

PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM) MATERI PENENTUAN JEJARI MOLEKUL DENGAN METODE VISKOSITAS BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*

Belia Aisyah Dilla^{1*}, Sanjaya², Diah Kartika Sari³

¹Mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP/Universitas Sriwijaya, Palembang

²Dosen Pendidikan Kimia FKIP/Universitas Sriwijaya, Palembang

³Dosen Pendidikan Kimia FKIP/Universitas Sriwijaya, Palembang

*email: jaya.62@yahoo.com

Abstract

This study aims to develop a physical chemistry practicum MFI on the material of determining the molecular radius with the green chemistry-based viscosity method. In developing this MFI using the 4S-TMD (Four Steps Teaching Material Development) development method, namely the selection, structuring, characterisation, and didactic reduction stages. The results of this research data were validated by experts using the V'Aiken formula. Based on the results of the material experts, pedagogical experts, and design experts obtained an average value of 1 including the high category. Furthermore, the practicality test of the MFI product obtained a percentage of 89.9% in the very practical category. In the effectiveness test, the MFI obtained an average percentage of 84% in the high category. So, it can be concluded that the MFI material for determining the molecular radius with the green chemistry-based viscosity method is valid, practical, and effective.

Keywords: *Development Research, 4S-TMD, Green Chemistry-Based MFI, Physical Chemistry Practicum*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKM praktikum kimia fisika materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*. Dalam pengembangan LKM ini menggunakan metode pengembangan 4S-TMD (*Four Steps Teaching Material Development*) yaitu tahap seleksi, strukturisasi, karakterisasi, dan reduksi didaktik. Bahwa hasil data penelitian ini dilakukan 2 validasi oleh para ahli menggunakan rumus V'Aiken. Berdasarkan hasil dari para ahli materi, ahli pedagogik, dan ahli desain memperoleh nilai rata-rata 1 termasuk kategori tinggi. Selanjutnya, uji kepraktisan produk LKM memperoleh presentase yaitu 89,9% kategori sangat praktis. Dalam uji keefektifan LKM memperoleh presentase rata-rata yaitu 84% kategori tinggi. Maka, dapat disimpulkan bahwa LKM materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* yang valid, praktis, dan efektif.

Kata kunci : Penelitian Pengembangan, 4S-TMD, LKM Berbasis *Green Chemistry*, Praktikum Kimia Fisika

Penerapan dalam kimia yaitu menjadi kebutuhan mendasar dikarenakan untuk adanya suatu perubahan dunia dan keberlanjutan hidup dalam berbagai negara. Pendidikan kimia sangat berkelanjutan dalam suatu kerangka multi disiplin yang ilmunya terkait dengan pengetahuan tentang isu-isu keberlanjutan dipengaruhi oleh cara manusia mendefinisikan dan memahami konsep keberlanjutan kimia. (Herranen, dkk., 2021).

Dalam bidang pengetahuan alam yang mempelajari struktur, komposisi, sifat, dan perubahan materi serta energi yang terlibat suatu proses tersebut yang disebut dengan ilmu kimia. Kontribusinya yang luas terhadap bidang-bidang seperti pertanian, kesehatan, dan teknologi membuatnya sangat penting untuk dipelajari secara komprehensif dalam pendidikan, baik secara

konseptual maupun praktis (Putri, dkk., 2021). Kimia memiliki peranan krusial dalam menciptakan dunia yang berkelanjutan. Sebagai cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari proses-proses dan prinsip-prinsip dasar yang ada di alam. Tujuan pembelajaran kimia adalah untuk dapat mengajarkan peserta didik tentang kimia sehingga mereka dapat menggunakan pengetahuan mereka dalam dunia nyata (Rahmawati, 2018). Pembelajaran kimia biasanya dianggap tidak menarik dan tidak populer oleh sebagian besar siswa karena beberapa masalah. Hal ini dikarenakan oleh konsep kimia yang abstrak, penekanan pada pemahaman siswa tentang materi kimia, serta jumlah pengetahuan untuk perlu dipahami. Karena adanya terkait dengan fakta bahwa siswa tidak memahami manfaat kimia dalam kehidupan sehari-hari (Zowada, dkk., 2019).

