

## Pengembangan Multimedia Interaktif Berbantuan Simulator HPLC untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Analitis Mahasiswa

Indah Karina Yulina<sup>1,2\*</sup>, Anna Permanasari<sup>1\*</sup>, Hernani<sup>1\*</sup>, Wawan Setiawan<sup>1\*</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No. 20 Bandung

<sup>3</sup> Universitas Muhammadiyah Cirebon

\* E-mail: [ikyuchem@student.upi.edu](mailto:ikyuchem@student.upi.edu)

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan multimedia interaktif dengan memanfaatkan simulator HPLC untuk melatih keterampilan berpikir analitis mahasiswa yang akan mendukung aktivitas praktikum dry lab menjadi lebih bermakna. Metode penelitian adalah penelitian pengembangan dengan desain model 4-D, yaitu *define, design, develop, dan disseminate*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup instrumen tes dan non tes berupa angket kepuasan mahasiswa dan observasi hasil pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan MMI berbantuan simulator HPLC secara akademis membantu mahasiswa dalam meningkatkan motivasi dan minat mahasiswa mempelajari materi HPLC. Sejalan dengan itu, belajar dengan simulator HPLC dapat mengembangkan keterampilan berpikir analitik pada aspek *matching dan classifying, analysis error, generalizing, dan specifying*.

**Kata kunci:** MMI HPLC, Simulator, keterampilan berpikir analitis

### PENDAHULUAN

Pandemi covid-19 yang melanda dunia termasuk Indonesia menyebabkan proses pembelajaran mengalami perubahan metode secara virtual dengan memanfaatkan berbagai teknologi informasi yang ada. Tentu saja hal ini menjadi kendala tersendiri dalam sistem pembelajaran di Perguruan Tinggi, khususnya untuk pembelajaran praktikum yang memerlukan penguasaan keterampilan praktik mahasiswa secara langsung.

*High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) adalah salah satu materi teknik pemisahan yang merupakan bagian penting dari kimia analitik pada kurikulum sarjana kimia, pendidikan kimia, ataupun teknik kimia. Dimana dalam pelaksanaannya, selain penguasaan materi juga dibutuhkan praktikum agar mahasiswa memahami sistem dan cara kerja instrumentasi HPLC dengan baik. HPLC menjadi salah satu pokok materi yang penting karena paling banyak digunakan dalam industri disebabkan keunggulannya dalam proses analisis kualitatif maupun kuantitatif (Holler *et al*, 1996). Dalam mempelajari materi ini mahasiswa harus menguasai konsep ataupun teknik yang tepat dalam memahami prinsip dasar, parameter kromatografi, preparasi sampel, pengoperasian instrumen HPLC, dan analisis hasil kromatografi.

Namun bagi mahasiswa, banyaknya keterkaitan variabel eksperimen yang mempengaruhi hasil dari masing-masing analisis kromatografi menimbulkan kesulitan tersendiri karena ada beberapa parameter (sifat fisikokimia, berat molekul zat terlarut, sifat, komposisi, suhu, pH, laju alir fase gerak, dan sifat kimia fase diam) yang mempengaruhi kualitas pemisahan (Irwanto *et al*, 2017), sehingga dibutuhkan penguasaan teknik yang tepat. Hal ini dapat dilakukan mahasiswa melalui banyak percobaan.

Mengingat seluruh kegiatan praktikum di masa pandemi ditiadakan, maka dibutuhkan alternatif lain untuk membekalkan keterampilan praktik mahasiswa dengan aktivitas praktikum dry lab. Dry lab merupakan jenis laboratorium yang berbasis teknologi informasi dan komunikasi dalam sistem belajar jarak jauh (Wang, 2019). Pengembangan perangkat lunak Dry Lab merupakan pencapaian khusus dalam pengembangan analisis HPLC yang berlangsung dalam 16 tahun terakhir. DryLab yang selalu berubah sesuai dengan kebutuhan pengguna, tidak pernah berhenti dikembangkan (Molnar, 2002).

