

PENGEMBANGAN MODUL *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* DI TEKNIK MESIN UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

Maisarah Azizah

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
maisarah.19015@mhs.unesa.ac.id

I Made Arsana

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Permasalahan di kelas perpindahan panas jurusan teknik mesin didapatkan bahwa mahasiswa masih banyak yang belum mengenal CFD dan kebingungan dalam mempelajari CFD untuk melakukan analisa numerikal perpindahan panas dikarenakan masih belum adanya bahan ajar yang menjadi acuan dalam pembelajaran. Dengan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada melakukan pengembangan modul CFD untuk melakukan studi simulasi komputasi pada mata kuliah perpindahan panas. Berdasarkan tujuan, penelitian ini menggunakan jenis penelitian R&D (*research and development*) yang mengacu pada model pengembangan 4D: pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan diseminasi (*disseminate*). Teknik analisis data yang digunakan termasuk dalam statistik deskriptif dimana data yang telah dihitung dilakukan analisa. Setelah dilakukan validasi ke ahli aspek materi, bahasa dan desain, pengumpulan data kualitatif dilakukan kemudian diolah menjadi data kuantitatif yang tersusun di rekapitulasi validasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modul secara keseluruhan dinyatakan layak dengan presentase sebesar 88,10% setelah dihitung rata-rata dari penilaian validator ahli.

Kata Kunci: CFD, Modul, Pengembangan, Validitas, Kelayakan.

Abstract

The problem in the heat transfer class in the mechanical engineering department is that many students are not familiar with CFD and are confused about studying CFD to carry out numerical analysis of heat transfer because there are still no teaching materials as a reference in learning. With these problems, this research focuses on developing CFD modules to conduct computational simulation studies in heat transfer courses. Based on the objectives, this study uses the type of R&D research (*research and development*) which refers to the 4D development model: *define*, *design*, *develop* and *disseminate*. The data analysis technique used is included in descriptive statistics where the calculated data is analyzed. After validation was carried out to experts on material, language and design aspects, qualitative data collection was carried out and then processed into quantitative data arranged in validation recapitulation. The results of this study indicate that the module as a whole is feasible with a percentage of 88.10% after calculating the average from the expert validator's assessment.

Keywords: CFD, Module, Development, Validity, Feasibility.

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu pilar pendidikan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional (Ainiyah, 2013), pendidikan atau perguruan tinggi berupaya 1) menyiapkan mahasiswanya tidak secara akademik dan profesional tapi juga menjadi masyarakat yang mampu mengimplikasikan, menginovasi dan menciptakan IPTEK dan kesenian memberikan manfaat yang luas; 2) IPTEK dan kesenian yang diciptakan kemudian di sempurnakan dan dilakukan inovasi serta membagikan ilmu pengetahuan, teknologi dan kesenian serta mengusahakan untuk orang lain agar meningkatkan strata kehidupan banyak umat dan memperkaya budaya bangsa (Lian, 2019).

Sebagai wadah dimana para orang berintelektual bertemu, Perguruan Tinggi memberikan bekal ilmu dan aplikasi bagaimana pengembangannya (Siregar et al., 2020). Dewasa ini, di setiap negara bahkan di hampir seluruh dunia, tertarik dan merasa haus untuk mempelajari Ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) serta melakukan inovasi pengembangan (Sulistianingsih et al., 2021). Perguruan tinggi menjadi tempat bertemunya orang-orang dengan intelektualnya dengan memiliki rasa keingintahuan yang tinggi. Perguruan tinggi merupakan salah satu dari banyaknya tempat untuk belajar dan mengembangkan keilmuan. Dalam mempelajari ilmu dan mengembangkan IPTEK, dapat memanfaatkan perguruan tinggi sebagai alternatif tempatnya.