Pengembangan green chemistry sering kali terkait adanya penggunaan bahan zat kimia yang berbahaya dalam lingkungan. Maka *green chemistry* menawarkan bahan alternatif untuk mengurangi adanya penggunaan atau pembuatan bahan berbahaya yang berpotensi merugikan kehidupan makhluk dan mengganggu ekosistem. Dalam konteks pembelajaran kimia, penerapan green chemistry dapat dilakukan melalui pengembangan modul, model pembelajaran, dan praktik sehari-hari yang lebih ramah lingkungan (Idrus, dkk, 2020). Menerapkan prinsip *green chemistry* dalam pembelajaran kimia diharapkan dapat menjadi pilihan yang cocok untuk mempromosikan pendekatan pembelajaran kimia yang berfokus pada lingkungan dan menciptakan kondisi kerja yang aman di laboratorium. Penelitian sebelumnya oleh Adela Rizky Larasati (2022) menunjukkan bahwa pembelajaran praktikum green chemistry meningkatkan hasil belajar mahasiswa secara efektif, memberikan keamanan, mengurangi jumlah limbah berbahaya yang dihasilkan, dan menghemat biaya dengan menggunakan bahan yang mudah didapat atau mudah diakses dan murah (Larasati, 2022). Metode pendekatan 4S-TMD (*Four Steps Teaching Material Development*) direkomendasikan untuk menghasilkan E-modul berkualitas. Metode pengembangan bahan ajar 4S-TMD terdiri dari 4 tahapan sebagai berikut : tahap seleksi, strukturisasi, karakterisasi, dan reduksi didaktik. Penerapan metode ini bertujuan agar bahan ajar yang dihasilkan sesuai dengan tuntutan kurikulum dan memfasilitasi partisipasi aktif peserta didik dalam pemecahan masalah (Anwar, 2019).

Berdasarkan hasil wawancara terhadap 2 (dua) orang mahasiswa semester 5 Program Studi Pendidikan Kimia bahwa modul ajar praktikum Kimia Fisika masih memiliki beberapa kekurangan, yaitu modul praktikum Kimia Fisika masih belum diperbarui dalam jangka waktu yang cukup lama, materi yang terdapat dalam modul masih terbatas dan belum mencakup semua materi yang seharusnya dipelajari oleh mahasiswa. Hal ini menyebabkan mahasiswa tidak mendapatkan pemahaman yang menyeluruh tentang konsep-konsep Kimia Fisika, serta sering terjadi ketidaksesuaian antara langkah-langkah praktikum yang dilakukan dalam modul sehingga mahasiswa mengalami kebingungan dan kesulitan dalam menyelesaikan praktikum. Berdasarkan hasil wawancara salah satu dosen mata kuliah Praktikum Kimia Fisika 1 di Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sriwijaya dijelaskan bahwa ketersediaan LKM sudah ada namun masih menggunakan bahan kimia sintesis dengan tingkat toksisitas yang tinggi. Bahan tersebut juga mahal dengan jumlah keberadaan yang terbatas dan belum ada teknologi pengolahan limbah. Sehingga hasil angket mengenai analisis kebutuhan mahasiswa, bahwa 100% mahasiswa sangat memerlukan bahan ajar berupa LKM yang valid, praktis, dan efektif pada materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*. Maka, hasil penelitian tersebut diharapkan penggunaan LKM berbasis green chemistry yang aman, mudah digunakan, serta ramah lingkungan.

METODE

Desain Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan jenis penelitian pengembangan. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4S-TMD (*Four Steps Teaching Material Development*) yang memiliki 4 tahapan yaitu meliputi proses seleksi, strukturisasi, karakterisasi, dan reduksi didaktik. Penelitian ini nantinya akan menghasilkan berupa bahan ajar atau lembar kerja mahasiswa (LKM).

Target Penelitian

Target penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia yang telah mengambil mata kuliah Praktikum Kimia Fisika, sedangkan objek pada penelitian ini adalah Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas praktikum kimia fisika berbasis *green chemistry*.

