

PENGEMBANGAN MODUL AJAR PADA MATA KULIAH PENDAHULUAN FISIKA ZAT PADAT UNTUK MENINGKATKAN PENGUASAAN KONSEP STRUKTUR KRISTAL BAGI CALON GURU

Jannatin 'Ardhuha*, Aris Doyan, Susilawati
Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Mataram
*Email: j.ardhuha@unram.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jpft.v5i1.951>

Abstract - This study aims at developing teaching module in crystal structure that is suitable to be used at Introduction to Solid State Physics course at the Department of Physics Education, Faculty of Education, University of Mataram. This module was developed by using 4D (define, design, development and disseminate) and its writing technique used a combined compilation and information re-packing technique. Research instruments were crystal structure teaching module, reviewer evaluation sheets on the contents, displays and the language use, as well as students evaluation questionnaire. The teaching module consists of crystal lattice, crystallographic directions and planes, and simple crystal structure. Reviewers respond that the teaching module was of very good category in its contents, display and the use of language. Accordingly, a limited test of the use of this teaching module revealed that this teaching module was of very good category, which denotes that this teaching module was easily understood by students and appropriate to be used. It can be concluded that the teaching module was suitable to be used as supporting material in the Introduction to Solid State Physics course, and it is expected that the use of this teaching module may support students understanding and mastery in crystal structure among pre-service Physics teachers.

Keywords: Teaching Module, Crystal Structure, Solid State Physics

PENDAHULUAN

Pendahuluan Fisika Zat Padat merupakan mata kuliah wajib diberikan bagi mahasiswa calon guru pada semester enam (VI) di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram. Secara umum fisika zat padat memfokuskan penelaah sifat suatu material berdasarkan atom dan elektron dalam kristal, (Astra I. M, 2015). Materi yang diajarkan dalam perkuliahan ini adalah struktur kristal, difraksi sinar x oleh kristal, ikatan kristal, vibrasi kristal (dinamika kisi kristal), sifat termal kristal, teori gas elektron bebas dalam logam, teori pita energi, kristal semikonduktor, superkonduktivitas dan sifat kemagnetan zat padat, ('Ardhuha *et al.* 2015; Novia *et al.* 2013).

Capaian pembelajaran yang diharapkan pada mata kuliah ini adalah mahasiswa memiliki pemahaman dan penguasaan pengetahuan dan wawasan yang mendalam mengenai konsep dasar dan

fenomena dalam fisika zat padat, serta mahasiswa dapat mengaplikasikan pengetahuan tersebut sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi (Sutrio, 2016).

Bagi mahasiswa calon guru ada manfaat tersendiri dari pemahaman dan penguasaan materi pada mata kuliah ini yaitu untuk mengembangkan kompetensi sebagai seorang guru dimana guru dituntut untuk mengajarkan konsep-konsep fisika, baik yang bersifat abstrak, dalam skala mikroskopik maupun makroskopik, dan memahami aplikasi prinsip-prinsip fisika dalam kehidupan sehari-hari seiring perkembangan sains dan teknologi, (Sutrio, 2016; Novia *et al.* 2013).

Konsep-konsep fisika yang abstrak sering kali menjadi kendala bagi guru untuk menyampaikan konsep tersebut ke peserta didik. Hal ini menyebabkan belum optimalnya pemahaman yang dimiliki

peserta didik dan berakibat pada rendahnya penguasaan konsep, (Gunawan *et al.* 2016).

Untuk dapat mencapai kompetensi tersebut, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang dapat memotivasi mahasiswa calon guru untuk memahami dan menguasai materi fisika zat padat, terutama konsep struktur kristal yang merupakan konsep yang abstrak. Penguasaan konsep kristal ini mutlak diperlukan oleh mahasiswa dalam mata kuliah ini, karena materi ini sangat berkaitan dengan materi selanjutnya dan untuk mempermudah memahami materi zat padat yang lebih rumit dan kompleks, (Busthon *et al.* 2014).