Perubahan teknologi yaitu digitalisasi dimana transformasi analisa perhitungan manual ke sistem komputasi (Nurjawahir et al., 2022). Pemanfaatan teknologi informasi bertujuan untuk mengotomatisasi seluruh jenis proses melalui penggunaan komputer atau peralatan elektronik lainnya. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses yang kompleks dan rawan kesalahan manusia atau memakan waktu terlalu lama jika menggunakan metode lain. Sistem komputasi ini banyak dijumpai di berbagai pekerjaan salah satunya yaitu analisa fluida atau lebih dikenal dengan Computational Fluid Dynamics (CFD). CFD merupakan keilmuan dalam simulasi komputer bertujuan untuk mengetahui pola aliran fluida (Akmal et al., 2019).

Pada perguruan tinggi, CFD digunakan oleh mahasiswa teknik untuk membantu menyelesaikan masalah atau menganalisa aliran fluida pada mesin, pipa, struktur bangunan, aerodinamis, dan lain sebagainya. Dalam metode CFD terdapat pengaturan yang cukup banyak untuk melakukan analisa fluida. Walaupun sudah menggunakan bantuan komputer dalam penjabaran perhitungan, akan tetapi masih diperlukan operator yang memiliki pengetahuan komputasi dan fluida untuk melakukan pemodelan yang dapat merepresentasikan fenomena yang sesuai dengan fenomena fisik aslinya. Untuk membantu memahami penggunaan CFD, maka pada mahasiswa diperlukan bahan ajar. Bahan ajar adalah alat yang memfasilitasi proses pengajaran agar makna yang disampaikan menjadi nyata dan tujuan pendidikan atau pembelajaran dapat terwujud secara efektif dan efisien (Prastowo, 2015). Fungsi bahan ajar adalah sebagai pembawa informasi dari sumber (pembelajar/dosen) ke penerima (pembelajar/mahasiswa).

Penelitian tentang penggunaan bahan ajar pada proses belajar mengajar di perguruan tinggi membuktikan bahwa bahan ajar bermanfaat untuk membantu mahasiswa dalam memahami materi dan meningkatkan hasil belajar. Didapati salah satu penelitian yang relevan dengan pernyataan tersebut yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Aisyah dan Purwoko tentang peningkatan hasil belajar mahasiswa menggunakan modul. Dari penelitian didapatkan hasil analisis data tes yang menunjukkan bahwa hasil belajar mahasiswa terjadi peningkatan dari siklus 1 ke siklus 2, dimana tingkat ketuntasan I 45,45% dan tingkat ketuntasan 78,79% pada siklus II (Aisyah & Purwoko, 2011).

Penelitian relevan dilakukan Nurmeidina dkk terkait pengembangan modul untuk mahasiswa matematika ternyata nilai rata-rata evaluasi siswa setiap modul materi adalah 3,84 dan 3,76 pada evaluasi. Nilai ini termasuk dalam kategori kepraktisan tinggi. Siswa memiliki sikap positif terhadap modul ini karena memfasilitasi pembelajaran mereka (Nurmeidina et al., 2021).

Penelitian penggunaan bahan ajar modul juga dilakukan oleh Sudirman, dkk. Berdasarkan analisis data yang diperoleh, hasil belajar mahasiswa meningkat setelah mengikuti pembelajaran “Radiator Trainer Heat Transfer Module”, karena hasil perbandingan pre-test dan post-test menunjukkan bahwa hasil belajar meningkat rata-rata 93% dari seluruh mahasiswa (Ariyanto et al., 2019).

Sebagaimana menurut Winkel (1991), Modul ialah perangkat pembelajaran yang dapat difungsikan sebagai sarana belajar secara mandiri atau individu. Hal tersebut karena modul memuat tujuan, instruksi, bahan bacaan, kunci jawaban, dan evaluasi. Modul bisa dijadikan alternatif dalam menyajikan bahan pembelajaran. Menurut Daryanto (2011), modul termasuk media pembelajaran yang terstruktur dan terencana dengan baik. Modul dirancang khusus untuk membantu mahasiswa memahami tujuan pembelajaran yang spesifik.