Data Penelitian

Dalam kajian penelitian ini menggunakan metode pengembangan yaitu metode pengembangan bahan ajar 4S-TMD (*Four Step Teaching Materials Development*) berupa produk lembar kerja mahasiswa (LKM). Alasan menggunakan metode 4S-TMD adalah karena metode ini dirancang untuk mengolah pengembangan bahan ajar yang efektif, terstruktur, dan sistematis sesuai dengan proses pembelajaran. Selain itu, metode 4S-TMD juga mendorong keterlibatan aktif siswa, mampu untuk mempermudah proses analisis, dan desain, serta mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara optimal dan memerlukan kolaborasi antara siswa, guru, dan orang tua (Anwar, 2019). Model pengembangan ini menerapkan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, memungkinkan pengembangan adaptif berdasarkan siklus evaluasi-revisi (Hendri & Setiawan, 2016). Pengembangan 4S-TMD dalam metode ini memiliki beberapa tahapan yang terdiri dari: tingkat seleksi, tingkat strukturisasi, tingkat karakterisasi, dan tingkat reduksi didaktik. Berikut langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti :

1. Tahap Seleksi

Tahap pertama yaitu tahap seleksi yang dilakukan pemilihan bahan ajar relevan dengan tujuan pembelajaran, kompetensi inti, dan indikator ketercapaian tujuan pembelajaran

a. Seleksi Materi

Pada tahap ini seleksi materi adalah proses memilih dan memilah materi pembelajaran yang dianggap sesuai dan tepat untuk diajarkan. Pengembangan materi ajar yang dikembangkan harus mengacu pada standar isi pada kurikulum (kompetensi inti atau kompetensi dasar) bahwa standar isi dapat berisikan label-label konsep yang merujuk pada materi yang penting.

b. Seleksi Sumber

Untuk dapat mengembangkan materi dari label-label konsep yang telah diinventarisasi, perlu dikumpulkan dari berbagai sumber bahan ajar yaitu berupa buku teks, buku pelajaran, jurnal, majalah, dan sumber-sumber lainnya.

c. Seleksi Konteks

Langkah selanjutnya yaitu mencari sumber dan mengkaji nilai-nilai (*value*) yang sesuai dengan lingkup kajian materi dalam bahan ajar yang telah dikumpulkan.

2. Tahap Strukturisasi

Pada tahap ini, materi ajar yang telah dipilih disusun secara sistematis dan logis. Strukturisasi materi ajar harus mempertimbangkan urutan mengajar dengan cara yang membuat konsep menjadi jelas dan mudah dipahami oleh peserta didik. Berdasarkan buku yang dimuat oleh Sjaeful Anwar dalam pengembangan struktur bahan ajar akan melewati beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Membuat peta konsep
Peta konsep merupakan sebuah gambaran visual yang menunjukkan materi dengan memperlihatkan hubungan antar konsep yang saling terkait. Dalam bahan ajar, peta konsep berfungsi sebagai alat bantu untuk memvisualisasikan keterkaitan antar ide, sehingga mempermudah siswa dalam memahami struktur materi dan mengintegrasikan informasi secara menyeluruh
- b. Membuat struktur makro
Struktur makro merupakan sebuah penyusunan materi yang akan digunakan pada pengembangan lembar kerja mahasiswa (LKM).

3. Tahap Karakterisasi

Berdasarkan pada tahap ini pengembangan harus melakukan karakterisasi bahan ajar yang dilihat dari sisi tingkat kesulitannya. Karakterisasi bahan ajar ini diperlukan agar bahan ajar yang termasuk kategori sulit dapat diolah (dikemas) secara spesifik sesuai dengan karakteristik masing-masing konsep. Dari hasil uji coba karakterisasi dilakukan kategorisasi konsep pada bahan ajar ke dalam kategori mudah dan kategori sulit. Menurut Anwar hal ini dilakukan karena dalam belajar hanya materi yang mudah akan dapat diterima oleh siswa dalam proses belajar.

4. Tahap Reduksi Didaktik

Tahap reduksi merupakan tahap yang dimana proses untuk menyederhanakan materi bahan ajar dengan mengurangi tingkat kesulitan. Materi yang kompleks dan sulit dapat dipahami direduksi secara didaktis melalui karakterisasi pada konsep-konsep yang sulit. Ini melibatkan pembuatan kerangka reduksi didaktis dan penggunaan simbol, sketsa, contoh, atau analogi untuk melakukan reduksi.