Struktur kristal merupakan materi awal yang dipelajari dalam mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat. Pada materi struktur kristal akan dibahas mengenai kristal dan amorf, sel satuan yang terdiri dari sel primitif dan sel konvensional, kisi, basis, struktur kristal, kisi Bravais, indeks Miller yang menunjukkan arah kristal dan bidang kristal, struktur kristal sederhana, dan cacat kristal, (Sutrio, 2016; Pasaribu M., 2016; dan Novia *et al.* 2013).

Perkuliahan Pendahuluan Fisika Zat Padat untuk materi struktur kristal pada tahun 2016/2017 di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram menggunakan *handout* sebagai pendamping buku ajar. Hasil belajar calon guru untuk mata kuliah ini tergolong rendah, dimana 41,4% calon guru memperoleh nilai di bawah standar kelulusan. Hal ini merupakan permasalahan yang harus diidentifikasi penyebabnya. Rendahnya hasil belajar ini mungkin dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama adalah kesulitan mahasiswa dalam memahami dan menguasai konsep dan materi Fisika Zat Padat, dan kedua adalah cara pembelajaran (baik berupa model, metode, pendekatan, maupun media pembelajaran) yang belum tepat, (Sutrio *et al.* 2016).

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah ini, diketahui mahasiswa merasa kesulitan dalam memahami beberapa konsep struktur kristal. Beberapa kesulitan yang sering ditemui mahasiswa tersebut antara lain:

1. Kesulitan dalam memahami istilah-istilah yang ada dalam sumber ajar (*handout* dan buku ajar). Karena istilah tersebut jarang mereka dengar, seperti istilah kesetangkupan, material.
2. Kesulitan mahasiswa mengelompokkan, menerapkan dan menganalisa suatu kisi kristal berdasarkan definisi yang telah diberikan. Meskipun dosen pengajar telah menjelaskan istilah tersebut sebanyak tiga kali. Hal ini disebabkan karena definisi tersebut bersifat umum.
3. Kesulitan mahasiswa dalam mengerjakan soal yang ada pada buku ajar, karena tidak sama dengan materi yang diajarkan pada kegiatan tatap muka dan yang tertera di *handout*.
4. Kesulitan mahasiswa dalam menggambar kisi kristal untuk tiga dimensi dalam kertas *milimeter block* yang harus sesuai dengan parameter kristalnya. Hasil gambaran mahasiswa tidak sesuai dengan literatur dan apa mereka bayangkan.
5. Kesulitan mahasiswa dalam menentukan indeks Miller suatu bidang kristal dan menggambarkan bidang kristal jika diketahui indeks Millernya. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan prosedur yang diajarkan oleh dosen dengan yang mereka lihat di *youtube*.
6. Kesulitan mahasiswa dalam menghitung rasio pengepakan atom (*atomic packing factor*) untuk struktur kristal hcp. Karena gambar yang ada di *handout* dan buku ajar tidak memberikan visualisasi yang jelas mengenai berapa bagian

atom pada sudut-sudut dalam struktur kristal tersebut.

7. Kesulitan mahasiswa dalam memahami struktur kristal sederhana seperti intan dan ZnS. Karena struktur kristalnya terlihat rumit dan kompleks.
8. Kesulitan mahasiswa dalam menentukan proyeksi posisi atom dari struktur kristal tiga dimensi (3D) ke dua dimensi (2D).

Kesulitan-kesulitan yang dialami oleh mahasiswa dalam memahami konsep struktur kristal dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah karena banyak konsep pada materi struktur kristal yang bersifat abstrak dan belum terasahnya kemampuan mahasiswa dalam hal dimensi ruang (*spatial ability*).

Kesulitan dalam memahami dan menguasai materi struktur kristal ini tidak hanya dialami oleh mahasiswa calon guru Fisika FKIP Universitas Mataram. Hasil penelitian Novia *et al.* (2013) mengenai analisis kesulitan konsep struktur kristal menunjukkan bahwa mahasiswa menganggap sulit sub bahasan mengenai bilangan koordinat, kerapatan, operasi translasi, indeks Miller dan penentuan sudut antara dua bidang, dikarenakan konsep ini bersifat abstrak dan memerlukan penguasaan konsep ruang yang baik. Selain itu, hasil penelitian Pasaribu M. (2016) mengungkapkan bahwa pengetahuan awal yang dimiliki oleh mahasiswa kurang memadai untuk memahami konsep struktur kristal dan sulitnya mahasiswa dalam mendeskripsikan kata kunci, hal ini didasarkan analisis tes kata kunci.

