

PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM KIMIA KOMPUTASI: UJI INHIBISI KOROSI TURUNAN SENYAWA PURIN

Radayatun Hasanah¹, Mukhtar Haris², Saprizal Hadisaputra^{3*}

^{1 2 3}Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Mataram. Jalan Majapahit No. 62
Mataram, NTB 83112, Indonesia.

*Email: saprizal.h@gmail.com

Received: 22 April 2022

Accepted: 21 Mei 2023
doi: 10.29303/cep.v6i1.3480

Published: 31 Mei 2023

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengembangan terhadap modul praktikum kimia untuk uji inhibisi korosi dari purin dan turunannya menggunakan pendekatan kimia komputasi. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan modul praktikum yang berkategori valid, praktis dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran. Pengembangan modul praktikum menggunakan model Borg & Gall. Model ini terdiri dari tiga tahap yaitu tahap pendahuluan, pengembangan, dan evaluasi. Uji validitas dilakukan oleh ahli dan untuk uji kepraktisan dan efektivitas modul. Populasi pada penelitian ini terdiri dari 80 calon guru kimia di Universitas Mataram yang telah lulus mata kuliah Kimia Komputasi dan Kimia Fisika 2. Sampel penelitian yaitu 30 calon guru kimia yang diambil dengan teknik sampling acak untuk dijadikan sebagai responden pada uji coba terbatas. Rata-rata nilai validitas oleh tiga validator dengan menggunakan indeks Aiken sebesar $V = 0,85$ yang menandakan bahwa modul praktikum kimia yang dikembangkan berkategori sangat valid. Hasil uji kepraktisan modul menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respon positif terhadap semua komponen modul dengan rata-rata kepraktisan sebesar 86%. Efektifitas modul dapat dilihat dari skor hasil belajar mahasiswa dengan rata-rata sebesar 80,33 yang menunjukkan bahwa modul praktikum kimia yang dikembangkan telah efektif. Kesimpulannya adalah modul praktikum kimia yang dikembangkan telah sangat valid, sangat praktis, dan efektif untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Kata kunci: pengembangan, modul praktikum, kimia komputasi, inhibitor korosi

Computational Chemistry Laboratory Module Development: Corrosion Inhibition Tests of Purine Derivatives

Abstract

Research has been carried out on developing a chemical practicum module to test the corrosion inhibition of natural compounds derived from purines based on computational chemistry. The research objectives are to determine the validity of the developed computational chemistry practicum module. Second, determine the practicality and effectiveness of the developed computational chemistry practicum module. The research development model by Borg & Gall, which consists of three stages: introduction, development, and evaluation, is used in the research. The population used in this study consisted of 80 undergraduate students of Chemistry Education, FKIP, Mataram University, who had passed computational chemistry and physical chemistry II courses. A total of 30 students were taken as samples with a simple random sampling technique as respondents in the practicum module test. The average validity value of the three validators using the Aiken index is $V = 0.85$, indicating that the chemistry lab module developed is very valid. The limited trial results showed that students responded positively to all module components with an average practicality of 86%. Effectiveness can be seen from the score of student learning outcomes, where the average score is 80.33. It shows that the developed chemistry practicum module effectively improves learning outcomes. In conclusion, the computational chemistry practicum module for the corrosion inhibition test of natural inhibitors developed is categorized as very valid, practical, and effective for use in learning activities.

Keywords: Development, Practicum Module, Computational Chemistry, Corrosion Inhibitor

PENDAHULUAN

Korosi adalah proses perusakan struktur logam akibat interaksi dengan medium asam. Kerusakan struktur logam diakibatkan karena logam berinteraksi dengan lingkungan yang bersifat korosif (Hamdiani, dkk, 2016). Proses korosi cukup sulit untuk dikendalikan. Perlu adanya pencegahan untuk mengurangi terjadinya korosi. Salah satunya dengan penambahan inhibitor. Inhibitor merupakan suatu senyawa yang ditambahkan dengan konsentrasi kecil ke lingkungan untuk mengurangi laju korosi (Priyotomo, 2008). Secara umum inhibitor korosi berasal dari senyawa organik dan anorganik. Inhibitor anorganik merupakan inhibitor korosi bahan kimia sintesis yang berbahaya, tidak ramah lingkungan, dan harganya lumayan mahal. Inhibitor organik merupakan inhibitor korosi dari senyawa bahan alam yang mudah didapatkan, aman, biaya murah, dan ramah lingkungan. Senyawa natural product yang efektif sebagai inhibitor korosi adalah senyawa yang mengandung heteroatom O, N, S, P, dan adanya ikatan rangkap (Haryono, dkk, 2010).

