

Perencanaan Pergerakan Menggunakan *Game controller* untuk Mengurangi Miskonsepsi pada Kinematika Robot

Mahfud Jiono

Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang

| INFO ARTIKEL | ABSTRAK |
|--|---|
| <p>Riwayat Artikel: Diterima: 06-04-2021 Disetujui: 16-06-2021</p> <hr/> <p>Kata kunci: Bahan ajar Kinematika robot Objek visual Interaktif</p> | <p>Abstract: An interesting teaching material that can improve students' understanding in studying theory is very important. Technological developments in the digital era need to be reviewed and can be used as opportunities for the development of interactive teaching materials. With the aim of reducing student misunderstandings in understanding and implementing a concept. For example, the concept of robot kinematics. Kinematics is a control system based on a mathematical approach in converting motor rotation into position and orientation coordinates or instead. In the process of calculation and conversion, students often experience discrepancies between calculations and real implementation. With the existence of teaching materials that are integrated with visual widgets that can represent the robot coordinates of position and orientation, it is hoped that it will reinforce students' understanding. The results of this study indicate that learning with technology integration can help improve understanding between concepts so that they become easier to understand</p> <p>Abstrak: Bahan ajar yang menarik dan dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam menelaah teori sangatlah penting. Pada perkembangan teknologi pada era digital seperti ini perlu disakapi dan dapat dimanfaatkan seperti peluang untuk pengembangan bahan ajar yang interaktif. Dengan tujuannya mengurangi kesalahpahaman siswa dalam memahami dan mengimplementasikan suatu konsep. Sebagai contoh konsep yaitu kinematika robot. Kinematika merupakan sistem kendali berbasis pendekatan matematika dalam mengubah data putaran motor ke dalam sebuah koordinat posisi dan orientasi atau sebaliknya. Pada proses perhitungan dan konversinya, siswa sering sekali mengalami ketidaksesuaian antara perhitungan dengan implementasi nyata. Dengan adanya bahan ajar yang terintegrasi dengan widget visual yang dapat merepresentasikan koordinat posisi dan orientasi robot diharapkan dapat memberikan penguatan pemahaman pada siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan integrasi teknologi dapat membantu meningkatkan pemahaman keterkaitan antarkonsep sehingga menjadi lebih mudah dipahami.</p> |
| <p>Alamat Korespondensi: Mahfud Jiono, Jurusan Teknik Elektro / S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang Jln. Semarang No.5 Malang E-mail: mahfud.jiono.ft@um.ac.id</p> | |

PENDAHULUAN

Inovasi teknologi yang dihadirkan pada era digital ini perlu disikapi dan dimanfaatkan dengan baik (Cholik, 2017; Surahman, 2019). Digitalisasi yang didukung oleh karakter generasi milenial membuka peluang besar bagi pengembangan bahan ajar yang inovatif dengan memanfaatkan teknologi yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan (Magdalena et al., 2020; Muqodas et al., 2015). Penjelasan informasi yang kurang mendetail dalam bahan ajar berpotensi menimbulkan kesalahpahaman konsep tertentu atau dikenal dengan miskonsepsi. Miskonsepsi ini merupakan ketidaksesuaian konsep yang diterima dengan pemahaman ilmiah yang sesuai dengan implementasinya. Meluruskan pemahaman konsep yang diterima siswa bukanlah hal yang mudah, mengingat setiap konsep tidak berdiri sendiri, tetapi saling berkaitan dengan konsep lainnya (Resbiantoro & Nugraha, 2017).

Penggunaan pendekatan pembelajaran konseptual interaktif yang menggunakan media simulasi virtual lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan pendekatan pembelajaran konseptual interaktif tanpa menggunakan media simulasi virtual (Budiawan et al., 2017). Penerapan media simulasi virtual berpengaruh terhadap peningkatan pemahaman konsep materi pembelajaran. Media simulasi virtual ini dapat berupa video atau objek bergerak. Salah satu bentuk dari simulasi virtual ini adalah *game controller* yaitu merupakan visualisasi objek robot yang merepresentasikan posisi dan orientasi robot di sebuah arena (Jiono et al., 2019). Dengan menggunakan metode lokalisasi dalam penentuan posisi dan orientasi robot untuk menghasilkan sebuah pergerakan robot (Suhendra & Priyambodo, 2017). Kinematika robot sangat di butuhkan dalam proses lokalisasi ini. Kinematika merupakan sistem kendali berbasis pendekatan matematika dalam mengubah data putaran motor ke dalam sebuah koordinat baik posisi dan orientasi pada robot (Manullang et al., 2020). Pada proses perhitungan dan konversinya kedalam bentuk koordinat robot sering sekali mengalami miskonsepsi atau ketidaksesuaian antara perhitungan dengan implementasi nyata.