Salah satu pendekatan yang ditawarkan untuk mengatasi kesulitan yang dialami oleh calon guru tersebut adalah dengan menggunakan modul ajar struktur kristal. Modul ajar merupakan buku dalam bentuk modul-modul terpisah sesuai dengan pokok bahasan, disusun berdasarkan rancangan pembelajaran, dan

disebarluaskan pada peserta kuliah untuk dipergunakan dalam kegiatan pembelajaran, (Gunada *et al.* 2017).

Modul ajar yang dikembangkan dapat berupa hasil tulisan sendiri, pengemasan kembali informasi dari berbagai sumber belajar baik berupa buku teks, jurnal ilmiah, artikel dan hasil kompilasi (penataan informasi) dari modul ajar yang telah ada, (Paulina dan Purwanto, 2001). Ketika mengembangkan bahan ajar berupa modul, perlu diperhatikan prosedur penulisan sebuah modul ajar. Terkait dengan hal itu, terdapat langkah-langkah yang harus dikerjakan (Tim Penulis, 2008), antara lain:

1. Analisis Kebutuhan Modul
Merupakan kegiatan menganalisis kompetensi untuk menentukan jumlah dan judul modul yang dibutuhkan untuk mencapai kompetensi tersebut.
2. Penyusunan *Draft* Modul Ajar
Merupakan proses penyusunan dan pengorganisasian materi pembelajaran dari suatu kompetensi menjadi satu kesatuan yang sistematis.
3. Uji Coba
Merupakan kegiatan penggunaan modul pada peserta terbatas, untuk mengetahui keterlaksanaan dan manfaat modul pembelajaran sebelum modul tersebut dipergunakan secara umum.
4. Validasi
Merupakan proses permintaan persetujuan atau pengesahan terhadap kesesuaian modul dengan kebutuhan. Hal ini bertujuan untuk memperoleh pengakuan bahwa modul yang dikembangkan layak dan cocok untuk dipergunakan dalam pembelajaran. Validasi modul dapat meliputi validasi isi, penggunaan bahasa dan penggunaan metode instruksional.

5. Revisi (Perbaikan)

Merupakan proses penyempurnaan modul setelah memperoleh masukan dari kegiatan uji coba dan validasi.

Modul ajar yang dihasilkan perlu ditinjau ulang dan diperbaiki secara terus-menerus, guna mendapatkan modul ajar yang berkualitas baik dari segi kualitas isi, bahasa maupun tampilan. Diharapkan dari penggunaan modul ajar ini dapat meningkatkan pemahaman dan penguasaan konsep struktur kristal bagi calon guru.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*research and development*) dengan model 4D (*define, design, development and disseminate*). Subjek dari penelitian ini adalah mahasiswa calon guru yang menempuh mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat semester genap tahun akademik 2017/2018 di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram. Pengembangan modul ajar struktur kristal merupakan objek pada penelitian ini.

Data dalam penelitian ini berupa rancangan (*draft*) modul ajar struktur kristal. Penyusunan *draft* modul ajar pada penelitian ini dilakukan dengan cara kompilasi dan pengemasan kembali informasi dari berbagai sumber belajar, seperti buku teks, buku ajar, *book chapter*, modul ajar, handout kuliah, artikel ilmiah, materi ajar dalam bentuk power point.

Draft modul ajar ini kemudian diuji kelayakannya oleh 3 orang reviewer, untuk menilai isi, penyajian dan penggunaan bahasa dalam modul. Modul ajar dapat dikatakan layak untuk digunakan, apabila modul ajar memiliki kriteria baik (nilai 61% - 80%) dan baik sekali (nilai 81% - 100%), berdasarkan penilaian ketiga reviewer, (Murdiyanto, 2016).