Proses pencegahan korosi dengan inhibitor korosi cukup sulit dipelajari. Teori saja tidak cukup untuk menjelaskan proses pencegahan korosi dengan inhibitor. Kegiatan praktikum dapat menjadi salah satu solusi untuk membuktikan teori yang diperoleh saat proses pembelajaran. Namun, kegiatan praktikum kimia memiliki beberapa kendala yang menyebabkan kegiatan praktikum jarang dilakukan. Hal tersebut disebabkan oleh waktu yang dibutuhkan untuk menyiapkan praktikum relatif lama, alat-alat praktikum tidak tersedia, harga bahan kimia yang mahal, dan tingginya tingkat resiko kecelakaan di laboratorium seperti keracunan bahan kimia atau dapat terjadinya ledakan, serta kesulitan dalam mengelola limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum Junaidi, dkk (2017).

Perkembangan teknologi seperti kimia komputasi dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Kimia komputasi dapat memodelkan dengan baik seluruh materi praktek kimia mulai dari yang paling sederhana sampaitingkat kesulitan tinggi, selain itu kimia komputasi bersifat sangat fleksibel. Selanjutnya perangkat lunak yang tersedia juga cukup memadai dan ditunjang dengan perangkat keras yang tersedia di komputer. Praktikum dapat berjalan dengan baik apabila disertai dengan pedoman praktikum,

berupa petunjuk praktikum. Modul praktikum merupakan salah satu perangkat yang dibutuhkan untuk melancarkan kegiatan di laboratorium, membantu mencapai tujuan pembelajaran, dan untuk memperkecil resiko kecelakaan, serta membiasakan untuk bekerja secara ilmiah (Rustaman, dkk, 2003). Petunjuk praktikum yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan petunjuk praktikum berbasis kimia komputasi, dimana kegiatan praktikum tidak harus dilakukan di dalam laboratorium, namun dapat dilakukan dimana saja dengan menggunakan komputer.

Namun untuk modul praktikum mengenai kimia komputasi belum terstandar baik sedangkan adanya modul praktikum sangat diperlukan sebagai pedoman atau petunjuk dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Secara nasional modul praktikum berbasis kimia komputasi juga belum banyak dikembangkan (Hadisaputra, dkk, 2017; Arifani, dkk, 2021; Azmi, dkk, 2022, Wardani, dkk, 2022). Modul praktikum yang dikembangkan menggunakan model pembelajaran inkuiri yang memungkinkan mahasiswa untuk melakukan langkah demi langkah dalam modul praktikum secara mandiri, mulai dari mengidentifikasi masalah, menentukan hipotesis, merumuskan masalah, mengumpulkan dan verifikasi data hasil penelitian, serta membuat kesimpulan. Fokus penelitian ini adalah pengembangan modul praktikum kimia untuk uji inhibisi korosi senyawa bahan alam turunan purin berbasis kimia komputasi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan modul praktikum kimia berbasis kimia komputasi dengan kategori valid, praktis, dan efektif digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Borg & Gall yang kemudian disederhanakan menjadi tiga tahap, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengembangan, dan tahap evaluasi (Saputra, 2016). Populasi pada penelitian ini sebanyak 80 mahasiswa calon guru dan sampel diambil sebanyak 30 mahasiswa dengan teknik *simple random sampling*. Instrumen penelitian yang digunakan yaitu lembar validasi ahli untuk mengetahui validitas modul praktikum kimia yang dikembangkan, angket respon mahasiswa untuk mengetahui kepraktisan modul praktikum kimia yang dikembangkan, dan instrumen tambahan berupa lembar pos tes mahasiswa untuk mengetahui

efektifitas dari modul praktikum kimia yang dikembangkan. Instrumen pos tes dalam penelitian ini terdiri dari 5 butir soal yang dikerjakan oleh mahasiswa setelah melakukan kegiatan praktikum menggunakan modul praktikum yang dikembangkan. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah statistik deskriptif. Analisis data validasi ahli menggunakan rumus indeks Aiken V. Analisis respon dan aktivitas, serta hasil belajar mahasiswa diukur menggunakan skala Likert dan pertanyaan essay.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini termasuk penelitian pengembangan modul praktikum kimia untuk uji inhibisi korosi turunan purin berbasis kimia komputasi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan modul praktikum kimia berbasis kimia komputasi yang lolos dari uji validitas, uji kepraktisan, dan uji efektifitas dengan menggunakan model yang dirancang oleh Borg & Gall. Model ini kemudian disederhanakan menjadi tiga tahap yaitu, tahap pendahuluan, tahap pengembangan, dan tahap evaluasi.