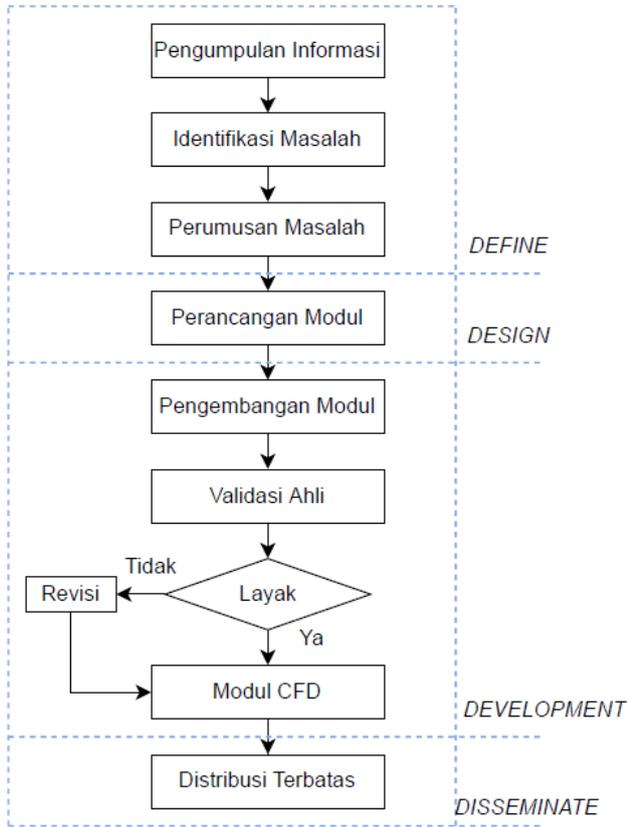
Teknik Mesin merupakan salah satu jurusan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Pada jurusan teknik mesin terdapat beberapa mata kuliah salah satunya yaitu perpindahan panas. Di dalam mata kuliah perpindahan panas terdapat materi seperti mengetahui karakteristik aliran dan perpindahan panas, penukar kalor pipa, memprediksi distribusi temperatur dan pola aliran udara pada ruangan, dan lain sebagainya. Pada materi-materi tersebut tentunya dibutuhkan perhitungan dan pemodelan numerik 3D yang dapat dilakukan dengan bantuan CFD software ANSYS. Namun, pada mata kuliah ini masih belum ada bahan ajar yang menunjang mahasiswa untuk memahami penggunaan CFD.

Mengingat urgensi dari media pembelajaran atau bahan ajar pada proses belajar mengajar serta kegunaan CFD yang sangat berguna untuk skill mahasiswa di dunia kerja, maka peneliti bermaksud membuat sebuah studi yang berfokus pada pengembangan modul pembelajaran yang bertujuan untuk memudahkan proses belajar mahasiswa.

METODE

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau yang biasa disebut R&D. Dalam metode pengembangan terdapat beberapa jenis model yang dapat digunakan dalam menyusun bahan ajar atau perangkat pembelajaran. Namun, pada penelitian kali ini, peneliti menerapkan model 4D yang dikembangkan oleh S. Thiagarajan, Dorothy S. Semmel dan Melvyn I. Semmel (1974:5) sebagai alur penelitian pengembangan peneliti. Model pengembangan 4D merupakan singkatan dari *Define, Design, Develop, dan Disseminate*. Dari keempat tahap tersebut, penelitian ini hanya menerapkan sampai pada tahap ketiga atau develop. Sedangkan untuk tahap keempat, penyebaran hanya dilakukan secara terbatas di tempat penelitian ini

dilakukan yaitu di Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Dari penelitian pengembangan yang dilakukan bertujuan untuk menciptakan produk bahan ajar berupa modul CFD yang diuji kelayakannya oleh validator ahli dari tiga aspek yaitu aspek materi, aspek bahasa, dan aspek desain.



Gambar 1. Alur Pengembangan

Formulir atau lembar validasi dipakai untuk memverifikasi bagian hasil pengembangan. Formulir validasi ini diberikan pada validator yang berpengalaman. Formulir validasi berisikan beberapa penilaian tentang susunan dan isi bagian. Di dalam formulir validasi, terdapat beberapa pernyataan yang harus dinilai oleh validator yang berpengalaman. Formulir validasi juga memuat kritik dan saran yang akan dipakai sebagai bahan perbaikan selanjutnya. Dari penilaian validator yang berpengalaman pada formulir validasi, dapat diketahui kebenaran dan kemudahan suatu bagian sebagai bahan ajar.