Untuk mengetahui kemampuan dan kemudahan mahasiswa dalam memahami

dan menggunakan *draft* modul ini, maka dilakukan uji coba terbatas dalam kelompok kecil yang terdiri dari 4 orang mahasiswa. Instrumen yang dipergunakan adalah *draft* modul ajar dan angket penilaian mahasiswa. Angket terdiri dari 2 tipe yaitu pertanyaan tertutup dan pertanyaan terbuka.

Terdapat 17 pertanyaan tertutup (*close-ended questions*) dengan 4 skor penilaian dalam skala Likert (dimana skor 1 menunjukkan tidak baik dan 4 sangat baik) pada angket tersebut. Seluruh skor kemudian dijumlahkan dan dicari nilai rata-ratanya. Kriteria penilaian mahasiswa dapat dikelompokkan menjadi 4, yaitu sangat baik, baik, kurang baik dan tidak baik, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, (*Ardhuha et al. 2014; Gunada et al. 2017).

Tabel 1. Kriteria Penilaian Mahasiswa

Skor	Interval Nilai	Kriteria
4	$3,25 < x \leq 4$	Sangat Baik
3	$2,5 < x \leq 3,25$	Baik
2	$1,75 < x \leq 2,5$	Kurang Baik
1	$1 \leq x \leq 1,75$	Tidak Baik

Selain itu, mahasiswa diminta untuk menjawab 5 pertanyaan terbuka mengenai penggunaan modul ajar yang dikembangkan ini dalam kegiatan perkuliahan.

Catatan dari reviewer dan hasil angket penilaian mahasiswa ini akan digunakan sebagai bahan perbaikan dan penyempurnaan untuk *draft* modul ajar yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis kebutuhan modul ajar untuk materi struktur kristal, maka ditetapkan jumlah modul yang dikembangkan pada penelitian ini berjumlah 3 buah. Judul ketiga modul ajar tersebut adalah kisi kristal, arah dan bidang kristal, dan struktur kristal sederhana. Sebaran materi ajar untuk tiap modul ditunjukkan pada Tabel 2.

Bahan-bahan yang diperoleh dari berbagai sumber belajar tersebut, kemudian

disusun kembali dan disesuaikan dengan struktur (format) modul ajar.

Tabel 2. Struktur Materi Pada Modul Ajar Struktur Kristal

Modul	Judul Modul	Materi Modul
Modul I	Kisi Kristal	Kristal dan Amorf
		Struktur Kristal
		Kisi Kristal dan Basis
		Sel Satuan
		Metode Weigner-Seitz
		Kisi Bravais
Modul II	Arah dan Bidang Kristal	Titik Koordinat
		Arah Kristal
		Keluarga Arah Kristal
		Bidang Kristal
		Keluarga Bidang Kristal
		Jarak Antar Bidang Kristal
Modul III	Struktur Kristal Sederhana	Struktur Kristal <i>Simple Cubic</i> (SC)
		Struktur Kristal <i>Body-Centered Cubic</i> (FCC)
		Struktur Kristal <i>Face-Centered Cubic</i> (FCC)
		Struktur Kristal NaCl
		Struktur Kristal CsCl
		Struktur Kristal Intan
		Struktur Kristal ZnS

Validasi *draft* modul ajar struktur kristal untuk komponen kelayakan isi, penyajian dan kebahasaan telah dilakukan. Tim validator terdiri dari 3 orang reviewer. Hasil penilaian kelayakan modul ajar dari ketiga reviewer untuk untuk komponen isi adalah berkisar antara 87,5% – 93,75%, kompenen penyajian 78,8% - 94,2%, dan

komponen kebahasaan 84,3% - 93,4% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan validasi yang telah dilakukan, maka draft modul ajar struktur kristal yang dikembangkan layak untuk menjadi modul ajar yang dapat dipergunakan untuk kegiatan perkuliahan Pendahuluan Fisika Zat Padat.