Pada tahap pendahuluan dilakukan studi lapangan dan studi pustaka. Kegiatan yang dilakukan pada studi lapangan yaitu analisis kebutuhan dan menentukan media. Analisis kebutuhan dilakukan dengan cara menganalisis Rancangan Pembelajaran Semester, analisis terhadap beberapa jurnal terkait uji inhibitor korosi senyawa bahan alam berbasis kimia komputasi, dan melakukan wawancara terhadap beberapa mahasiswa terkait kebutuhannya dalam pembelajaran kimia komputasi.

Berdasarkan analisis terhadap rancangan pembelajaran semester didapatkan informasi bahwa tujuan akhir yang diharapkan setelah mengikuti pembelajaran kimia komputasi yaitu mahasiswa mampu menjelaskan dan menganalisis tentang konsep fundamental kimia komputasi mekanika kuantum, mekanika statistik, dan aplikasi kimia komputasi. Indikator yang ingin dicapai pada bahan kajian metode kimia komputasi yaitu menjelaskan metode molekuler mekanik, semi empiris, *Ab Initio*, dan *Density Functional Theory* (Scendo, 2007).

Berdasarkan hasil analisis jurnal, diperoleh informasi bahwa tentang studi elektrokimia dan kimia kuantum senyawa purin sebagai inhibitor korosi untuk baja ringan pada pelarut HCl 1M tahun 2008 yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini (Yan, dkk, 2013). Kemudian peneliti melakukan modifikasi dengan

melakukan percobaan menggunakan kimia komputasi untuk melakukan uji inhibitor korosi senyawa bahan alam. Hasil praktikum menggunakan metode modifikasi ini diharapkan dapat menghasilkan efisiensi inhibisi korosi yang sesuai atau hampir sama dengan hasil eksperimen.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan wawancara terhadap beberapa mahasiswa terkait kebutuhan mahasiswa dalam pembelajaran kimia komputasi. Berdasarkan wawancara tersebut didapatkan informasi bahwa dalam pembelajaran kimia komputasi dibutuhkan sebuah modul praktikum agar kegiatan praktikum dapat berjalan dengan lancar. Namun, modul yang tersedia di Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram belum terstandar dengan baik. Modul kegiatan praktikum untuk kimia komputasi belum banyak dikembangkan di level nasional. Maka dari itu perlu dikembangkannya modul praktikum kimia pada topik uji inhibisi korosi.