Instrumen Penelitian

Wawancara dilakukan untuk analisis kebutuhan awal agar dapat mengetahui kebutuhan terhadap pengembangan lembar kerja mahasiswa materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*. Wawancara dilakukan untuk mengetahui kebutuhan mahasiswa terhadap bahan ajar dan metode pembelajaran. Selain itu, wawancara juga dilakukan terhadap dosen pengampu mata kuliah dan pranata analis laboratorium kimia fisika.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengisian lembar angket yang dilakukan tahap *one to one* dan *small group*. Lembar angket yang digunakan berisi komentar dan saran terhadap produk yang dihasilkan, penilaian karakterisasi konsep sulit dan juga penilaian kepraktisan produk yang akan diberikan kepada mahasiswa. Lembar angket diberikan kepada mahasiswa bertujuan untuk mengetahui tanggapan mahasiswa guna memperoleh informasi

mengenai konsep sulit dan kepraktisan dari penggunaan E-modul. Pengumpulan data yang dilakukan dijadikan sebagai acuan untuk revisi terhadap produk.

Validasi ahli yang dilakukan pada tahap *expert review* data yang dikumpulkan beberapa angket lembar validasi yang berisi penilaian dari validator terhadap aspek desain, materi, dan pedagogik. Pemberian angket ini dilakukan secara *Walk Through*. Rancangan produk lembar kerja mahasiswa yang telah dibuat diberikan kepada ahli. Selanjutnya para ahli memberikan komentar terhadap desain, materi, dan pedagogik, lalu peneliti mencatat semua saran dan komentar yang disampaikan. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kevalidan atau tidaknya dari lembar kerja mahasiswa yang telah dikembangkan.

Tes hasil belajar atau uji capaian pembelajaran ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan mahasiswa setelah belajar lembar kerja mahasiswa materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* untuk melihat efektivitas lembar kerja mahasiswa yang telah dikembangkan. Tes ini berdasarkan nilai pre-test dan post-test dengan soal pilihan ganda.

Analisis Data

Hasil dari wawancara yang dilakukan oleh peneliti pada tahap analisis kebutuhan diawal penelitian bertujuan untuk merumuskan latar belakang mengapa dilakukan lembar kerja mahasiswa materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* yang akan dilaksanakan di Universitas Sriwijaya Prodi Pendidikan Kimia.

Untuk dapat menentukan kategori kevalidan dari lembar kerja mahasiswa yang dihasilkan yaitu menggunakan skala pengukuran Skala Likert. Skor penilaian dari tiap pilihan jawaban pada angket dengan kriteria yang dapat dilihat di dalam Tabel 1.

No.	Kategori	Skor
1.	Sangat baik	5
2.	Baik	4
3.	Cukup	3
4.	Tidak baik	2
5.	Sangat tidak baik	1

Sumber : (Aiken, 1985)

Skor yang diperoleh dari angket penilaian setiap validator yaitu validator ahli pedagogik, validator ahli materi, dan validator ahli desain kemudian akan dikonversi untuk diketahui persentase kevalidan dari E-modul yang diadaptasi oleh Akbar dengan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{s}{[n(c - 1)]}$$

Keterangan:

- V = Indeks kesepakatan rater validitas butir
- s = r-Io
- Io = skor penilaian validitas yang terendah
- c = skor penilaian validitas tertinggi

- r = skor yang diberikan penilaian
- n = jumlah penilai

Kemudian hasil dari perhitungan persentase kelayakan yang diperoleh, selanjutnya diidentifikasi ke dalam kategori sesuai dengan Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kategori Persentase Kevalidan

Rerata	Kategori
0,68-1,00	Tinggi
0,34-0,67	Sedang
0,00-0,33	Rendah

Sumber : (Aiken, 1985)