Tabel 3. Penilaian Kelayakan Modul Ajar Struktur Kristal

No.	Aspek Penilaian	Penilaian Reviewer (%)		
		I	II	III
1.	Komponen isi	93,8	87,5	93,8
2.	Komponen penyajian	94,2	78,8	86,5
3.	Komponen bahasa	92,3	86,5	88,5
	Nilai rata-rata	93,4	84,3	89,6
	Kriteria	Sangat Baik		

Terdapat beberapa catatan yang disampaikan oleh reviewer terhadap modul ajar yang dikembangkan ini. Pertama, kemampuan penulis modul untuk memotivasi mahasiswa untuk membaca modul tersebut perlu ditingkatkan. Pada bagian pendahuluan modul ajar I sebaiknya ditambahkan motivasi mengapa mahasiswa

calon guru harus belajar materi struktur kristal.

Kedua, deskripsi yang lebih mendalam mengenai aplikasi nyata setelah mereka mempelajari materi ini perlu ditambahkan, agar mahasiswa mengerti pentingnya materi ini dalam mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat padat. Selain itu,

agar mahasiswa memiliki wawasan mengenai materi fisika zat padat, perlu diinformasikan pada mahasiswa (pembaca) mengenai penemuan material padatan terbaru (*novel materials*) yang memiliki sifat unggul, dan pemanfaatan material tersebut untuk inovasi teknologi.

Ketiga, perlu ditambahkan contoh soal dan latihan soal yang menggunakan sistem kristal selain kubus (misalnya kisi orthorhombik) pada modul I dan II. Hal ini perlu dilakukan untuk melihat seberapa dalam pemahaman dan penguasaan konsep kisi kristal Bravais 3 dimensi yang dimiliki oleh mahasiswa, serta untuk melatih keterampilan mahasiswa dalam menggambar kisi kristal dengan parameter kristal yang benar dan tepat.

Keempat, gambar-gambar yang dipergunakan di dalam modul untuk memvisualisasikan suatu konsep harus disajikan secara runtut. Penjelasan konsep tersebut dalam bentuk kalimat harus sesuai dengan gambar yang ditampilkan. Kemudian, modul harus lebih diperkaya lagi dengan pemberian ilustrasi baik berupa kalimat, sketsa ataupun gambar yang dapat membangkitkan nalar mahasiswa, sehingga mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis.

Kelima, pencantuman sumber gambar dalam modul harus dilakukan apabila terdapat gambar dalam modul ajar in mengutip atau menggunakan gambar dari buku teks, artikel ilmiah, dan lain sebagainya. Hal ini bertujuan untuk menginformasikan kepada pembaca mengenai penghargaan penulis atas hak cipta penulis lain, meskipun modul ajar tersebut hanya dipergunakan oleh mahasiswa di kalangan terbatas

Keenam, variasi ukuran, warna dan ilustrasi gambar yang ditampilkan dalam modul ini jangan terlalu banyak. Hal ini disebabkan oleh beragamnya sumber informasi yang dipergunakan. Pembatasan jumlah variasi ini dapat dilakukan dengan

tujuan untuk membantu mahasiswa lebih fokus terhadap penjelasan yang ada dalam modul. Bantuan seorang desain grafis dalam menggambar model struktur kristal pada modul ini dapat menjadi bahan pertimbangan.

Ketujuh, penggunaan program komputer atau aplikasi android untuk memvisualisasikan konsep struktur kristal dapat pula dimasukkan dalam materi modul ini. Hal ini diharapkan dapat membantu mahasiswa untuk memahami konsep struktur kristal yang bersifat abstrak dan mengasah kemampuan mahasiswa dalam hal dimensi ruang (*spatial ability*).

Mahasiswa dapat diarahkan untuk memanfaatkan aplikasi yang ditawarkan di beberapa website internet, seperti https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/miller_in_dices, untuk menampilkan simulasi dari bidang kristal. Diharapkan dengan penggunaan aplikasi ini dapat menjadi solusi alternatif dalam mengatasi kesulitan mahasiswa dalam menggambarkan bidang kristal jika diketahui indeks Millernya.