Salah satu pengembangan yang dapat diakui sebagai alat pendidikan yang efektif dalam melatih *dry lab* adalah Software simulasi HPLC. Beberapa keuntungan yang ditawarkan oleh Simulator HPLC diantaranya adalah mudah digunakan, relatif murah, tidak ada resiko kerusakan pada instrumentasi, tidak ada konsumsi bahan atau pelarut, tidak terlalu dibutuhkan pengawasan, dan simulator memberikan umpan balik instan sehingga lebih menarik daripada menjalankan instrumen HPLC nyata. Pengembangan instrumen HPLC berbasis komputer dan simulator HPLC yang murah telah dilaporkan (Rittenhouse, 1995; Bowater *et al*, 1994; Shalliker *et al*, 2000; dan Reijenga *et al*, 2000) namun sebagian besar tidak tersedia lagi saat ini atau sudah tidak kompatibel dengan komputer modern. Beberapa HPLC simulator komersial yang tersedia sebelumnya berguna untuk pengembangan metode HPLC secara efisien dengan percobaan awal yang terbatas dan juga bisa digunakan untuk lebih memahami prinsip-prinsip HPLC. Namun, simulator-simulator tersebut mempunyai kelemahan yaitu sulit untuk digunakan dan mahal.

Pada tahun 2013, Boswell *et al* melaporkan hasil pengembangan simulator HPLC yang berbasis *open source*, gratis, dan dapat diakses dengan mudah oleh siapapun dengan keahlian penguasaan HPLC yang beragam. Simulator HPLC yang dikembangkan mempunyai fitur kontrol yang intuitif dengan indikator untuk berbagai kondisi eksperimental. Simulator HPLC yang ada baru mengembangkan keterampilan praktis, artinya kurang banyak fitur penting yang berguna untuk tujuan pendidikan, sehingga dibutuhkan pengembangan bahan ajar yang sekaligus dapat melatih keterampilan berpikir analitis mahasiswa yang akan mendukung aktivitas praktikum *dry lab* menjadi lebih bermakna. Berdasarkan hal tersebut, peneliti mengembangkan multimedia interaktif dengan memanfaatkan simulator HPLC dalam proses pembelajaran materi HPLC pada perkuliahan kimia analitik instrumen.

## METODE/EKSPERIMEN

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian pengembangan dengan desain model 4-D yang dikembangkan oleh Thiagarajan dan Semmel (1974), yaitu *define, design, develop, dan disseminate*. Namun pada tahapan penelitian ini dibatasi sampai dengan tahap *develop* atau 3-D sebagaimana yang telah dilakukan oleh Arifin *et al* (2015). Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah lembar judgement ahli, lembar kuesioner, dan instrumen tes dan non tes. Teknik analisis data yang digunakan adalah teknik analisis data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa rata-rata dari lembar judgement dan kuesioner. Kemudian dikuantitatifkan angkanya sehingga diperoleh tingkat kelayakan instrumen. Data kualitatif berupa saran, kritik, dan tanggapan dari validator digunakan sebagai pertimbangan dalam melakukan revisi instrumen dilanjutkan uji coba penggunaan media kepada 11 orang mahasiswa, sedangkan ujicoba instrumen soal dilakukan terhadap 40 orang mahasiswa yang telah mendapatkan materi HPLC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Tahap I: *Define* (Pendefinisian)

Tahap *define* merupakan tahap untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Tahap *define* ini meliputi lima langkah pokok, dengan hasil sebagai berikut:

a. analisis ujung depan (*front-end analysis*)

Berdasarkan hasil analisis awal dan akhir terhadap pembelajaran yang dilakukan, ditemukan fakta bahwa bahan ajar yang digunakan masih bersifat konvensional. Selama ini pemahaman materi HPLC hanya terbatas pada materi penguasaan konsep dan aktivitas praktikum untuk materi HPLC tidak dilakukan karena tidak tersedianya instrumen tersebut di Perguruan Tinggi.

b. analisis mahasiswa (*learner analysis*)

Hasil tes keterampilan berpikir analitis dari 15 orang mahasiswa calon guru kimia adalah 27% sangat kurang, 13% kurang, 53% sedang, dan 7% baik. Sedangkan rata-rata hasil tes keterampilan berpikir

analitis adalah 63, berada pada kategori kurang (Yulina *et al*, 2019). Indikator keterampilan berpikir analitis mahasiswa calon guru kimia yang disajikan adalah indikator keterampilan berpikir analitis yang dikembangkan oleh Robert Marzano, yaitu terdiri dari *matching*, *classifying*, *analysis error*, *generalizing*, dan *specifying*. Dari 20 soal yang diberikan, 15 soal diantaranya memiliki rata-rata yang kurang (jumlah mahasiswa yang dapat menjawab benar kurang dari 60%), sehingga berdasarkan indikator analitis tersebut, aspek keterampilan analitis yang rendah (berturut-turut) adalah *specifying*, *generalizing*, *analyzing error*, *matching*, dan *classifying* (Yulina *et al*, 2019).

