergolong dalam kategori sangat praktis (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam e-modul dapat dengan mudah dipahami oleh pembaca serta tidak menimbulkan ambiguitas. Temuan ini sejalan dengan penelitian Paramita *et al.* (2018), yang menyatakan bahwa kalimat dalam media pembelajaran sebaiknya disusun menggunakan bahasa yang baik dan benar agar peserta didik lebih mudah memahami isi materi tanpa kesalahan penafsiran.

Bahasa memiliki peranan krusial dalam proses belajar-mengajar. Tanpa penggunaan bahasa yang mudah dipahami oleh siswa, materi yang disampaikan tidak akan bermakna (Puspaningtyas, 2018). Penyampaian informasi secara jelas dengan bahasa yang sesuai akan membantu siswa dalam memahami dan menguasai konsep materi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa e-modul interaktif ini telah memenuhi aspek kebahasaan dengan baik, di mana istilah-istilah yang digunakan mudah dipahami, penyampaiannya jelas, dan informatif. Pendapat ini diperkuat oleh Ridho dan Lubis (2018), yang menegaskan pentingnya memperhatikan aspek bahasa dalam bahan ajar agar pesan yang ingin disampaikan dapat diterima secara efektif oleh pembaca.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, e-modul Bioinformatika berbasis Problem-Based Learning (PBL) mengenai prediksi interaksi senyawa aktif daun pepaya sebagai kandidat obat kanker paru-paru dinyatakan valid dan praktis. Tingkat validitas yang diperoleh mencapai 95,55% dan termasuk dalam kategori sangat valid. Sementara itu, uji kepraktisan berdasarkan angket responden menunjukkan skor sebesar 99,06%, yang juga tergolong sangat praktis. Keunggulan e-modul ini terletak pada integrasinya

dengan elemen visual seperti gambar, suara, serta fitur interaktif berupa tautan yang mengarahkan pengguna ke berbagai sumber pembelajaran di internet, termasuk akses untuk mengunduh perangkat lunak pendukung pembelajaran, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih komprehensif dan mudah diakses dibandingkan modul konvensional. Oleh karena itu, e-modul ini layak digunakan sebagai media pembelajaran dalam pengenalan bioinformatika dan pemodelan senyawa aktif secara *in silico*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) yang telah mengadakan Penelitian Kebijakan Mahasiswa (PKM) ini; ibu Fitriari Izzatunnisa Muhaimin, M.Sc selaku validator 1 (ahli materi); ibu Dr. Pramita Yakub, S.Pd., M.Pd. selaku validator 2 (ahli media Pendidikan); Kelompok Studi Bioinformatika (KS NARAYA); mahasiswa dan calon peneliti di bidang bioinformatika dan kesehatan, Jurusan Biologi, FMIPA UNESA, selaku subjek uji coba kepraktisan.

DAFTAR PUSTAKA

Afnani, M. R., Emilia, N. F., Damayanti, A. E., Rabbani, C. N., & Purnama, E. R. (2024). Potency of active compounds extract of soursop leaves (*Annona muricata*) as a candidate for cervical cancer drug in Silico. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 513, p. 03005). EDP Sciences.

Ahmad, N., Fazal, H., Abbasi, B. H., Farooq, S., Ali, M., & Khan, M. A. (2019). Biological role of flavonoids in human health – A review. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 32(2), 531–536.

Alfiriani, A., & Hutabri, E. (2017). Kepraktisan dan keefektifan modul pembelajaran bilingual berbasis komputer. *Jurnal Kependidikan*, 1(1), 12-23.

Aljamali, N. M., Al-Qraawy, W. K. N., & Helal, T. A. (2022). Review on carcinogens materialsin chemical laboratories. *International Journal of Molecular Biology and Biochemistry*, 4(1), 17-25.

Asrial, A., Syahrial, S., Maison, M., Kurniawan, D. A., & Piyana, S. O. (2020). Ethnoconstructivism E-module to improve perception, interest, and motivation of studentsin class V elementary school. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 9(1), 30-41.

Avivi, S., Didik, P. R., Alfian, F. H. (2021). Bioinformatika dan Biostatistika. Jember: ember University Press.