Agar proses pengembangan modul ajar struktur kristal dengan menggunakan kombinasi dua teknik penulisan modul, yaitu pengemasan kembali dan penataan kembali (kompilasi) informasi ini menjadi lebih efektif dan efisien, maka harus ditentukan dulu batasan perubahan yang dilakukan pada bahan ajar yang telah ada, sumber daya apa yang dimiliki, dan berapa banyak waktu yang tersedia untuk penyusunan draft modul tersebut, (Paulina dan Purwanto, 2018).

Terdapat beberapa keterampilan yang dapat diasah dan dikembangkan dari proses penulisan draft modul ajar ini, diantaranya keterampilan menyusun dan menata informasi yang ada dalam berbagai sumber belajar, serta menulis kembali informasi tersebut secara sistematis, runtut dan keterampilan membangkitkan motivasi membaca, belajar dan nalar mahasiswa.

Uji coba terbatas draft modul ajar ini pada 4 orang mahasiswa telah dilakukan. Secara umum, mahasiswa merespon baik terhadap draft modul ajar yang dikembangkan. Nilai rata-rata penilaian keempat mahasiswa untuk tiap aspek penilaian berkisar antara 3 sampai dengan 4, dimana modul ajar dapat dikategorikan baik dan sangat baik. Hasil angket penilaian mahasiswa untuk tiap aspek penilaian, ditunjukkan pada Tabel 4.

Penilaian tertinggi diberikan mahasiswa pada aspek penyusunan materi pada modul ajar yang sistematis dan disajikan secara berurutan. Serta tampilan warna dan kontras gambar dalam modul dapat menarik minat mahasiswa untuk membaca modul ini.

Nilai rata-rata 3,75 diperoleh untuk 3 aspek penilaian, yaitu materi struktur kristal

ditulis secara jelas, latihan soal membantu mahasiswa dalam memahami dan menguasai materi struktur kristal, dan adanya kunci jawaban untuk soal pilihan ganda dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk mengevaluasi kemampuan dirinya terhadap konsep yang dipaparkan dalam modul ajar.

Ada 4 aspek penilaian yang mendapat nilai rata-rata 3,5, yaitu pada nomer 10, 13, dan 14. Nilai rata-rata 3,25 yang termasuk dalam kriteria sangat baik juga diperoleh untuk 3 aspek penilaian, yaitu kemudahan memahami istilah dan lambang. Modul yang dikembangkan ini dapat menjadi media belajar yang komunikatif, karena seolah-olah mahasiswa (pembaca) sedang berkomunikasi langsung dengan penulis modul.

Tabel 4. Hasil Angket Penilaian Mahasiswa

No.	Aspek Penilaian	Rata-rata
1.	Materi pada modul ajar ini disusun secara sistematis.	4
2.	Materi struktur kristal yang ada di dalam modul ini dituliskan secara jelas.	3,75
3.	Saya dapat memahami materi dalam modul ini dengan mudah.	3
4.	Materi yang disajikan dalam modul ini ditulis secara berurutan.	4
5.	Saya dapat mengikuti kegiatan belajar yang disampaikan dalam modul ini tahap demi tahap dengan mudah.	3
6.	Saya dapat dengan mudah memahami dan mengerti kalimat yang dipergunakan dalam modul ini.	3
7.	Saya tidak menemukan kalimat yang menimbulkan makna ganda dalam modul ini.	3
8.	Saya dapat memahami istilah-istilah yang dipergunakan dalam modul ini.	3,25
9.	Saya dapat memahami lambang-lambang yang ada dalam modul ini.	3,25
10.	Contoh soal yang ada dalam modul ini mudah untuk dipahami dan membantu pemahaman konsep yang diajarkan.	3,5
11.	Latihan soal yang ada dalam modul ini membantu saya untuk melatih kemampuan saya dalam memahami dan menguasai materi struktur kristal.	3,75
12.	Kunci jawaban soal pilihan ganda membantu saya dalam mengevaluasi diri apakah saya sudah memahami dan menguasai konsep yang ada dalam modul ini.	3,75
13.	Penyajian contoh soal dan latihan soal dalam modul ini mendorong saya untuk berdiskusi dengan teman-teman saya.	3,5
14.	Modul ini membangkitkan motivasi saya untuk belajar dan terus membaca modul ini hingga tuntas.	3,5
15.	Ketika saya membaca modul ini, seolah-olah saya sedang berkomunikasi dengan penulis modul.	3,25
16.	Gambar-gambar yang ditampilkan dalam modul ini membantu saya dalam memvisualisasikan materi struktur kristal.	3,5
17.	Tampilan warna dan kontras gambar dalam modul ini sehingga saya tertarik untuk membacanya .	4

Secara umum, nilai rata-rata penilaian mahasiswa adalah sebesar 3,47; hal ini menunjukkan bahwa modul ajar yang dikembangkan ini masuk dalam kategori sangat baik.