c. analisis tugas (*task analysis*)

Pada tahap analisis tugas kegiatan yang dilakukan yaitu menganalisis tugas-tugas yang diberikan dosen kepada peserta didik. Berdasarkan hasil observasi tugas-tugas yang diberikan oleh dosen kebanyakan hanya berupa tugas merangkum dan latihan soal. Tugas seperti itu kurang dapat mengukur keterampilan berpikir analitis mahasiswa. Hal ini disebabkan karena kondisi saat ini yang mengharuskan seluruh aktivitas belajar secara daring sehingga pembelajaran menjadi kurang maksimal.

d. analisis konsep (*concept analysis*)

Tujuan dari analisis konsep yaitu untuk mengetahui jenis konsep yang ada dalam materi, merencanakan susunan konsep sesuai urutan dalam pembelajaran, mengetahui tingkatan pencapaian konsep yang diharapkan dikuasai oleh peserta didik, dan menentukan metode pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik konsep.

Kegiatan analisis konsep dilakukan dengan menganalisis capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK), Sub CPMK, dan indikator pencapaian. Hasil dari analisis konsep ini berupa tabel analisis hierarki konsep, struktur makro, dan peta konsep.

e. perumusan tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*).

Pada tahap ini dilakukan untuk menentukan tujuan pembelajaran yang diinginkan, sehingga bahan ajar yang dikembangkan sesuai dengan CPMK, Sub CPMK, dan indikator pencapaian pembelajaran serta menyesuaikan kebutuhan mahasiswa.

## 2. Tahap II : *Design* (Perancangan)

Tahap perancangan yaitu menyusun instrumen praktikum dry-lab dalam bentuk Multimedia Interaktif. Perancangan disusun berdasarkan *flowchart* dan *storyboard* yang telah disusun. MMI HPLC yang dikembangkan menggunakan aplikasi microsoft sway sehingga dapat dibuka oleh mahasiswa melalui link yang sudah dibagikan dengan mudah tanpa melakukan instalasi software, serta compatible untuk digunakan di laptop ataupun HP. Isi dalam MMI HPLC terdiri dari uraian materi yang dijelaskan secara ringkas untuk setiap pertemuan atau kegiatan belajar dilengkapi dengan video dan gambar-gambar yang berkaitan dengan pokok materi, latihan soal-soal setiap sub materi untuk meningkatkan keterampilan berpikir analitis mahasiswa secara individu, dan lembar diskusi kelompok berupa analisis jurnal, representasi video, dan pemecahan masalah menggunakan simulator HPLC. Penggunaan MMI HPLC dipandu oleh dosen selama proses pembelajaran untuk mengarahkan dan mengetahui keaktifan mahasiswa. Adapun simulator HPLC digunakan sebagai media bantu dalam verifikasi hasil analisis mahasiswa terhadap soal yang dikerjakan.

## 3. Tahap III: *Develop* (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan tahap untuk menghasilkan produk pengembangan yang dilakukan melalui dua langkah, yakni : (1) penilaian ahli yang kemudian direvisi, (2) uji coba terbatas. Tujuan dari tahap pengembangan ini adalah untuk menghasilkan bentuk akhir perangkat pembelajaran setelah melalui revisi berdasarkan masukan dari pakar/praktisi dan data uji. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

a. Uji Validasi

Uji Validasi adalah suatu kegiatan penilaian rancangan produk apakah sudah efektif dan layak digunakan atau belum. Uji validasi ini merupakan penilaian yang berpedoman pada fakta lapangan dan

pemikiran rasional. Uji validasi merupakan penilaian yang dilakukan oleh para ahli yang berpengalaman dalam bidangnya masing-masing untuk menilai produk yang dirancang tersebut. Para ahli memberikan penilaian dengan tujuan pengembang dapat mengetahui kelemahan dan keunggulan produknya. Adapun hasil uji validasi ahli ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Validasi Judgment Ahli