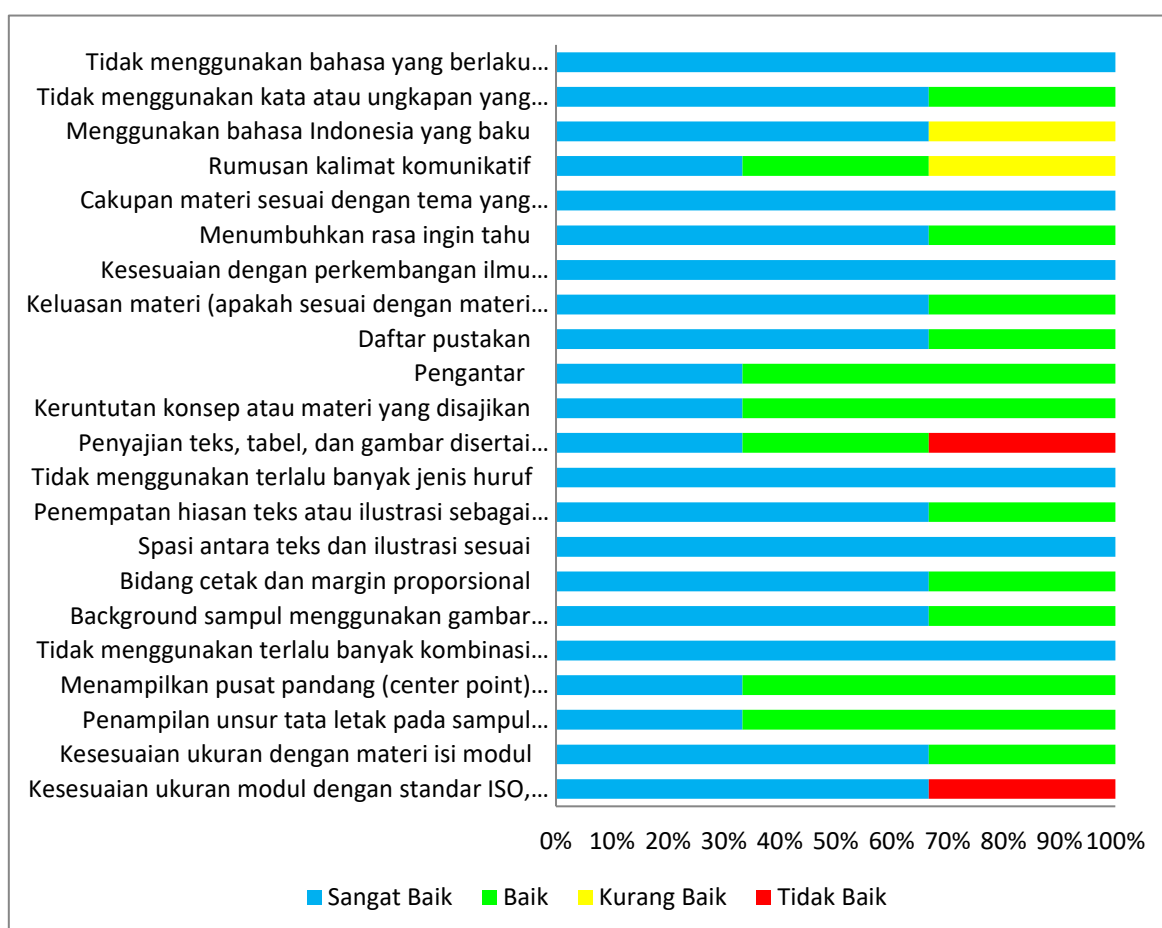
Tahap selanjutnya menentukan software. Modul yang dikembangkan merupakan modul praktikum kimia berbasis kimia komputasi, sehingga dalam kegiatan praktikum membutuhkan perangkat lunak. Hyperchem merupakan salah satu aplikasi kimia komputasi berbasis windows yang alat dan bahan praktikumnya sudah tersedia di dalam laboratorium komputer. Perangkat lunak yang digunakan disesuaikan dengan uraian materi di dalam modul yang dikembangkan yaitu materi inhibitor korosi senyawa bahan alam. HyperChem dipilih karena saat dioperasikan tidak membutuhkan internet, proses pemasangannya mudah, dan fasilitas perhitungannya cukup lengkap, serta dapat mempresentasikan aspek laboratorium kimia secara mikroskopis.

Selanjutnya dilakukan studi pustaka dengan melakukan telaah terhadap materi inhibitor korosi senyawa bahan alam secara teoritis dan prosedural. Materi yang dicantumkan dalam modul praktikum kimia yang dikembangkan sesuai dengan tujuan praktikum yaitu menentukan inhibisi korosi senyawa bahan alam khususnya turunan purin berbasis kimia komputasi. Materi-materi tersebut diperoleh dari beberapa buku kimia, jurnal, dan sumber lainnya mengenai uji inhibitor korosi senyawa bahan alam berbasis kimia komputasi yang dapat menunjang penyusunan modul praktikum.

Tahap pengembangan bertujuan untuk mengembangkan modul praktikum dengan mempertimbangkan hasil pada tahap pendahuluan. Kegiatan yang dilakukan yaitu menentukan format modul dan menyusun rancangan awal modul. Pemilihan format modul praktikum yang dikembangkan dengan mengacu pada studi lapangan dan studi pustaka (tahap pendahuluan) terdiri dari judul praktikum, tujuan praktikum, materi praktikum, alat dan bahan praktikum, langkah kerja atau prosedur praktikum, pengolahan data, dan pertanyaan terkait modul praktikum yang dikembangkan. Menyusun rancangan awal modul yang dimaksudkan adalah rancangan awal modul praktikum sebelum dilakukan uji coba yang

terdiri dari merancang *layout* modul praktikum dan menyusun modul praktikum. Pada tahap pengembangan ini dihasilkan produk awal berupa modul praktikum kimia berbasis kimia komputasi.

Tahap evaluasi dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan produk akhir berupa modul praktikum kimia untuk uji inhibisi korosi senyawa bahan alam turunan purin berbasis kimia komputasi yang telah divalidasi oleh ahli dan diujicobakan pada mahasiswa sehingga valid, praktis, dan efektif untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Validasi dilakukan oleh tiga validator ahli untuk menentukan validitas modul yang dikembangkan. Hasil validasi ahli dapat dilihat pada Gambar 1.