Analisa Data Angket

Analisa data angket dilakukan dengan lembar angket penilaian terhadap lembar kerja mahasiswa yang diberikan pada tahap uji coba, dimana hasil dari penilaian akan digunakan untuk mengetahui karakterisasi konsep sulit dan tingkat kepraktisan dari lembar kerja mahasiswa yang dikembangkan dan akan dilihat dari nilai yang dihasilkan lembar angket penilaian yang telah dianalisis oleh peneliti. Hasil dari lembar angket yang telah diisi, kemudian dihitung persentasenya dengan menggunakan rumus berikut:

- a. Karakterisasi konsep sulit

$$nilai = \frac{\text{banyak mahasiswa yang menjawab (mudah atau sulit)}}{\text{total mahasiswa yang menjawab}} \times 100\%$$

Selanjutnya, nilai persentase yang diperoleh dari karakterisasi konsep sulit di konversikan berdasarkan kategori keterpahaman pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Kriteria Pemahaman

Jumlah mahasiswa	Kategori
≤ 50 %	Sulit
≥ 50 %	Mudah

Sumber : (Anwar, 2023)

- b. Kepraktisan

$$Skor\ nilai = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Selanjutnya, skor nilai kepraktisan yang diperoleh di konversikan berdasarkan kategori praktikalitas pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Kategori Kepraktisan

Tingkat Pencapaian (%)	Kategori
81-100	Sangat Praktis
61-80	Praktis
41-60	Cukup Praktis
21-40	Kurang Praktis
20-0	Tidak Praktis

Sumber : (Irsalina & Dwiningsih, 2018)

Analisa Data Tes Hasil Belajar

Tes dilakukan untuk melihat keefektifan dari lembar kerja mahasiswa (LKM) yang telah dikembangkan. Pretest diberikan di awal pertemuan dan posttest diberikan di akhir pertemuan setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran.

$$g = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i}$$

Keterangan :

g = rata-rata skor gain ternormalisasi

S_f = skor final (post-test)

S_i = skor initial (pre-test)

Selanjutnya, hasil perhitungan N-gain dikonversikan dalam kategori indeks gain. Tabel 5 kriteria perolehan skor gain yang diperoleh mahasiswa dapat diamati pada tabel berikut :

Tabel 5. Kriteria Perolehan Skor Gain

Kriteria	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Sumber : (Hake, 1998)

PEMBAHASAN

Dalam kajian penelitian ini menggunakan metode pengembangan yaitu metode pengembangan bahan ajar 4S-TMD (*Four Step Teaching Materials Development*) berupa produk lembar kerja mahasiswa (LKM) materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* yang valid, praktis, dan efektif. Panduan dalam penggunaan model pengembangan 4S-TMD ini mengacu pada pedoman yang dikembangkan oleh Sjaeful Anwar yang memiliki beberapa tahapan yang terdiri dari: tingkat seleksi, tingkat strukturisasi, tingkat karakterisasi, dan tingkat reduksi didaktik. Alasan menggunakan metode 4S-TMD adalah karena metode ini dirancang untuk mengolah pengembangan bahan ajar yang efektif, terstruktur, dan sistematis sesuai dengan proses pembelajaran. Selain itu, metode 4S-TMD juga mendorong keterlibatan aktif siswa, mampu untuk mempermudah proses analisis, dan desain, serta mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara optimal dan memerlukan kolaborasi

antara siswa, guru, dan orang tua. Model pengembangan ini menerapkan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, memungkinkan pengembangan adaptif berdasarkan siklus evaluasi-revisi. Sebelum melakukan tahap seleksi, peneliti menganalisis kebutuhan mahasiswa terhadap materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*. Selanjutnya, peneliti menyebarkan angket kepada 27 orang mahasiswa angkatan 2023 yang telah mengikuti mata kuliah Praktikum Kimia Fisika 1. Berdasarkan hasil angket mengenai analisis kebutuhan mahasiswa, bahwa 100% mahasiswa sangat memerlukan bahan ajar berupa LKM yang valid, praktis, dan efektif pada materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*. Berdasarkan hasil wawancara dengan mahasiswa semester 5, dosen mata kuliah kimia fisika, dan pranata analis laboratorium kimia fisika yang telah dilaksanakan bahwa belum ada tersedia bahan ajar yang berupa lembar kerja mahasiswa (LKM) berbasis *green chemistry*. Karena modul praktikum kimia fisika belum mengalami pembaruan dalam kurun waktu yang cukup lama sehingga materi yang disediakan masih terbatas dan belum mencakup keseluruhan topik yang seharusnya dipelajari oleh mahasiswa. Oleh karena itu, peneliti memutuskan untuk mengembangkan lembar kerja mahasiswa (LKM) materi penentuan jejari molekul menggunakan metode viskositas berbasis *green chemistry*, karena pendekatan ini lebih ramah lingkungan dan memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dalam penelitian.