Uji Validasi	Skor Rata-rata	Kriteria
Aspek Teknis	86	Layak
Penyajian	90	Sangat Layak
Isi/Materi	87,62	Layak

Berdasarkan hasil penilaian judgement ahli mempunyai kriteria layak dan sangat layak, artinya pengembangan MMI HPLC sudah dapat digunakan dan tidak diperlukan revisi. Hasil judgment tersebut semuanya masuk dalam kategori sangat layak sesuai dengan kriteria kelayakan Khoirot (2015). Aspek penyajian termasuk dalam kategori sangat layak artinya materi yang disajikan runtut, terdapat latihan soal, kunci jawaban, dan kesimpulan hal tersebut sesuai dengan kriteria BNSP 2014. Selanjutnya aspek teknis dan materi menunjukkan hasil kategori layak, artinya secara teknis MMI HPLC berbantuan simulator dapat digunakan dengan mudah dan compatible dengan semua perangkat yang ada, sedangkan kelayakan isi/materi artinya materi yang termuat di dalamnya sesuai dengan tujuan pembelajaran, tidak menimbulkan banyak tafsiran, dan menyajikan fenomena nyata di sekitar yang bisa diamati. Dengan demikian, dapat dilakukan tahap selanjutnya yaitu uji coba pengembangan.

b. Uji coba pengembangan (*developmental testing*)

Uji coba lapangan dilakukan untuk mendapatkan hasil uji kelayakan penggunaan MMI dan respon mahasiswa terhadap MMI yang telah disusun. Menurut Thiagarajan, uji coba, revisi dan uji coba kembali terus dilakukan hingga diperoleh perangkat yang konsisten dan efektif. Ujicoba yang dilakukan adalah ujicoba instrumen soal dalam bentuk essay untuk mengukur pemahaman konsep dan kemampuan berpikir analitis mahasiswa. Ujicoba soal instrumen dilakukan kepada 40 orang mahasiswa yang telah menerima mata kuliah kimia analisis instrumen, dengan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Ujicoba Instrumen Soal

No Soal	Validitas	Reliabilitas	Daya Beda	Tingkat kesukaran
1	0,500	0,827	Cukup	Mudah
2	0,518	0,834	Cukup	Sedang
3	0,616	0,831	Baik	Sukar
4	0,690	0,810	Baik	Sedang
5	0,710	0,810	Baik	Sukar
6	0,530	0,825	Baik	Sedang
7	0,794	0,798	Baik Sekali	Sukar
8	0,673	0,822	Baik	Sedang
9	0,648	0,818	Baik	Sukar
10	0,865	0,783	Baik Sekali	Sukar

Sedangkan ujicoba MMI HPLC dilakukan terhadap 11 orang mahasiswa yang diberi perlakuan pembelajaran menggunakan MMI berbantuan simulator HPLC. Dalam pembelajaran materi tentang HPLC, dibagi ke dalam 4 sub materi utama, yaitu (1) prinsip dan instrumentasi HPLC, (2) Parameter HPLC, (3) metode elusi HPLC, serta (4) analisis kualitatif dan kuantitatif. Untuk dapat mengimplementasikan pembelajaran dengan baik, dibutuhkan waktu 3 kali pertemuan.

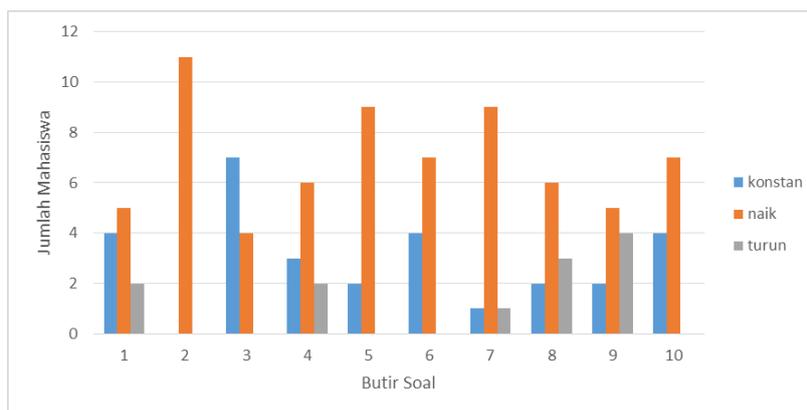
Perbedaan hasil penguasaan konsep mahasiswa sebelum dan sesudah menggunakan MMI

berbantuan simulator HPLC ditunjukkan dengan nilai N-Gain, yaitu 0,42 (kategori sedang), seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil N-Gain Penguasaan Konsep pada Uji Coba MMI berbantuan Simulator HPLC