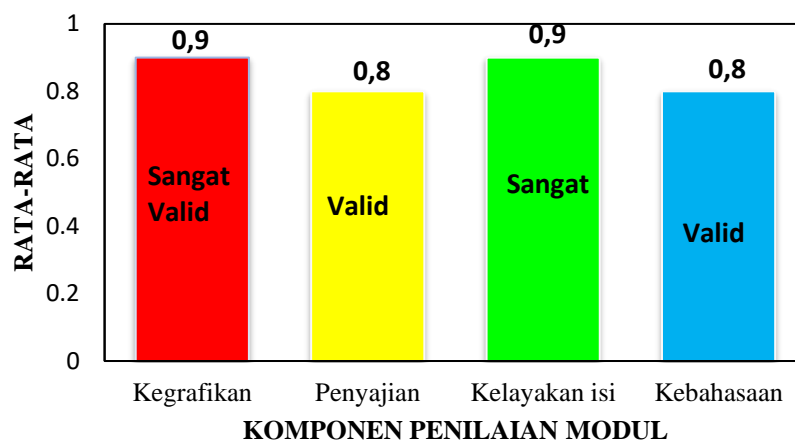
Gambar 1. Hasil Validasi Ahli

Gambar 1 menunjukkan hasil validasi ahli modul praktikum kimia untuk uji inhibisi korosi turunan purin yang telah dikembangkan. Komponen kegrafikan, penyajian, kelayakan isi, dan kebahasaan modul diperoleh informasi bahwa sekitar 60% sampai 70% validator memberikan penilaian sangat baik atau baik pada

setiap butir penilaian terkait modul praktiukum kimia yang dikembangkan. Desain isi modul yang dikembangkan sudah proporsional, ukuran dan jenis huruf yang digunakan terbaca jelas. Penyajian teks, tabel, dan gambar, serta keruntutan konsep yang disajikan pada modul juga sudah baik dan disertai dengan rujukan atau

sumber acuan. Materi yang disajikan dalam modul telah sesuai dengan tema modul yang dikembangkan dan perkembangan ilmu pengetahuan, serta dapat menumbuhkan rasa ingin tahu mahasiswa. Modul yang

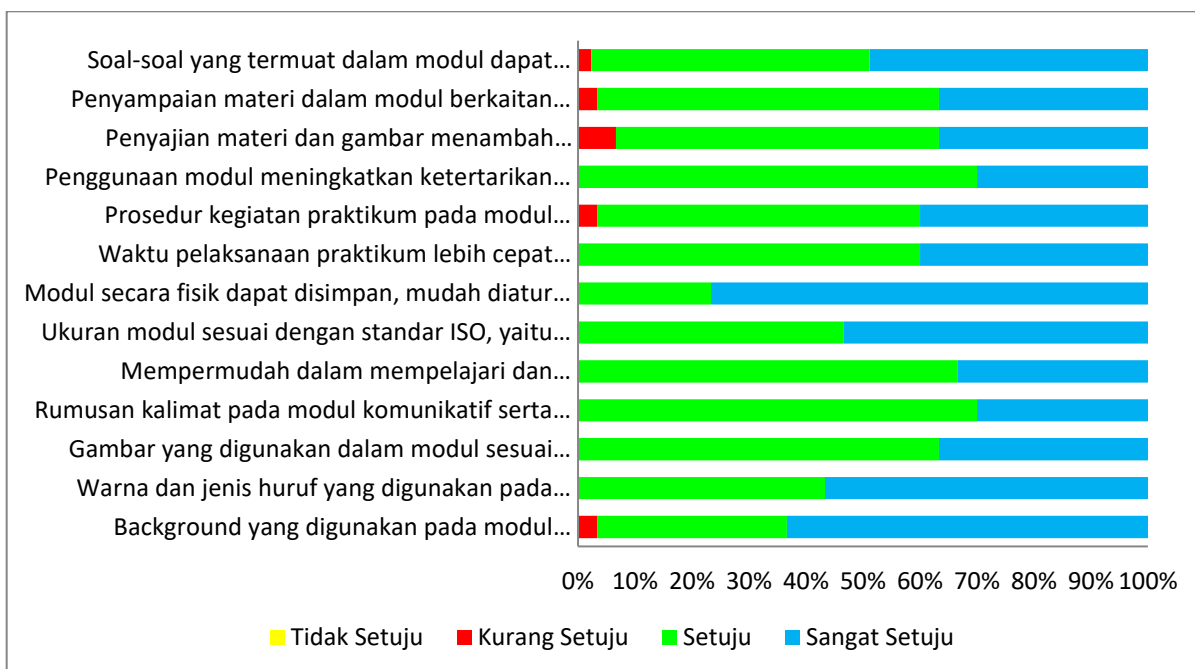
dikembangkan menggunakan bahasa Indonesia yang baku dan tidak menimbulkan penafsiran ganda. Hasil uji validitas ahli dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Uji Validitas Ahli