Tabel 1. Tabel Kisi-kisi Instrumen Lembar Validasi Aspek Materi

| Aspek | Deskripsi |
|--|---------------------------------------|
| Kesesuaian Materi dengan PLO/ Capaian MK | 1. Kesesuaian modul dengan PLO |
| | 2. Kesesuaian modul dengan Capaian MK |
| | 3. Kesesuaian modul dengan indikator |
| Keakuratan Materi | 1. Materi tidak miskonsepsi |
| | 2. fakta dan informasi yang akurat |
| | 3. Penyajian materi yang terstruktur |
| | 4. Materi yang tepat dan akurat |
| | 5. Contoh soal-soal jelas dan sesuai |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> 6. Indikator ketercapaian dapat diukur dengan tepat 7. Butir soal yang tidak lepas dari materi 8. Deskripsi yang jelas dan mudah dipahami 9. Gambar sebagai representatif informasi 10. Materi <i>up-to-date</i> 11. Materi yang disajikan saling berkaitan dengan tugas yang diberikan 12. Contoh soal dan studi kasus relevan dengan lingkungan sekitar 13. Kesesuaian antara soal satu dengan yang lainnya 14. Relevansi referensi yang digunakan 15. Membangun karakter mandiri, jujur, dan tanggung jawab pada mahasiswa |
|--|--|

Sumber Instrumen: diadaptasi dari Rozhana (2015:46)

Tabel 2. Kisi-kisi Instrumen Lembar Validasi Aspek Bahasa

| Aspek | Deskripsi |
|---------------------------------------|---|
| Lugas | <ul style="list-style-type: none"> 1. Ungkapan menggambarkan esensi pesan atau informasi 2. Bahasa yang digunakan jenis bahasa baku |
| Komunikatif | <ul style="list-style-type: none"> 1. Pesan yang disampaikan di dalam modul dapat dipahami dan diaplikasikan 2. Modul memuat petunjuk yang mampu membimbing mahasiswa |
| Interaktif | <ul style="list-style-type: none"> 1. Bahasa yang digunakan mampu meningkatkan rasa senang belajar dan berkolaborasi 2. Bahasa yang dipilih dapat dengan mudah dipahami oleh pembaca |
| Sesuai dengan Kaidah Bahasa Indonesia | <ul style="list-style-type: none"> 1. Kalimat dalam modul merupakan bahasa sehari-hari 2. Bahasa yang dipilih sesuai dengan karakteristik mahasiswa 3. Bahasa yang digunakan terstruktur dengan baik dari segi tata kalimatnya, tanda baca, konjungsi, dsb. 4. Penulisan ejaan dalam modul sesuai dengan kaidah dalam PUEBI |
| Penggunaan Simbol atau Ikon | <ul style="list-style-type: none"> 1. Konsistensi penggunaan istilah 2. Simbol atau ikon yang digunakan harus konsisten atau tetap tidak berbeda-beda dalam fungsi yang sama |

Sumber Instrumen: Diadaptasi dari Rozhana (2015:48)

Tabel 3. Kisi-kisi Instrumen Lembar Validasi Aspek Desain

| Aspek | Deskripsi |
|---------------------|---|
| Desain Sampul Modul | <ul style="list-style-type: none"> 1. Ukuran modul sesuai dengan standar ISO 2. Cover modul dapat menarik minat membaca dan jelas 3. Huruf judul modul berukuran sesuai dengan standar |
| Desain Isi Modul | <ul style="list-style-type: none"> 1. Menghindari penggunaan kombinasi yang berlebihan |

| | |
|--|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 2. Penataan unsur tata letak yang tepat 3. Pemisahan teks menjadi beberapa paragraf 4. Judul ditempatkan sesuai dengan susunan 5. Penempatan gambar atau ilustrasi yang tepat 6. manfaatan gambar untuk memperjelas teks 7. Hiasan ditemaptkan dengan tidak mengganggu isi modul 8. Jenis huruf yang digunakan 9. Variasi huruf yang digunakan harus proposional 10. Ukuran dan bentuk tampilan ilustrasi realistik 11. Proporsi ilustrasi yang tepat 12. Secara utuh modul termasuk menarik |
|--|--|

Sumber Instrumen: Diadaptasi dari Rozhana (2015:47)

Metode evaluasi yang digunakan untuk mengembangkan modul ini meliputi analisis kualitatif dan kuantitatif. Untuk menganalisis hasil penelitian pengembangan, digunakan metode analisis kualitatif, sedangkan perhitungan rata-rata hasil validasi menggunakan metode analisis kuantitatif.