Penilaian mahasiswa juga dituliskan dalam bentuk essay, dimana mahasiswa diminta menuliskan pendapat terhadap penggunaan modul ajar struktur kristal pada kegiatan perkuliahan. Berikut ini rangkuman jawaban keempat mahasiswa dari 5 pertanyaan yang diberikan.

1. Tuliskan hal-hal apa saja yang perlu ditambahkan dan diperbaiki dalam penyajian materi struktur kristal pada modul ini.
 - a. Contoh soal dan latihan soal diperbanyak.
 - b. Penjelasan dari kunci jawaban soal pilihan ganda perlu diberikan.
 - c. Kualitas gambar yang ada dalam modul harus ditingkatkan.
 - d. Perlu penambahan glosarium pada akhir modul.
2. Menurut Anda, apa yang harus diperhatikan dalam penggunaan modul ajar struktur kristal dalam kegiatan perkuliahan.
 - a. Konsep-konsep, gambar, dan persamaan yang ada dalam modul ini.
 - b. Keterangan langsung tertera pada gambar lebih dimengerti dibandingkan penjelasan dengan menggunakan kalimat yang panjang.
 - c. Penyampaian materi sebaiknya disertai oleh ilustrasi-ilustrasi (dapat berupa aplikasi dalam PPT dan model 3D).
3. Menurut Anda, apakah kegiatan perkuliahan menjadi lebih efektif dan efisien melalui penggunaan modul ajar ini? Jelaskan alasan Anda.
 - a. Menambah pengetahuan.
 - b. Dapat belajar di luar jam perkuliahan.
 - c. Dapat belajar di mana pun dan kapan pun.
 - d. Memberi gambaran yang jelas tentang materi-materi yang akan dibahas dalam kegiatan perkuliahan.
 - e. Dapat belajar mandiri tanpa harus menunggu penjelasan dari dosen.
 - f. Penjabaran materi disusun secara jelas dapat memudahkan mahasiswa, sehingga perkuliahan lebih efektif.
4. Tuliskan alasan Anda menyukai penggunaan modul ajar struktur kristal dalam kegiatan perkuliahan.
 - a. Penjabaran materi yang jelas dengan gambar-gambar yang menarik sehingga modul ini mudah dipahami.
 - b. Memudahkan dalam berdiskusi bersama teman.
 - c. Latihan soal yang ada di modul ini membantu mengasah pemahaman materi/konsep.
 - d. Penulisan materi sederhana dan terstruktur dengan baik.
 - e. Setiap sub bab materi diberi contoh soal, sehingga dapat dijadikan acuan mahasiswa untuk menjawab latihan soal di halaman selanjutnya.
 - f. Adanya rangkuman untuk mengingatkan kembali materi-materi penting yang sudah dipelajari sebelumnya.
5. Tuliskan alasan Anda tidak menyukai penggunaan modul ajar struktur kristal dalam kegiatan perkuliahan.
 - a. Ukuran modul yang besar (A4), sehingga memerlukan tempat yang cukup besar.

Uji coba modul ajar struktur kristal dalam kelompok besar menjadi target yang ingin dicapai pada penelitian selanjutnya. Kemudian akan dianalisa bagaimana pengaruh penggunaan modul ini terhadap penguasaan konsep struktur kristal pada calon guru Fisika.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa modul ajar struktur kristal yang dikembangkan layak untuk dipergunakan dalam kegiatan perkuliahan Pendahuluan Fisika Zat Padat, dengan kriteria sangat baik ditinjau dari segi komponen isi, penyajian dan bahasa. Penilaian sangat baik juga diberikan oleh mahasiswa terhadap modul ini, yang berarti bahwa modul ini mudah dipahami dan dipergunakan oleh mahasiswa.