Budiastuti, Dyah, dan Agustinus Bandur. (2018). Validitas Dan Reliabilitas Penelitian. Jakarta: Mitra Wacana Media.

Diantari, L. P. E., Damayanthi, L. P. E., Sugihartini, N. S., & Wirawan, I. M. A. (2018). Pengembangan E-modul berbasis mastery learning untuk mata pelajaran KKPI kelas XI. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 7(1), 33-47.

Erawati, N. K., Purwati, N. K. R., & Saraswati, I. D. A. P. D. (2022). Pengembangan E-modul Logika Matematika Dengan Heyzine untuk Menunjang Pembelajaran di SMK. *Jurnal Pendidikan Matematika (JPM)*, 8(2), 71-80.

Faridah, U., Rahayu, Y. S., & Dewi, S. K. (2022). Pengembangan E-modul Interaktif untuk Melatihkan Keterampilan Literasi Sains Siswa Materi Transpor Membran. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 11(2), 394-404.

Ginangjar, A. A. (2020). Analisis Tingkat Keterbacaan Teks dalam Buku Ajar Bahasa Indonesia. *Literasi: Jurnal Bahasa dan Sastra Indonesia serta Pembelajarannya*, 4(2), 158-163.

Hamid, N., Dasna, I. W., & Habiddin, H. (2022). Kajian Literatur: Implementasi Problem Based Learning (PBL) Dalam Pembelajaran Kimia. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 10(2), 215.

- Hotimah, H. (2020). Penerapan metode pembelajaran *problem based learning* dalam meningkatkan kemampuan bercerita pada siswa sekolah dasar. *Jurnal edukasi*, 7(2), 5-11.
- Jati, N. K., Prasetya, A. T., & Mursiti, S. (2019). Isolasi, Identifikasi, Dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Alkaloid Pada Daun Pepaya. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 42(1), 1-6.
- Juliana, K., Amin, M., & Suarsini, E. (2016). Pengembangan Buku Ajar Matakuliah Biologi Sel Dengan Pendekatan Bioinformatika Untuk Mahasiswa S1 Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 1(9), 1677-1683.
- Kar, S., & Leszczynski, J. (2015). *In Silico Drug Design: Theory, Methods, Challenges, and Applications*. CRC Press.
- Kurniyanto. (2022). Bagaimana Kanker Paru dapat Diketahui Lebih Awal Sebelum Stadium Lanjut?. <https://p2ptm.kemkem.go.id>. Diakses tanggal 23 September 2024.
- Latifah, Lanny. (2018). Analisis Kelayakan Penyajian Buku Teks Bahasa Indonesia Ekspresi Diri dan Akademik SMA/SMK Kelas X Edisi Revisi 2014. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lesk, A. M. (2019). *Introduction to Bioinformatics* (5th ed.). Oxford University Press.
- Mahrus., Zulkifli, L., Hadisaputra, S & Armyani, I. A. P. (2021). Penggunaan Bioinformatika dalam Pembelajaran Sains Untuk Menyelesaikan Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Genetika di SMPN 20 Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4).
- Muhammad, R.A., Reni, A. (2021). Pengembangan E-Book Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Belajar dan Untuk Melatihkan Literasi Digital Peserta Didik Kelas X SMA. *Jurnal BioEdu*, 10 (2), 326-334.
- Nahdi, DS. (2018). Eksperimentasi Model Problem Based Learning Dan Model Guided Discovery Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Ditinjau Dari Self Efficacy Siswa. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 4(2), 50- 56.
- Paramita, R., Rqiah G.P.P., dan Eka A. (2018). Pengembangan Booklet Hasil Inventarisasi Tumbuhan Obat Sebagai Media Pembelajaran pada Materi Manfaat Keanekaragaman Hayati. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA (JIPI)*, 2(2):83-88.
- Pramana, M. W. A., Jampel, I. N., & Pudjawan, K. (2020). Meningkatkan hasil belajar biologi melalui E-modul berbasis problem based learning. *Jurnal Edutech Undiksha*, 8(2), 17-32.
- Prasetya, D., Layyinah, A., Putri, S., Rosita, E., Nurjanah, A. I., & Maftuchan, A. (2023). *Konsekuensi Finansial Pengobatan Kanker di Indonesia: Studi Kasus Penderita Kanker di Ibu Kota Jakarta*. Perkumpulan PRAKARSA.
- Prihandono, T., Wahyuni, S., Pamungkas, Z. S. (2017). Development of Modul Based on Local Potential Integrated SETS in Junior High School. *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, 4(9), 3939-3944.
- Puspaningtyas, A. (2018). Validitas dan kepraktisan buku ajar ipa smp berbasis etnosains untuk meningkatkan keterampilan klasifikasi siswa smp. *PENSA: E-JURNAL PENDIDIKAN SAINS*, 6(01).
- Rasgita, P. (2020). Analisis Kadar Senyawa Fenolik Total dan Flavonoid Total Ekstrak Etanol Kulit Buah Jeruk Sambal (*Citrus microcarpa Bunge*) Menggunakan Metode Spektrofotometri UV – Vis [Skripsi]. *Doctoral Dissertation*, Universitas Al-Ghifari. Bandung.
- Refmianti, W., Syamsurizal, S., Arsih, F., & Rahmatika, H. (2023). Validasi Pengembangan Modul Ajar Pola-pola Hereditas Berbasis Problem Based Learning. *Journal on Teacher Education*, 4(4), 19-27.