Rerata Skor Pre Test	Rerata Skor Post Test	N-Gain	Kategori
39,3	64,3	0,42	Sedang

Berdasarkan hasil tes penguasaan konsep mahasiswa, penggunaan MMI berbantuan simulator HPLC berhasil meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang materi HPLC. Hasil tes sebelum dan sesudah pelaksanaan pembelajaran menunjukkan peningkatan untuk setiap butir soal yang dikerjakan oleh mahasiswa, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Perbandingan Pre tes dan post tes mahasiswa untuk setiap butir soal

Pencapaian tertinggi dalam penyelesaian soal terdapat pada Nomor 2, dimana hasil post tes seluruh mahasiswa mengalami peningkatan sedangkan pada butir soal nomor 3 jumlah mahasiswa yang mengalami peningkatan hasil hanya 4 orang dan 7 orang lainnya tidak mengalami peningkatan. Hal ini karena pada soal nomor 3 adalah terkait penentuan efisiensi yang paling optimal dari sejumlah data waktu retensi dan lebar dasar puncak kromatogram yang diketahui. Dalam menjawab soal tersebut, sebagian besar mahasiswa menjawab sampai dengan penentuan jumlah pelat teoritis (N) dari data yang diketahui dan menyimpulkan efisiensi optimal berdasarkan nilai pelat teoritis yang paling besar. Padahal dalam soal diketahui panjang kolom, sehingga dalam menentukan efisiensi yang paling optimal dapat dihitung nilai efisiensi minimal atau HETP dengan nilai yang paling kecil.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Sutarno (2011) menunjukkan hasil bahwa penggunaan multimedia interaktif dalam pembelajaran medan magnet dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan keterampilan generik sains mahasiswa. Lebih lanjut hasil penelitian yang dilakukan oleh Wiyono *et al* (2009) menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan generik sains siswa yang menggunakan model pembelajaran multimedia interaktif secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Selain melakukan ujicoba untuk mengetahui penguasaan konsep mahasiswa, juga dilakukan analisis terhadap hasil keterampilan berpikir analitis mahasiswa dalam penggunaan simulator HPLC pada proses pembelajaran untuk masing-masing sub materi, yang diperoleh hasil seperti dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Keterampilan Berpikir Analitis Mahasiswa

Berdasarkan Gambar 2, aspek keterampilan berpikir analitis mahasiswa berturut-turut dari tertinggi hingga terendah adalah (1) *matching* (mencocokkan) dengan rerata 78%; (2) *classifying* (mengklasifikasikan) dengan rerata 67%; (3) *specifying* (merinci) dengan rerata 52%; (4) *analysis error* (analisis kesalahan) dengan rerata 44%; dan (5) *generalizing* (menyimpulkan) dengan rerata 42%.

### Pembahasan

Penggunaan MMI HPLC dalam pembelajaran Kimia Analisis Instrumen ditujukan untuk melibatkan mahasiswa untuk lebih aktif selama proses pembelajaran secara daring agar terbangun suasana yang menyenangkan dan kompetitif, serta memotivasi untuk lebih terlibat dalam setiap tahapan pembelajaran seperti mengamati, mengumpulkan data, menganalisis data, dan mengkomunikasikan hasil diskusi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Widayat *et al* (2014), dimana pemberian multimedia interaktif dapat meningkatkan minat dan antusias siswa dalam mengikuti pembelajaran sehingga pengetahuan yang akan diterima dapat ditangkap dengan baik, karena multimedia interaktif dapat menjelaskan konsep-konsep abstrak untuk disajikan secara lebih nyata dalam proses pembelajaran untuk memudahkan siswa memahaminya.