Penggunaan virtual learning environment sebagai inovasi pembelajaran mampu menciptakan lingkungan belajar baru yang lebih menarik dan menyenangkan. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan memanfaatkan teknologi AR pada Elektromagnetika Terapan (Budiawan et al., 2017). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan integrasi teknologi dapat membantu meningkatkan pemahaman keterkaitan antarkonsep sehingga menjadi lebih mudah dipahami. Hal yang perlu diperhatikan dalam mengembangkan inovasi pembelajaran adalah dampak penerapan produk pengembangan tersebut terhadap pembelajaran. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pembelajaran adalah pemilihan model pembelajaran yang diterapkan. Sebuah penelitian mengungkapkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah atau PBL Problem Based Learning (PBL) berpengaruh terhadap pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa (Pribadi, 2009).

Berdasarkan permasalahan di atas, khususnya untuk menampilkan objek virtual pada bahan ajar ini berupa objek 2D dan video yang menggambarkan pergerakan robot sebagai implementasi kinematika, maka perlu dikembangkan suatu bahan ajar yang terintegrasi dengan aplikasi berbasis *game controller* yang akan menampilkan objek 2D dan video real time terkait dengan perencanaan pergerakan robot. Penelitian ini diharapkan dapat membantu dosen dalam menyampaikan materi dan mengurangi miskonsepsi kepada mahasiswa pada materi kinematika.

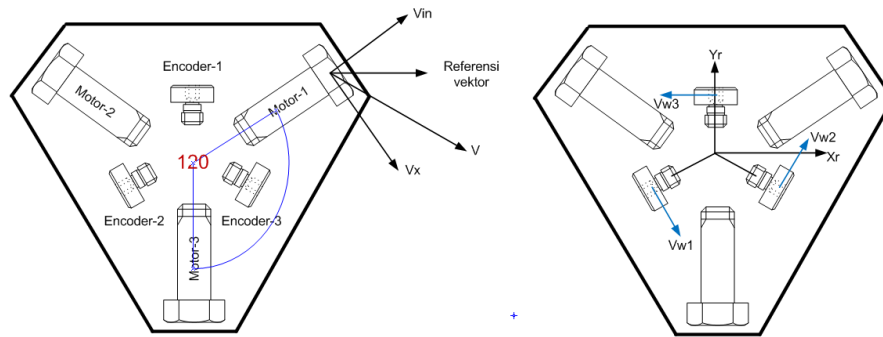
METODE

Pemodelan Mekanik Robot

Langkah pertama pada penelitian ini yaitu menggunakan pemodelan robot yang terdiri dari 3 roda Omni dengan system holonomic. Roda omni ini terhubung dengan motor dengan kemampuan torsi sebesar 25 kgf.m, dengan kecepatan 2500 rpm yang bekerja pada tegangan 24 V. Pada monitoring pergerakannya, pada system mekanik ini robot menggunakan 3 buah sensor rotary encoder dan sebuah kompas sensor. Penempatan motor dan encoder menggunakan konsep segitiga dengan perbedaan sudut 102° untuk setiap motor dan encodernya. Tujuan dari model penempatan seperti ini diharapkan agar pergerakan robot dapat leluasa dan navigasinya lebih mudah untuk bergerak kesegala arah. Konfigurasi utama dari pengaturan mekanik robot dapat dilihat pada Gambar.1. Penggunaan persamaan kinematika (Ashmore & Barnes, 2002) yaitu dengan menghitung kecepatan masing-masing motor.

$$\begin{aligned}
 V_{Motor1} &= V \left(\left(\cos \theta * \frac{\sqrt{3}}{2} \right) + \left(\sin \theta * \frac{1}{2} \right) \right) \\
 V_{Motor2} &= V \left(\left(\cos \theta * \frac{\sqrt{3}}{2} \right) - \left(\sin \theta * \frac{1}{2} \right) \right) \\
 V_{Motor3} &= V \sin \theta
 \end{aligned} \tag{1}$$

Dimana V_{Motor} adalah kecepatan untuk masing-masing motor, θ sebagai arah sudut pergerakan robot dan θ letak sudut pada masing-masing motor.