- Refmidawati, R., Masri, M., & Azalia, D. (2022). Cytotoxicity Test of Ethyl Acetate Fraction and Ethanol Fraction of Papaya Leaf Extract (*Carica Papaya*. L) Against Hep-2 Laryngeal Cancer Cells. *Jurnal Teknologi Sains Kesehatan*, 1(1), 21-26.
- Renggana, H., Sadino, A., Susanti, R., & Sujana, D. (2022). Sitotoksitas Ekstrak Etanol Dan Fraksi-Fraksi Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Sel Kanker Prostat Du 145 Dengan Metode MTT Assay: Cytotoxicity of Ethanol Extract and Fraction Papaya Leaf (*Carica papaya* L.) On Prostate Cancer Cells Du 145 Using MTT Assay Method. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 7(2), 273-282.
- Ridho Pradita, M., dan Lubis, F. (2018). Kelayakan Isi dan Bahasa Buku Ajar Bahasa Indonesia Sekolah Menengah Pertama Kelas VIII Kurikulum 2013 Edisi Revisi 2017 Penerbit Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Basastra. Vol. 7(4): 281-294. <https://doi.org/10.24114/bss.v7i4.11739>
- Riduwan. (2016). Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian. Bandung: Alfabeta.
- Rihanah, A., & Cintyah. N. I., (2022) Kelayakan Isi Dan Bahasa pada Buku Teks Bahasa Indonesia Di Sma Negeri 1 Sirampog. *Jurnal Hasta Wiyata*, 5(1), 32-42.
- Sofyan, Herminarto, Wagiran, Kokom Komariah, dan Endri Triwiyono. (2017). *Problem Based Learning* Dalam Kurikulum 2013. Yogyakarta: UNY Press.
- Syofyan, R., Sofya, R., Irianto, A., Yunikawati, N. A., Agustin, M., Adzkia, S. F., & Wulandari, N. F. (2022). Pemanfaatan E-modul pada Perkuliahan yang Menerapkan *Project Based Team* dan *Games Tournament* untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa pada Mata Kuliah Media Pembelajaran Ekonomi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Ekonomi (JIPE)*, 12(2), 167-173.
- Triana, V.S., & Sulistyowati E. (2020). Pengembangan *E-book* Berbasis Android Tentang Pencemaran Lingkungan dan Pengelolaan Limbah Sebagai Media Pembelajaran Biologi Bagi Siswa SMA/MA Kelas X. Makalah. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek ke-V*, ISSN: 2527-533X
- Wijaya, J. E., & Vidiанти, A. (2020). *The Effectiveness of Using Interactive Electronic Modules on Student Learning Outcomes in Education Innovation Course*. *Icope*. 422: 86-89
- World Health Organization. (2022). *Cancer fact sheet*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- Zidatunnur, S. F., & Rusilowati, A. (2021). Keterbacaan dan kepraktisan bahan ajar digital gerak melingkar berbantuan scratch berbasis stem untuk mahasiswa. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 10(2), 131-138