Dalam penelitian ini, pemantauan kegiatan pembelajaran dilakukan secara virtual dan melalui grup WhatsApp. Untuk melatih jiwa kompetitif mahasiswa, pengisian kuis diberi batasan waktu tertentu yaitu sekitar 5 menit untuk setiap set soal, dan setelah seluruh soal dijawab, langsung diberikan *feedback* oleh dosen. Sedangkan diskusi yang dilakukan oleh mahasiswa adalah menganalisis jurnal, merepresentasikan video, dan memecahkan masalah dari suatu kasus. Dengan adanya ruang diskusi, mahasiswa diberi kesempatan untuk mengembangkan keterampilan, mengidentifikasi masalah, mengorganisasi, menganalisis, mengevaluasi, dan mengkomunikasikan informasi antara anggota kelompok.

Data di atas mengindikasikan bahwa keterampilan mencocokkan dan mengklasifikasikan telah menunjukkan hasil yang baik, dengan rata-rata 78% dan 67%. Sedangkan 3 aspek lainnya masih cukup rendah. Mahasiswa umumnya masih menemui kesulitan pada aspek *analysis error*, *specifying*, dan *generalizing*. Pada aspek *generalizing*, mahasiswa diharapkan dapat membuat kesimpulan dengan mengaitkan hubungan secara komprehensif. Misalnya dalam mempelajari perilaku kolom dalam elusi isokratik ataupun gradien dengan memodifikasi laju aliran dan menyesuaikan nilai ketinggian pelat teoritis versus kecepatan linier fase gerak menurut persamaan Van Deemter, menganalisis efek struktur zat terlarut dan pengubah organik fase gerak pada retensi dan resolusi.

Tiga keterampilan berpikir analitis lain yaitu *analysis error*, *specifying*, dan *generalizing*, dapat secara maksimal berkembang apabila didukung oleh *prior knowledge* atau pengetahuan sebelumnya yang relevan (Yulina *et al*, 2021). Hal ini dapat dilakukan dengan memastikan bahwa mahasiswa telah memiliki pemahaman yang komprehensif terkait dengan prinsip dasar kromatografi agar mereka dapat menggunakan simulator dan melatih keterampilan *analysis error*, *specifying*, dan *generalizing*. Hal inilah yang harus dipastikan terlebih dahulu oleh pengajar sehingga mahasiswa dapat melakukan

aktivitas simulasi dengan lebih baik.

Dalam tahapan analisis, aspek *analyzing error*, *generalizing*, dan *specifying* merupakan hal yang paling sulit bagi mahasiswa dengan perbedaan hasil yang sangat tipis dan menunjukkan nilai rata-rata masih di bawah 70. Hal ini mengindikasikan bahwa jika kemampuan menganalisis kesalahan mahasiswa masih rendah, maka akan berimplikasi pula pada proses pengambilan kesimpulan (*generalizing*) dan identifikasi solusi untuk menyelesaikan masalah (*specifying*). Sebagaimana yang dijelaskan dalam hasil penelitian (Yulina et al., 2019) bahwa aspek analisis kesalahan merupakan kunci untuk menentukan proses generalisasi dan spesifikasi. Analisis kesalahan menjadi hal yang sulit dilakukan karena untuk melakukan analisis kesalahan mahasiswa diharapkan dapat mengkodefikasi data untuk mendeteksi tren dan isu dalam data dan informasi secara logis dan faktual.

Dalam hal ini, atribut analisis kesalahan terdiri dari mahasiswa secara sadar menilai keabsahan pengetahuan berdasarkan kriteria eksplisit, dan mengidentifikasi kesalahan dalam penalaran yang telah dipresentasikan (Marzano, 2008). Proses ini dapat dicapai setelah mahasiswa berhasil melampaui tugas *retrieval* (meminta mahasiswa untuk mengakses informasi persis sama saat awal dipresentasikan) dan *comprehension* (saat mahasiswa dapat mengartikulasikan dan/atau menyajikan karakteristik terpenting representasi non-linguistik dari informasi, konsep, atau gagasan) (Montaku, 2011). Sesuai dengan teori yang ditemukan melalui Taksonomi Marzano, sejauh ini mahasiswa hanya bekerja pada sistem kognitif (Dubas dan toleda, 2016; Sriutai, 2015). Padahal untuk menuju keterampilan berpikir tingkat tinggi, ada tiga sistem mental yang saling terkait, yaitu informasi, prosedur mental, dan prosedur psikomotorik. Tahap analisis melibatkan perluasan pengetahuan mahasiswa pada saat mereka menemukan hubungan dan aplikasi baru (Montaku, 2011).