Melalui penilaian validator, dapat diketahui seberapa valid Modul tersebut. Tabel berikut menjelaskan ukuran penilaian kevalidan Modul beserta bobot nilai yang diberikan.

Tabel 4. Bobot Nilai Kevalidan Modul

| Klasifikasi Tanggapan | Bobot Nilai |
|-----------------------|-------------|
| Tidak Valid (TV) | 1 |
| Kurang Valid (KV) | 2 |
| Valid (V) | 3 |
| Sangat Valid (SV) | 4 |

Sumber: Sugiyono, 2016

Penghitungan nilai validasi dilakukan dengan mengalikan jumlah pemeriksa dengan skala nilai yang telah ditetapkan, lalu menambahkan hasilnya. Berikut ini adalah rumus yang dipakai.

$$\text{Sangat Valid} = n \times 4 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Valid} = n \times 3 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Kurang Valid} = n \times 2 \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Tidak Valid} = n \times 1 \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Jumlah Skor} = \dots\dots\dots(5)$$

Dimana n = Jumlah Validator

Setelah total skor divalidasi, langkah selanjutnya adalah menentukan hasil penilaian. Formula berikut dapat digunakan untuk menentukan hasil penilaian atau hasil rating validasi.

$$HR = \frac{\sum SP}{\sum SM} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Catatan:

HR = Hasil *rating*

Σ SP = Jumlah skor yang diperoleh

Σ SM = Jumlah skor maksimum

Untuk melaksanakan analisis berdasarkan jawaban atau tanggapan validator dipakai statistik naratif atau kreteria evaluasi pada bentuk rentang skor. Kriteria evaluasi validitas Modul merupakan sinkron menggunakan tabel berikut.

Tabel 5. Rentang Skor Kevalidan Modul

| Kategori | Bobot Nilai | Nilai (%) |
|-------------------|-------------|-----------|
| Tidak Valid (TV) | 1 | 25%-43% |
| Kurang Valid (KV) | 2 | 44%- 62% |
| Valid (V) | 3 | 63% -81% |
| Sangat Valid (SV) | 4 | 82%-100% |

Sumber: Sugiyono, 2016

HASIL DAN PEMBAHASAN

Maksud dari penelitian pengembangan yang dilakukan ini memberikan hasil berupa sebuah Modul *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang diterapkan pada kelas mata kuliah Perpindahan Panas untuk digunakan pada Mahasiswa prodi S1 Teknik Mesin FT UNESA. Modul ini digunakan sebagai sarana untuk membantu mempermudah mahasiswa dalam memahami cara menerapkan ilmu CFD dengan berbantuan *software* Ansys Fluent.

Hasil penelitian ini berupa data deskripsi yang diperoleh melalui pengujian di lapangan yang diolah dengan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan tujuan untuk memberikan gambaran secara umum mengenai pengembangan modul dan hasil penilaian (kelayakan) modul dikembangkan.

Penjelasan hasil penelitian pengembangan modul CFD untuk melakukan studi simulasi pada mata kuliah Perpindahan Panas yang telah dikembangkan menggunakan model pengembangan 4D yang terdiri dari 4 tahapan yaitu *Define, Design, Develop, Disseminate* dengan penjabaran sebagai berikut:

Tahap Pendefinisian (Define)

Pada tahap pendefinisian (*Define*) dilakukan analisa kebutuhan yang diperlukan dalam pengembangan modul CFD untuk melakukan studi simulasi komputasi mata kuliah Perpindahan Panas dengan berbantuan *software* ANSYS Fluent. Pada tahap ini, data diperoleh melalui observasi dan wawancara yang dianalisis secara deskriptif dengan kajian teori yang relevan.