Perlu diperhatikan, bahwa penggunaan modul ajar struktur kristal tidak menghapus (meniadakan) kegiatan tatap muka di kelas. Hal ini disebabkan karena kemampuan mahasiswa yang beragam dalam membaca, memahami dan menguasai materi struktur kristal yang ada dalam modul ini. Sehingga dalam penyempurnaan modul ajar ini lebih lanjut, perlu diperhatikan karakteristik gaya belajar mahasiswa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram atas dukungan sumber dana hibah DIPA PNBP tahun 2018 terhadap penelitian ini.

REFERENSI

- 'Ardhuha, J., Kosim, Susilawati, & Verawati, N. N. S. P. 2014. Students Response to Powerpoint Presentation in Modern Physics Course. Proceedings International Conference on Mathematics, Science, and Education 2014, Semarang State University, Semarang, Indonesia.
- 'Ardhuha J. 2015. Teaching Solid State Physics Course by Using X-Ray Diffraction Data. Proceedings International Conference on Mathematics, Sciences and Education, University of Mataram 2015. Lombok Island, Indonesia, November 4-5, 2015.
- Astra, I. M. 2015. *Modul Struktur Kristal*. Dipetik April 2, 2018, dari Universitas Terbuka Web site: <http://repository.ut.ac.id/4476/2/PEF14315-M1.pdf>
- Busthon, M. A., Hartatiek, Winarto. 2014. Pengembangan Simulasi Model Tiga Dimensi Struktur Dan Simetri Kristal Menggunakan Sketchup Untuk Menunjang Perkuliahan Fisika Zat Padat Di Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang. *Jurnal online UM*. Alamat website: <http://jurnal-online.um.ac.id/data/artikel/artikel83D16A1411800FA4EBBEEACF11B74F77.pdf>.
- Gunada I W., Rokhmat, J., Hikmawati, Kesipudin. 2017. Pengembangan Bahan Ajar Kompilasi Fisika Matematika II Pokok Bahasan Persamaan Diferensial Untuk Meningkatkan Penalaran Matematis. Desember 2017, *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 3(2).
- Gunawan, G., Harjono, A., & Imran, I. 2016. Pengaruh Multimedia Interaktif dan Gaya Belajar Terhadap Penguasaan Konsep Kalor Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12(2), 118-125.
- Murdiyanto, T. 2016. Pengembangan Bahan Perkuliahan Kompilasi Mata Kuliah Persamaan Diferensial Elementer Prodi Pendidikan Matematika. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNMPPI)* Universitas Muhammadiyah Surakarta. 12 Maret 2016.
- Novia, H., Rusdiana D., Kaniawati I. 2013. Analisis Kesulitan Konsep Struktur Kristal Pada Perkuliahan Fisika Zat Padat Bagi Calon Guru Fisika. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII, Fakultas*

Sains dan Matematika, UKSW, Salatiga, 15 Juni 2013, 4(1), ISSN: 2087-0922

- Pasaribu Marungkil. 2016. Analisis Struktur Kognitif Mahasiswa Pendidikan Fisika Pada Konsep Struktur Kristal. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF 2016*. Diakses di <http://snf-unj.ac.id/kumpulan-prosiding/snf2016/> Volume V, Oktober 2016.
- Paulina Pannen dan Purwanto. 2001. *Penulisan Bahan Ajar*. Jakarta: PAU-PPAI, Universitas Terbuka.
- Sutrio, S. 2016. *Buku Ajar Pendahuluan Fisika Zat Padat*. FKIP Unram.
- Sutrio, S., Harjono, A., Sahidu, H., Rahayu, S. 2016. Metode Latihan Berstruktur dan Belajar Kooperatif untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Listrik Magnet Calon Guru Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. II(4). 170-175.
- Tim Penulis. 2008. *Penulisan Modul*. Direktorat Tenaga Kependidikan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan Departemen Pendidikan Nasional.