Gambar 1. Konfigurasi Motor dan Encoder pada Robot

Sistem koordinat pemetaan didapatkan dari data rotary encoder dan sensor kompas sebagai referensinya. Kedua sensor ini digunakan untuk mengurangi jumlah total pulsa per putaran data dari penggerak motor dan putaran robot saat robot bergerak di arena. Dengan menggunakan perhitungan matrik pemetaan dan kecepatan sudut yang ditunjukkan pada persamaan 2 berikut ini.

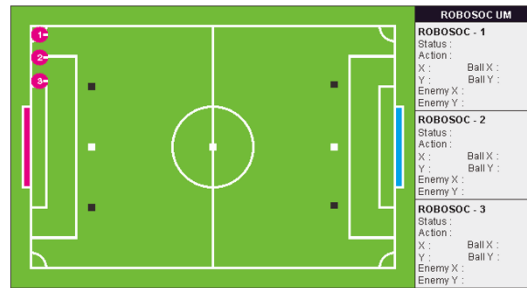
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{-1}{3} & \frac{-1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{-1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{3L} & \frac{1}{3L} & \frac{1}{3L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} \tag{2}$$

Dimana ϕ sudut putaran encoder dengan perbedaan sudut 120° , L adalah jarak antara titik tengah robot dan ω merupakan kecepatan sudut pada system odometri robot. Langkah terakhir yaitu perhitungan posisi koordinat nyata robot yang digunakan untuk mendapatkan lokalisasi pemetaan antara posisi terakhir dan posisi baru robot yaitu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} x_{baru} \\ y_{baru} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{lama} \\ y_{lama} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{3}$$

Game controller

Sistem *game controller* sebagai perencanaan gerak ini dikembangkan dengan menggunakan bahasa *Python* dan *library Pygame* yang merupakan toolkit *open source* sehingga dapat dimanfaatkan dengan berbagai sistem operasi dan mudah untuk mendapatkan literatur dari sumber offline maupun online. Simulator ini sebagai widget visualisasi yang merepresentasikan posisi koordinat robot dan kondisi arena robot (Dias, 2017). Posisi dan orientasi robot disimulasikan dalam widget visualisasi ini. Koordinat robot pada *game controller* ini yaitu sebuah objek berwarna magenta dengan penomoran sesuai jumlah robot yang akan diuji coba seperti yang terlihat pada Gambar 2. Objek ini memungkinkan untuk bergerak ke segala arah yang dapat diatur oleh operator untuk posisi dan orientasi robot diinginkan. Selain itu, tombol kontrol yang memungkinkan untuk mengubah posisi dan orientasi robot di arena diimplementasikan dalam *game controller* ini. Tujuannya yaitu agar mudah digunakan dan dapat meningkatkan kegunaan system perencanaan pergerakan robot.



Gambar 2. Bentuk Antarmuka *Game controller*

Desain Media Pembelajaran

Pada proses desain media pembelajaran yang dirancang, didesain sedemikian rupa agar media pembelajaran dapat mencapai apa yang menjadi tujuan pembelajaran. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap desain ini meliputi: desain media ajar, desain media ajar cetak yang didalamnya mencakup materi forward kinematic dan inverse kinematic. Pada proses perancangan materi yaitu kinematika robot yang menjadi salah satu deskripsi kompetensi pada matakuliah robotika. Secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perancangan Materi

| Kompetensi Dasar | Tujuan Instruksional | Sub Pokok Bahasan |
|-----------------------------|--|---|
| Kinematik dan Dinamik Robot | Mahasiswa dapat melakukan analisis pergerakan dan posisi robot melalui analisis kinematik dan dinamik. | Mahasiswa dapat menjelaskan bagaimana proses forward dan inverse baik secara kinematics maupun dynamics. Mahasiswa dapat menjelaskan model kinematik robot berdasarkan model pergerakan holonomic dan non-holonomic. Mahasiswa dapat memahami proses forward dan reverse pada robot berdasarkan model holonomic dan non-holonomic |