Tahap Perancangan (Design)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk merancang modul CFD yang akan dikembangkan sehingga diperoleh rancangan modul berupa *draft* yang memuat *cover* modul, materi pokok, dan *jobsheet* pada modul. Pada tahap ini memuat pembahasan materi pokok pembahasan CFD dengan Ansys Fluent. Materi yang disampaikan kepada mahasiswa meliputi: 1) pengenalan CFD meliputi definisi, kelebihan dan kelemahan metode CFD, dan aplikasi CFD dalam bidang engineering, 2) Persamaan numerik yang digunakan dalam CFD, 3) Simulasi Konveksi Natural dan Paksa pada Heat Sink sebagai contoh studi kasus untuk dipahami oleh mahasiswa sebagai latihan berfikir kritis dan kreatif dalam memecahkan sebuah masalah.



Gambar 2. Cover Modul

PETA KONSEP MODUL



Gambar 3. Peta Konsep Modul

Tahap Pengembangan (Develop)

Pada tahap ini dilakukan validasi modul. Kelayakan modul CFD Untuk Melakukan Studi Simulasi Komputasi ini tiga faktor yang dinilai untuk menentukan kelayakan suatu modul adalah materi, bahasa, dan desain. Penilaian dilakukan oleh para dosen yang memiliki keahlian di bidang tersebut dengan menggunakan lembar validasi

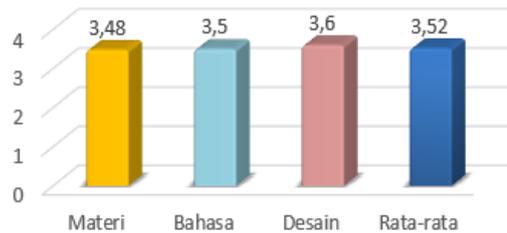
modul. Untuk modul CFD, kelayakannya dianalisis berdasarkan hasil validasi dari para dosen ahli dengan mempertimbangkan ketiga aspek tersebut. Hasil uji kelayakan oleh para ahli dapat dilihat dalam bentuk tabel dan diagram pada rekapitulasi berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Uji Kelayakan Modul CFD

| No. | Aspek | Kevalidan | Ket. | Persentase Kelayakan | Ket. |
|------------------|--------|-----------|--------------|----------------------|--------------|
| 1. | Materi | 3,48 | Sangat Valid | 87,04% | Sangat Layak |
| 2. | Bahasa | 3,50 | Sangat Valid | 87,5% | Sangat Layak |
| 3. | Desain | 3,60 | Sangat Valid | 90% | Sangat Layak |
| Total | | 10,58 | | 264,54 % | |
| Rata-rata | | 3,52 | Sangat Valid | 8,81% | Sangat Layak |

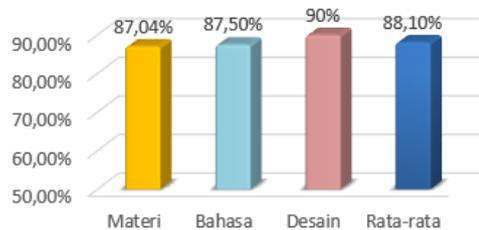
Setelah diperoleh rekapitulasi data validasi seperti pada tabel, kemudian untuk mempermudah pemahaman dari perbandingan aspek materi, bahasa, desain, dan diambil rata-rata, peneliti membuat diagram batang dari skor kevalidan dan kelayakan modul seperti berikut.

Diagram Skor Kevalidan Modul



Gambar 4. Diagram Skor Kevalidan Modul

Diagram Skor Kelayakan Modul



Gambar 5. Diagram Skor Kelayakan Modul

Jika hasil validasi ketiga dihitung rata-rata, maka akan diperoleh angka persentase sebesar 88,10%, yang termasuk dalam kategori yang sangat baik. Menurut Fauzan & Rahdiyanta (2017), sebuah modul dapat dikatakan sangat baik jika persentasenya melebihi 76% dari nilai kriteria yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil validasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul CFD yang telah

dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah perpindahan panas.