Menurut Sousa, Richter, & Nel (2017) pemanfaatan multimedia dalam pembelajaran dapat mendorong proses penemuan (*discovery learning*) dan dapat memecahkan masalah yang tidak terstruktur (Cunningham, 2009) siswa karena dalam multimedia didukung audio visual yang dapat menampilkan fenomena dalam fisika secara lebih nyata sehingga secara tidak langsung dapat mendorong kreativitas siswa. Selain itu, Arends (2012) juga menyatakan, dalam proses pembelajaran dengan pendekatan berbasis masalah, fungsi guru hanya sebagai fasilitator sedangkan siswa berfokus pada masalah otentik. Dalam memecahkan masalah yang disajikan, maka semua karakter siswa akan muncul sendiri dan siswa dapat mengembangkan kemandirian dan kepercayaan diri sehingga kemampuan berpikir dapat tercapai.

Siswa hendaknya dilibatkan pada seluruh proses pembelajaran, diberikan masalah yang menarik dan menantang, serta dibimbing dalam menyelesaikan masalah melalui berbagai kegiatan (Bodner dan Herron, 2002). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk meningkatkan keterampilan berpikir mahasiswa, maka proses pembelajaran berpusat pada mahasiswa. Pandangan yang hampir sama dikemukakan oleh Hendarwati (2021) yang menekankan pentingnya pemikiran dan keterlibatan siswa secara aktif dalam *problem solving*. Guru perlu mendorong siswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran, menciptakan kesempatan untuk melakukan eksplorasi, dan membantu mereka menyadari bahwa tidak ada sebuah aturan atau prosedur baku yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi secara cepat dari masalah yang diberikan. Oleh karena itu peran guru bukan untuk mengajarkan kepada siswa bagaimana mengerjakan soal, tetapi mendorong siswa menjadi seorang pemecah masalah.

## PENUTUP

Pengembangan MMI berbantuan Simulator HPLC sangat direkomendasikan digunakan dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hasil uji judgement ahli, MMI HPLC layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran dan hasil uji coba yang dilakukan menunjukkan penggunaan MMI HPLC berbantuan simulator HPLC dapat meningkatkan penguasaan konsep dan berpikir analitis mahasiswa. Dua aspek keterampilan sudah cukup baik berkembang adalah keterampilan *matching* dan *classifying*,

sementara keterampilan *analysis error*, *specifying*, dan *generalizing* belum berkembang sesuai harapan. Berdasarkan analisis, direkomendasikan untuk memastikan *prior knowledge* yang dimiliki mahasiswa terlebih dahulu, terkait dengan konsep dasar kromatografi dan operasi instrumen dasar HPLC agar mahasiswa dapat menggunakan simulator dengan lebih baik, sehingga dengan adanya simulator dapat melatih keterampilan *analysis error*, *specifying*, dan *generalizing* dengan lebih baik.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada LPDP BUDI-DN yang telah mendanai penelitian ini dan sebagai sponsor utama melalui beasiswa program pendidikan doktor.