Gambar 2 menunjukkan hasil uji validitas pada semua komponen modul praktikum yang dikembangkan diperoleh rata-rata nilai V sebesar 0,85 termasuk kategori sangat valid, karena nilai V berada pada kisaran $0,8 < V \leq 1$. Modul yang

telah divalidasi oleh validator diujicobakan kepada 30 mahasiswa untuk menentukan kepraktisan dari modul yang dikembangkan. Hasil uji coba oleh mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil Uji Coba Mahasiswa

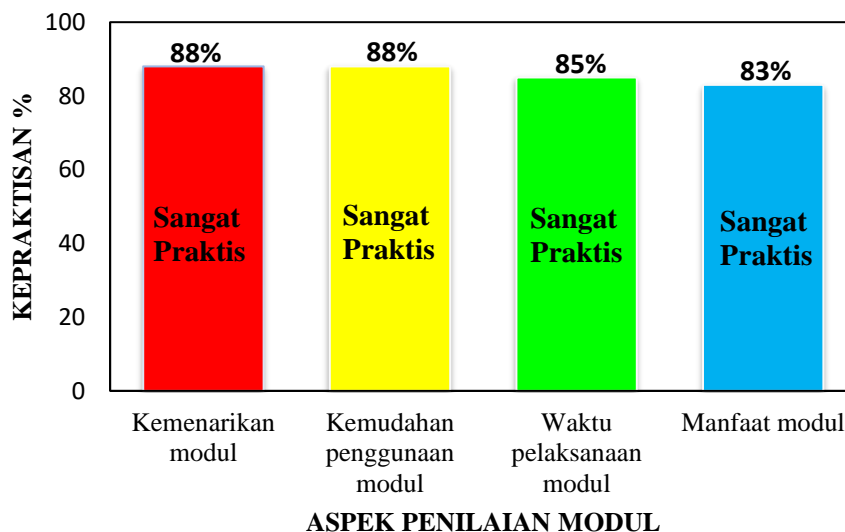
Gambar 3 menunjukkan hasil uji kepraktisan modul praktikum kimia komputasi yang telah dikembangkan. Aspek kemenarikan modul, kemudahan penggunaan modul, waktu pelaksanaan modul, dan manfaat modul diperoleh

informasi bahwa 80% sampai 90% responden memberikan respon sangat setuju atau setuju pada setiap butir pernyataan terkait modul praktikum kimia yang dikembangkan. Desain modul mulai dari *background*, warna, jenis huruf,

dan gambar yang digunakan pada modul dikemas sebaik mungkin sehingga terlihat menarik, serta menggunakan rumusan kalimat yang komunikatif sehingga memudahkan mahasiswa dalam memahami materi praktikum. Prosedur praktikum pada modul disusun secara terstruktur untuk mengoptimalkan waktu praktikum dan mempermudah mahasiswa melakukan praktikum secara mandiri. Modul yang dikembangkan juga

bermanfaat untuk meningkatkan ketertarikan mahasiswa dalam praktikum, karena penyajian materi dalam modul praktikum yang dikembangkan berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

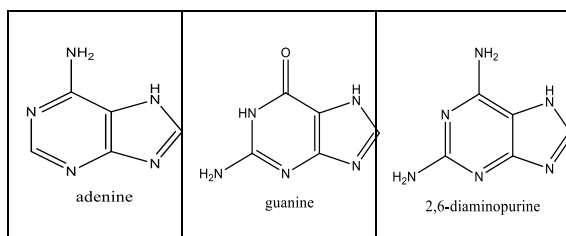
Uji coba dilakukan untuk menentukan kepraktisan dari modul praktikum kimia berbasis kimia komputasi yang dikembangkan. Hasil analisis praktikalitas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Analisis Praktikalitas

Berdasarkan Gambar 4 hasil analisispraktikalitas pada semua aspek modul praktikum yang dikembangkan diperoleh rata-rata nilai kepraktisan sebesar 86% termasuk kategori sangat praktis karena nilai kepraktisan berada pada kisaran $80% < x \leq 100%$.