Tahap Diseminasi (Disseminate)

Untuk tahap terakhir dari alir penelitian dan pengembangan ini yaitu tahap penyebaran. Akan tetapi, batasan penelitian ini hanya sampai pada tahap kelayakan, sehingga untuk penyebaran hanya dilakukan terbatas pada dosen/tenaga pendidik di program studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya dengan harapan dapat menjadi bahan ajar sebagai sumber belajar.

PENUTUP

Simpulan

Hasil kelayakan modul pembelajaran CFD diperoleh nilai 84,40% dengan kriteria “sangat layak”. Kelayakan dinilai oleh validator ahli aspek materi, desain, dan bahasa. Hasil dari uji kelayakan aspek materi diperoleh nilai kelayakan 87,04%. Dari aspek bahasa diperoleh nilai kelayakan 87,50%. Yang terakhir hasil dari aspek desain sebesar 90%. Semua aspek termasuk kategori sangat layak dan dapat digunakan dalam mata kuliah perpindahan panas.

Saran

Berdasarkan hasil riset yang telah dilakukan, modul CFD yang dibuat menggunakan software Ansys Fluent mendapatkan kategori yang sangat baik. Oleh karena itu, diharapkan modul ini dapat dijadikan sebagai sumber belajar yang mendukung mata kuliah perpindahan panas di Prodi S1 Teknik Mesin dan S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Jika ingin mengembangkan produk lebih lanjut, pengguna dapat menambahkan materi lain agar produk yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif, mengingat produk saat ini hanya mencakup dua contoh studi kasus.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainiyah, N. (2013). Pembentukan Karakter Melalui Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Al-Ulum*, 13(01).
- Aisyah, N., & Purwoko, P. (2011). Peningkatan Hasil Belajar Mahasiswa Menggunakan Modul. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 17(5), 393–400.
- Akmal, S., ZA, N., & Ishak. (2019). Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop Pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.3396>
- Ariyanto, S. R., I Made Arsana, & Ulum, R. (2019). Pengembangan Modul Radiator Trainer Untuk. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(2).
- Fauzan, M. A., & Rahdiyanta, D. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Video pada Teori Pemesinan Frais. *JURNAL DINAMIKA VOKASIONAL TEKNIK MESIN*, 2(2), 82. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v2i2.15994>
- Lian, B. (2019). Tanggung Jawab Tridharma Perguruan Tinggi Menjawab Kebutuhan Masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas PGRI*, 100–106.
- Nurjawahir, K., Safuan, & Alhabshy, M. A. (2022). Penerapan Sistem Kuelap Dalam Transformasi Koperasi Berbasis Digital. *Cakrawala Ilmiah*, 1(12).
- Nurmeidina, R., Lazwardi, A., & Nugroho, A. G. (2021). Pengembangan Modul Trigonometri untuk Mengembangkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i1.3375>
- Prastowo, A. (2015). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Diva Press.
- Rozhana. (2015). *Pengembangan Modul Berbasis Potensi Daerah Malang Kelas IV Semester II dengan Tema Tempat Tinggalku*. Universitas Negeri Malang.
- Siregar, N., Sahirah, R., & Harahap, A. A. (2020). Konsep Kampus Merdeka Belajar di Era Revolusi Industri 4.0. *Fitrah: Journal of Islamic Education*, 1(1), 141–157. <https://doi.org/10.53802/fitrah.v1i1.13>
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. PT Alfabet.
- Sulistianingsih, D., Setiawan, A., & Prabowo, M. S. (2021). Potret Tumpuan Perguruan Tinggi dalam Upaya Alih Teknologi. *Seminar Nasional Hukum Universitas Negeri Semarang*, 7(2). <https://doi.org/10.15294/snhunnes.v7i2.722>
- Thiagarajan, S., Dorothy, S., & Semmel, M. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. National Center for Improvement of Educational Systemiversity of Minnesota.
- Winkel. (1991). *Psikologi Pengajaran*. PT Grasindo.