### DAFTAR PUSTAKA

- Holler, F. James; Skoog, Douglas A.; West, D. M. 1996. *Fundamentals of analytical chemistry*. Philadelphia: Saunders College Pub. ISBN 0-03-005938-0.
- Irwanto, Rohaeti, E., Widjajanti, E., Suyanta. 2017. Students' Science Process Skill and Analytical Thinking Ability in Chemistry Learning. *AIP Conference Proceedings*, 1868, 030001; doi: 10.1063/1.4995100
- Wang, Z., Kasman, M., Martinez, M., Rege, R., Zeh, H., Scott, D., & Fey, A. M. 2019. A comparative human-centric analysis of virtual reality and dry lab training tasks on the da vinci surgical platform. *Journal of Medical Robotics Research*, 4(03n04), 1942007.
- Molnar, I. 2002. Computerized design of separation strategies by reversed-phase liquid chromatography: development of dry-lab software. *Journal of Chromatography A*. 965 (2002) 175–194.
- Rittenhouse, R.C. 1995. HPLC: A Computer Simulation of High-Performance Liquid Chromatography. *J. Chem. Educ.* 72, 1086.
- Bowater, I.C., and McWilliam, I.G. 1994. Using Computer to Replace some HPLC Laboratory Work. *J. Chem. Educ.* 71, 674–678.
- Shalliker, R.A., Broyles, B.S., Guiochon, G. 2000. On-Column Visualization of Sample Migration in Liquid Chromatography. *J. Anal. Chem.* 72, 323-332.
- Reijenga, J.C., Kenndler, E. 1994. Computational simulation of migration and dispersion in free capillary zone electrophoresis: I. Description of the theoretical model. *J. Chromatography*. 659, 403–415.
- Boswell, P. G., Stoll, D. R., Carr, P. W., Nagel, M. L., Vitha, M. F., Mabbott, G. A. 2013. An Advanced, Interactive, High-Performance Liquid Chromatography Simulator and Instructor Resources. *J. Chem. Educ.* 90, 198–202
- Thiagarajan, Semmel, S. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Bloomington: Indiana University
- Arifin, U. F., Hadisaputro, S., & Susilaningsih, E. 2015. Pengembangan lembar kerja praktikum siswa terintegrasi guided inquiry untuk keterampilan proses sains. *Chemistry in Education*, 4(1), 54-60.
- Yulina, I. K., Permanasari, A, Hernani, Setiawan. 2 019. Analytical thinking skill profile and perception of pre service chemistry teachers in analytical chemistry learning. *Journal of Physics: Conf. Series* 1157 (2019) 042046
- Khoirot, T. 2015. *Development and Feasibility Test of Microsoft Access 2010 Learning Module as Teaching Material for Computer Skills and Information Management for Class XI SMK Negeri Bansari*. [UnpublishedThesis]. Yogyakarta State University
- Sutarno. 2011. Penggunaan Multimedia Interaktif pada Pembelajaran Medan Magnet untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains Mahasiswa. *Jurnal Exacta*, 9(1):60-66.
- Wiyono, K., A. Setiawan., A. Suhadi. 2009. Model Pembelajaran Multimedia interaktif Relativitas Khusus untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains Siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1): 21-30
- Widayat, W., Kasmui, S. Sukaesih. 2014. Pengembangan Multimedia Interaktif sebagai Media Pembelajaran IPA Terpadu pada Tema Sistem Gerak Pada Manusia. *Unnes Science Education Journal* 3 (2) (2014).
- Yulina, I. K., Permanasari, A., Hernani, H., Setiawan, W. 2021. Development of Interactive Multimedia Assisted of The HPLC Simulator to Enhance Student's Analytical Thinking Skills. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 3(2), 93-102.
- Marzano RJ, Kendall J.S. 2008. *Designing and assessing educational objectives: applying the new taxonomy*. Corwin Press. Thousand Oaks, CA
- Montaku, S. 2011. Results of Analytical Thinking Skills Training through Students in Computer Language Program Writing Course. *International Conference on Educational Research (ICER2010) Learning for Sustainable Development*. Khon Laen: Khon Kaen university.

- Dubas, J. M., Toledo, S. A. 2016. Taking Higher Order Thinking Seriously: Using Marzano's Taxonomy in The Economics Classroom. *International Review of Economics Education* 21, 12-20.
- Sriutai Massalin. 2015. A Conceptual Framework For Designing Learning Activities Model By Using Pictorial Maps To Promote Analytical Thinking Conceptual Framework For Designing Learning Activities Model By Using Pictorial Maps To Promote Analytical Thinking. The 4th National and International Graduate Study Conference 2014.
- Sousa, L.D., Richter, B., & Nel, C. 2017. The effect of multimedia use on the teaching and learning of Social Sciences at tertiary level: A case study. *Yesterday and Today*, (17), 1-22.
- Cunningham, T., McDonnell, C., McIntyre, B., & McKenna, T. (2009). A reflection on teachers' experience as e-learners. *In Applied E-learning and E-teaching in Higher Education* (pp. 56-84). IGI Global.
- Arends, R. I. 2012. *Learning to Teach (9th ed)*. New York: McGraw-Hill.
- Bodner, G. M., & Herron, J. D. 2002. *Problem-solving in chemistry*. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 235-266). Springer, Dordrecht.
- Hendarwati, E., Nurlaela, L., Bachri, B. & Sa'ida, N. 2021. Collaborative Problem Based Learning Integrated with Online Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(13), 29-39.