Konten modul praktikum yang dikembangkan adalah penentuan parameter kuantum dari senyawa purin dan turunannya. Struktur senyawa purin dan turunannya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur 2D turunan senyawa purin

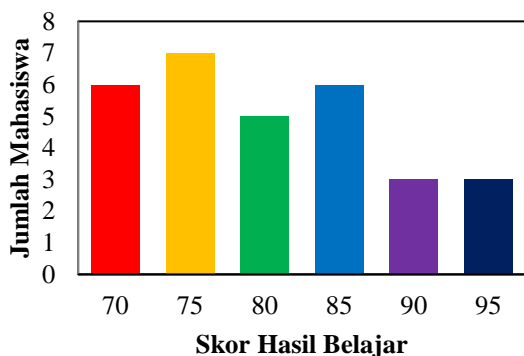
Mahasiswa diminta mengerjakan praktikum sesuai petunjuk praktikum yang diberikan. Beberapa parameter kuantum yang perlu diisi mahasiswa dalam rangka menjawab

pertanyaan yang ada pada modul praktikum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kimia Kuantum yang ada pada modul praktikum

Parameter Kuantum	Senyawa					
	Adenine		Guanine		2,6-diaminopurine	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM
EHOMO (eV)						
ELUMO (eV)						
Potensial Ionisasi (I)						
Afinitas Elektron (A)						
Elektronegativitas (χ)						
Iadd %						
IEadd%						
IE% Teoritis						
IE% Eksperimental	69.6		68.3		73.5	

Pada tahap uji coba peneliti juga memberikan postes untuk menentukan efektifitas dari modul praktikum kimia yang dikembangkan. Soal postes terdiri dari lima pertanyaan yang harus dijawab oleh 30 mahasiswa setelah melakukan kegiatan praktikum menggunakan modul yang dikembangkan. Frekuensi hasil belajar mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Frekuensi Hasil Belajar Mahasiswa

Berdasarkan Gambar 6 diperoleh rata-rata hasil belajar mahasiswa sebesar 80,33 termasuk kategori tinggi. Tingginya rata-rata hasil belajar mahasiswa dikarenakan modul yang dikembangkan menarik, mudah digunakan untuk praktikum secara mandiri, dan mudah dipahami oleh mahasiswa. Modul yang dikembangkan juga meningkatkan hasil belajar mahasiswa, karena sebanyak 80% mahasiswa mengalami peningkatan hasil belajar. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa modul praktikum kimia untuk uji inhibisi korosi senyawa bahan alam turunan purin berbasis kimia komputasi yang dikembangkan telah efektif digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

SIMPULAN

Modul praktikum kimia komputasi untuk uji inhibisi korosi senyawa turunan purin yang telah dikembangkan berada pada kategori sangat valid, sangat praktis, dan efektif untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk melakukan penelitian pengembangan terhadap modul praktikum kimia berbasis kimia komputasi pada materi kimia lainnya agar dihasilkan modul praktikum kimia yang lebih bervariasi dan berkualitas serta efektif digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Idrus, S. W., Purwoko, A. A., Hadisaputra, S., & Junaidi, E. (2020). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Lingkungan Berbasis Green Chemistry Pada Mata Kuliah Kimia Lngkungan. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(5), 541-547.
- Arifani, D. Y. M., Savalas, L. R. T., Ananto, A. D., Junaidi, E., & Hadisaputra, S. (2021). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Berbasis Kimia Komputasi Pada Materi Asam Basa. *Prosiding SAINTEK*, 3, 660-666.
- Azmi, S., Savalas, L. R. T., Haris, M., & Hadisaputra, S. (2022, August). Developing computational chemistry laboratory work module for dye-sensitized solar cells. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2638, No. 1, p. 090003). AIP Publishing LLC.
- Burhanuddin, B., Andayani, Y., Junaidi, E., Hadisaputra, S., & Hakim, A. (2022). Pengelolaan Laboratorium Kimia Sekolah Di Kota Mataram. *Jurnal Pengabdian Inovasi Masyarakat Indonesia*, 1(1), 43-46.
- Hadisaputra, S., Iskandar, Z., & Asnawati, D. (2019). Prediction of the Corrosion Inhibition Efficiency of Imidazole Derivatives: A Quantum Chemical Study. *Acta Chimica Asiana*, 2(1), 88-94.
- Hadisaputra, S., Purwoko, A. A., Hamdiani, S., & Nuryono, N. (2019, April). Which anthocyanin is the best corrosion inhibitor?. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 509, No. 1, p. 012129). IOP Publishing.
- Hadisaputra, S., Purwoko, A. A., Rahmawati, R., Asnawati, D., Ilhamsyah, I., Hamdiani, S., & Nuryono, N. (2019). Experimental and Theoretical Studies of (2R)-5-hydroxy-7-methoxy-2-phenyl-2, 3-dihydrochromen-4-one as corrosion inhibitor for Iron in Hydrochloric Acid. *International Journal of Electrochemical Science*, 14(2019), 11110-11121.
- Hadisaputra, S., Savalas, L. R. T., & Hamdiani, S. (2017). Praktikum kimia berbasis kimia komputasi untuk sekolah menengah atas. *Jurnal Pijar Mipa*, 12(1).
- Haryati, S. (2012). Research and Development (R&D) sebagai salah satu model penelitian dalam bidang pendidikan. *Majalah Ilmiah Dinamika*, 37(1), 15.