Dalam proses pengembangan lembar kerja mahasiswa (LKM) tersebut melaksanakan tahap pertama yaitu tahap seleksi yang terdiri dari seleksi materi, seleksi sumber, dan seleksi konteks. Dilakukan proses seleksi yang dimana untuk mengetahui informasi-informasi yang relevan dengan materi yang akan dikembangkan sesuai dengan rencana pembelajaran semester (RPS) materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* praktikum kimia fisika serta capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK). Seleksi materi ini didasarkan buku pedoman yang digunakan selama praktikum kimia fisika 1 yang berjudul penentuan jejari molekul dengan metode viskositas. Selanjutnya, seleksi sumber dengan mengumpulkan berbagai referensi yang relevan dan dapat dipercaya dari buku, jurnal, website, serta sumber lainnya. Proses seleksi terakhir yaitu seleksi konteks dalam konteks substansi dan konteks pedagogik terkait materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas. Penerapan terdiri dari konteks substansi yakni untuk pemahaman tentang materi jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*. Terdapat pendekatan pembelajaran berbasis *green chemistry* yang mendorong mahasiswa untuk dapat meningkatkan rasa ingin tahu pada orientasi, bekerja sama dalam kelompok, dan mengasah kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah. Selain itu, berbasis *green chemistry* bertujuan untuk membangun kesadaran dan rasa tanggung jawab mengenai pentingnya menjaga lingkungan dalam setiap proses pembelajaran. Pada konteks pedagogik di antaranya yaitu kerja sama, rasa ingin tahu, dan kreativitas. Setelah menyelesaikan tahap seleksi, selanjutnya tahapan kedua yaitu tahap strukturisasi. Dimana pada tahap strukturisasi merupakan tahap penyusunan draft materi secara sistematis dalam struktur makro memiliki sub-materi dan peta konsep menunjukkan materi yang menggambarkan hubungan antar konsep yang saling terkait dalam suatu materi. Dengan demikian, peta konsep dapat mempermudah proses belajar mahasiswa dengan menunjukkan keterkaitan ide-ide secara sistematis. Kemudian, tahap ketiga yaitu tahap karakterisasi bertujuan untuk dapat mengetahui tingkat kesulitan suatu bahan ajar LKM dari setiap materi yang disajikan. Peneliti membagikan angket karakterisasi kepada 6 orang mahasiswa untuk mengisi angket tersebut dan memberi komentar dan saran apakah LKM dari materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas

berbasis *green chemistry* termasuk kategori susah atau mudah. Hasil data penilaian mahasiswa dalam materi pengantar dan konsep dasar didapatkan 83,3% mahasiswa yang dapat mudah memahami materi tersebut merupakan kategori mudah. Untuk sub-materi yang kedua yaitu 66,6% mahasiswa memahami materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas termasuk kategori mudah, dan untuk sub-materi yang ketiga yaitu 66,6% mahasiswa yang sulit memahami materi *green chemistry* termasuk kategori sulit. Kemudian dilakukan pengumpulan penilaian dari para ahli berupa komentar dan saran. Terkait dengan komentar dan saran para ahli materi menurut ahli materi 1 (EA), serta menurut para ahli materi 2 (MSW). Hasil yang diperoleh dari validasi materi para ahli yang diolah menggunakan rumus V^2 Aiken. Selanjutnya, tahap keempat yaitu tahap reduksi didaktik. Tahap reduksi didaktik merupakan tahap untuk mengurangi tingkat kesulitan dari lembar kerja mahasiswa (LKM) atau proses untuk mereduksi materi yang tergolong sulit agar lebih mudah.