- Haryono, G., Sugiantoro, B., Farid, H., & Tanoto, Y. (2010). Ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*.
- Junaidi, E., Hadisaputra, S., & Al Idrus, S. W. (2018). Kajian Pelaksanaan Praktikum Kimia Di Sekolah Menengah Atas Di Kabupaten Lombok Barat Indonesia. *Jurnal Pijar Mipa*, 13(1), 24-31.
- Kusuma, B. F. R., Hakim, A., Anwar, Y. A. S., & Junaidi, E. (2021). Pengembangan Modul Praktikum Mandiri Terintegrasi Green Chemistry Pada Pokok Bahasan Asam Basa. *Chemistry Education Practice*, 4(3), 250-255.
- Laksmiwati, D., Hadisaputra, S., & Siahaan, J. (2018). Pengembangan modul praktikum kimia berbasis problem based learning untuk Kelas XI SMA. *Chemistry Education Practice*, 1(2), 36-41.
- Meliyani, M., Rohmadi, H. M., & Nirmalasari, R. (2022). Requirement analysis of development of integrated islamic values laboratory worksheets using flip PDF professional applications in general biology courses. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(1), 46-50.
- Mulatsari, E., Mumpuni, E., Nurhidayati, L., Purwanggana, A., & Pratami, D. K. (2021). Pelatihan Visualisasi Molekul Kimia dengan Software Chemscketch untuk Siswa Tingkat Sekolah Menengah Atas. *Magistrorum et Scholarium: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 102-112.
- Putra, D. D., Okilanda, A., Arisman, A., Lanos, M. E. C., Putri, S. A. R., Fajar, M., ...& Wanto, S. (2020). Kupas Tuntas Penelitian Pengembangan Model Borg & Gall. *Wahana Dedikasi: Jurnal PkM Ilmu Kependidikan*, 3(1), 46-55.
- Pranowo, H. D., & Hetadi, A. K. R. (2011). Pengantar Kimia Komputasi. Penerbit Lubuk Agung, Bandung, 1-118.
- Prianto, B. (2010). Pemodelan kimia komputasi. *Berita Dirgantara*, 8(1).
- Rahayu, C., & Eliyarti, E. (2019). Deskripsi efektivitas kegiatan praktikum dalam perkuliahan kimia dasar mahasiswa teknik. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 7(2), 51-60.
- Revie, R. W. (2008). *Corrosion and corrosion control: an introduction to corrosion science and engineering*. John Wiley & Sons.
- Rosmalinda, D., Rusdi, M., & Hariyadi, B. (2013). Pengembangan modul praktikum kimia SMA berbasis PBL (Problem Based Learning). *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2).
- Scendo, M. (2007). Corrosion inhibition of copper by purine or adenine in sulphate solutions. *Corrosion Science*, 49(10), 3953-3968.
- Shreir, L. L. (Ed.). (2013). *Corrosion: corrosion control*. Newnes.
- Sidiq, M. F. (2013). Analisa korosi dan pengendaliannya. *Jurnal foundry*
- Wardani, N. K. M. S., Siahaan, J., Rahmawati, R., & Hadisaputra, S. (2022). Analisis Spektra UV-Visible Senyawa Bahan Alam Tersensitasi Zat Warna: Pengembangan Modul Praktikum Kimia Komputasi. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia (Journal Of Innovation in Chemistry Education)*, 4(1), 66-73.
- Wati, R., Hadisaputra, S., Asnawati, D., & Hermanto, D. (2018). Protection of copper corrosion in acidic medium using pinostrobin. *Acta Chimica Asiana*, 1(2), 50-56.
- Yan, Y., Wang, X., Zhang, Y., Wang, P., & Zhang, J. (2013). Theoretical evaluation of inhibition performance of purine corrosion inhibitors. *Molecular Simulation*, 39(13), 1034-1041.