Selanjutnya, melakukan penyusunan lembar kerja mahasiswa (LKM) yang berisi dari membuat judul terlebih dahulu, pendahuluan, isi atau materi, dan terakhir penutup. Sesudah, proses penyusunan lembar kerja mahasiswa (LKM) dilakukan pada uji validitas. Dalam tahap validitas LKM, peneliti meminta saran dan komentar kepada kedua para ahli untuk dapat meninjau aspek desain dan aspek pedagogik. Bahwa validasi dilakukan menggunakan metode *walk through*. Terdapat komentar dan saran dari para ahli 1 (EA) disebutkan bahwa pada cover depan dapat menambahkan judul topik materi, untuk cover LKM tidak perlu digunakan lagi, pada bagian tujuan LKM dipoint 1 diganti dengan kalimat mengaplikasikan, pada gambar dan tabel diperjelas dan diberikan nomor dan nama gambar serta nama tabel tersebut, dan memperbaiki daftar isi. Selanjutnya komentar dan saran dari para ahli 2 (MSW) disebutkan bahwa pada bagian alat yang digunakan disertakan dengan gambar alat-alat di laboratorium, dan memperbaiki daftar pustaka. Setelah itu peneliti memberikan lembar instrumen validasi pedagogik dan lembar validasi desain kepada 2 para ahli untuk menilai lembar instrumen tersebut. Hasil untuk mengolah data lembar instrumen validasi pedagogik dan lembar validasi desain menggunakan rumus V^2 Aiken yang memperoleh hasil rata-rata yaitu 1 yang termasuk dalam kategori tinggi. Sehingga disimpulkan bahwa lembar kerja mahasiswa (LKM) telah dikembangkan secara valid, praktis, dan efektif. Setelah itu, dilakukan uji lapangan pada mahasiswa angkatan 2023 yang telah mengambil mata kuliah praktikum kimia fisika 1, dan mahasiswa angkatan 2024 yang belum mengambil mata kuliah praktikum kimia fisika 1, peneliti membagikan lembar angket uji kepraktisan kepada 12 orang mahasiswa angkatan 2023 Pendidikan Kimia, yang dibagi menjadi dua bagian yaitu *one to one* dan *small group*. Sesudah membaca lembar kerja mahasiswa (LKM) mahasiswa tersebut memberi komentar dan saran terhadap produk lembar kerja mahasiswa (LKM) yang telah dikembangkan. Hasil data uji kepraktisan LKM diperoleh skor rata-rata presentase yaitu 89,9% termasuk dalam kategori sangat praktis dan telah memenuhi kriteria analisis kepraktisan. Langkah terakhir yaitu analisis keefektifan atau tes hasil belajar mahasiswa kepada 28 orang mahasiswa angkatan 2024 Pendidikan Kimia. Tes hasil belajar mahasiswa yang bertujuan untuk menganalisis keefektifan lembar kerja mahasiswa (LKM) yang telah dirancang. Tes hasil belajar mahasiswa dibagi menjadi dua yaitu pre-test dan post-test yang masing-masing terdiri dari 10 soal pilihan ganda. Untuk pre-test dilakukan sebelum mengikuti kegiatan pembelajaran praktikum untuk mengukur pengetahuan awal mahasiswa, sedangkan post-test dilaksanakan setelah mahasiswa mengikuti praktikum dan mempelajari lembar kerja mahasiswa (LKM) yang telah dikembangkan untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman mahasiswa tersebut. Berdasarkan data dari tes hasil

belajar mahasiswa memperoleh nilai rata-rata pre-test yaitu 24,64% dan untuk nilai rata-rata post-test yaitu 90%. Oleh karena itu, hasil pre-test menunjukkan bahwa mahasiswa belum memahami secara luas materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry*.



Gambar 1. Hasil Belajar Mahasiswa

Namun, setelah memahami dan mempelajari materi tersebut menggunakan lembar kerja mahasiswa (LKM) yang telah dikembangkan terjadi peningkatan hasil belajar mahasiswa. Peningkatan ini terlihat dari rata-rata nilai post-test yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata pre-test. Maka, lembar kerja mahasiswa (LKM) yang sudah dikembangkan terbukti secara efektif dalam membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi yang dipelajari. Selanjutnya, peneliti mengolah hasil data pre-test dan post-test menggunakan rumus N-Gain diperoleh 0,84 atau 84% dengan kategori skor N-Gain tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan bahwa hasil penelitian dengan judul pengembangan lembar kerja mahasiswa (LKM) materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* yang valid, praktis dan efektif, disimpulkan bahwa uji kevalidan dilakukan oleh 2 (dua) para ahli validasi dari aspek materi, pedagogik, dan desain terhadap lembar kerja mahasiswa (LKM) yang diperoleh dengan hasil rata-rata sebesar 1 termasuk kategori tinggi menggunakan rumus V'Aiken. Sehingga dinyatakan lembar kerja mahasiswa (LKM) sudah dikembangkan secara valid. Berdasarkan uji kepraktisan terhadap produk lembar kerja mahasiswa (LKM) materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* yang dilaksanakan oleh 12 orang mahasiswa yang memperoleh hasil rata-rata presentase yaitu 89,9% termasuk kategori sangat praktis. Selanjutnya, pada uji keefektifan terhadap produk lembar kerja mahasiswa (LKM) materi penentuan jejari molekul dengan metode viskositas berbasis *green chemistry* yang dilaksanakan oleh 28 orang mahasiswa yang melaksanakan hasil tes mahasiswa. Bahwa hasil presentase rata-rata yang didapatkan 0,84 atau 84% dengan kategori skor N-Gain tinggi. Dengan demikian, pengembangan lembar kerja mahasiswa (LKM) metode viskositas berbasis *green chemistry* dapat ditingkatkan sebagai sumber belajar yang valid, praktis, dan efektif bagi mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, L. R. (1985). Three Coefficients For Analyzing The Reliability And Validity Of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131-142.
- Anwar, S. (2019). *Pengembangan Bahan Ajar*. Sekolah Pasca Sarjana : UPI.
- Hake, R.R. (1998). Interactive Engagement Vs. Traditional Methods: Six Thousand Student Survey Of Mechanics Test Data For Introductory Physics Courses. *American Journal Of Physics*. 66(1): 64-74.
- Herranen, J., Yavuzkaya, M. Dan Sjostrom, J. (2021). Embedding Chemistry Education into Environmental and Sustainability Education: Development Of A Didaktik Model Based On An Eco-Reflexive Approach, *Sustainability*, 13(1746), Hal. 3–15.
- Hendri, S., & Setiawan, W. (2016). Pengembangan Bahan Ajar Tema Gempa Bumi Menggunakan Four Step Teaching Materials Development. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12(1), 65-76.
- Idrus, S. W. Al, Hadisaputra, S. Dan Junaidi, E. (2020). Pendekatan Green Chemistry Dalam Modul Praktikum Kimia Lingkungan Untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa Calon Guru Kimia, *Chemistry Education Practice*, 3(2). Doi: <https://Doi.Org/10.29303/Cep.V3i2.2110>.
- Irsalina, A., & Dwiningsih, K. (2018). Analisis Kepraktisan Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (Lkpd) Berorientasi Blended Learning Pada Materi Asam Basa. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 3(2): 171-182.
- Larasati, A. R. (2022). Pengembangan Petunjuk Praktikum Berbasis Green Chemistry Materi Pengaruh Katalis Terhadap Laju Reaksi di Prodi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Putri, Y. D., Rina, E., & Hermansyah, A. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Android Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 5(2): 168-174.
- Rahmawati, Y. (2018). Peranan Transformative Learning Dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya, Dan Kompetensi Abad Ke-21. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 8(1), 1-16. Doi: <https://Doi.Org/10.21009/Jrpk.081.01>.
- Redhana, W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad Ke-21 Dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*.13(01). 2239 – 2253.
- Zowada, Dkk., (2019). Developing A Lesson Plan On Conventional And Green Pesticides *In Chemistry Education A Project Of Participatory Action Research*, *Chemistry Education Research And Practice*. Doi: <https://Doi.Org/10.1039/C9rp00128j>