Langkah selanjutnya yaitu perancangan media ajar cetak (modul praktikum mahasiswa). Pada tahap ini ditentukan susunan dari modul cetak yang dikembangkan. Format modul pembelajaran kinematika robot ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perancangan Modul Praktikum

| Bagian-bagian modul | Keterangan |
|--------------------------------|---|
| Cover | Bagian awal dan akhir modul |
| Kata Pengantar | Deskripsi singkat dari isi modul dan ucapan selayang pandang penyusun |
| Pentunjuk Penggunaan Modul 1-5 | Bagian langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam penggunaan modul |
| Tujuan Pembelajaran | Merupakan bagian isi dari kompetensi yang tercakup dalam modul |
| Pendahuluan | Bagian yang menjelaskan indicator dalam pencapaian kompetensi |
| Alat dan Bahan | Merupakan ringkasan singkat dari teori pada kompetensi yang bersangkutan pada masing-masing modul |
| Langkah Kerja | Merupakan deskripsi peralatan dan bahan-bahan yang akan dibutuhkan dalam melaksanakan praktikum |
| Data Hasil Percobaan | Bagian langkah secara runtut dalam melaksanakan praktikum |
| Analisa dan Kesimpulan | Bagian yang menjadi inti dari praktikum dalam memperoleh data dan mencatatnya dalam data hasil |
| | Bagian akhir dari setiap modul, yang menuntut mahasiswa untuk melakukan analisis dan memberikan kesimpulan dari temuan-temuan data yang sudah didapatkan dalam kegiatan praktikum |

Uji Coba Lapangan

Produk diujikan kepada tiga subyek coba, diantaranya yaitu coba ahli media, uji coba ahli materi dan uji coba lapangan/kelompok besar. Uji coba perorangan dilakukan secara individual kepada dua ahli ini sebagai dosen pengampu matakuliah dan yang benar-benar memahi konsep baik teoritikal dan aplikasi dari kompetensi dasar kinematika robot. Uji coba ini bertujuan untuk memperoleh masukan tentang konten dan daya tarik dari bahan ajar yang dikembangkan. Data yang diperoleh dari tahap ini berupa saran dan masukan yang disampaikan secara verbal untuk selanjutnya dianalisis oleh peneliti sebagai bahan revisi bahan ajar. Uji coba kelompok kecil dilakukan untuk mengetahui apakah bahan ajar yang dikembangkan layak digunakan melalui angket yang dibagikan kepada 8 orang mahasiswa dari populasi yang memiliki kemampuan belajar yang berbeda. Data yang diperoleh dari tahap ini adalah data kuantitatif yang kemudian dikonversikan ke dalam kategori tertentu untuk dianalisis lebih lanjut.

Uji coba lapangan dilakukan untuk mengukur signifikansi bahan ajar yang dikembangkan dalam mengurangi miskonsepsi mahasiswa terhadap materi pembelajaran bus sistem dan tingkat kelayakannya untuk diterapkan dalam pembelajaran. Uji coba lapangan dalam penelitian pengembangan ini dilakukan kepada 40 orang mahasiswa dari populasi yang ditentukan. Pengumpulan data pada tahap ini dilakukan dengan melakukan pre-test dan post-test untuk mengukur miskonsepsi dan pengisian angket untuk menguji kelayakan bahan ajar. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisa dengan teknik analisis data kuantitatif. Untuk analisis data kuantitatif, pengembang mengembangkan kriteria kelayakan / validitas yang sesuai dengan instrumen yang dikembangkan. Persamaan yang digunakan untuk mengolah data dari ahli media dan ahli materi adalah:

$$V = \frac{TS_{ev}}{S_{mx}} \times 100\% \quad (4)$$

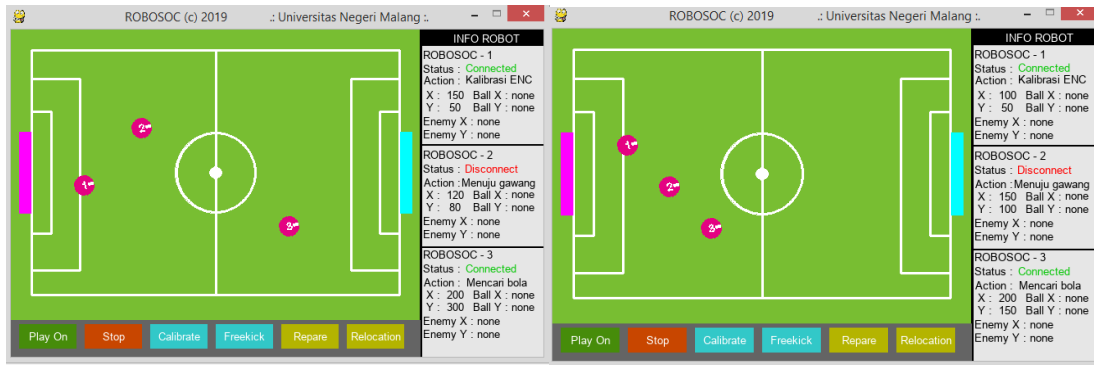
Dengan V adalah hasil validitas, TS_{ev} merepresentasikan total skor empiric validator dan S_{mx} sebagai Skor maksimum yang diharapkan. Dengan hasil kriteria sesuai (Arikunto, 2011) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Hasil Validasi

| Persentase (%) | Kriteria Validasi |
|----------------|-----------------------|
| 76 – 100 | Valid |
| 56 – 75 | Cukup Valid |
| 40 – 55 | Kurang Valid (Revisi) |
| 0 – 39 | Tidak Valid (Revisi) |

HASIL

Produk dari penelitian ini widget visual dalam bentuk *game controller* dan modul praktikum yang terintegrasi dengan uji coba perencanaan pergerakan robot nyata dan visual di dalam *game controller*. *Game controller* yang di maksud merupakan bentuk ilustrasi dari pergerakan robot dalam kondisi nyata. Ilustrasi pergerakan tersebut didapatkan dari data yang dikirim secara dua arah baik dari komputer yang digunakan sebagai *game controller* dan pada komputer yang berada pada robot. Data yang di ambil akan dilakukan pengkonversian dengan menggunakan persamaan kinematika robot. Pada komputer *game controller*, data akan di konversi kedalam koordinat posisi dan orientasi. Sedangkan pada komputer robot, data akan di konversi kedalam bentuk kecepatan putaran pada masing-masing motor. Tampilan *game controller* dapat dilihat pada Gambar 3 dengan data koordinat posisi dan orientasi berbeda-beda pada masing-masing robot. Data uji coba tersebut merupakan contoh langkah percobaan perencanaan pergerakan pada modul praktikum yaitu dengan data seperti pada Tabel 4.

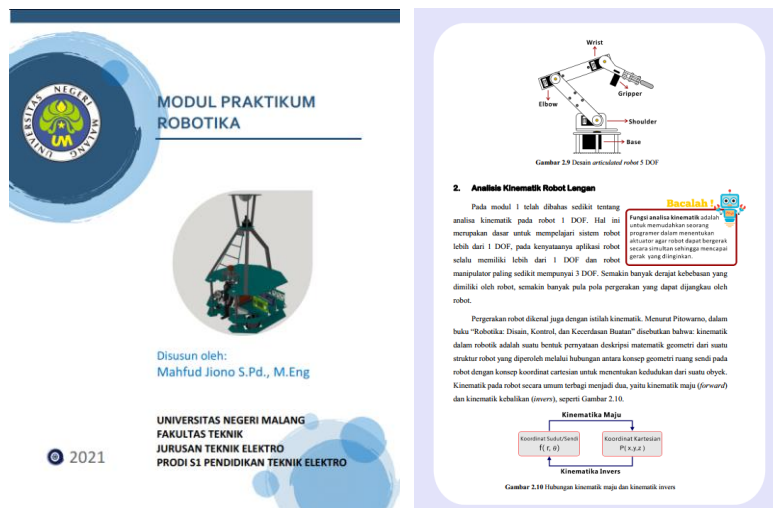


Gambar 3. Perencanaan Pergerakan Robot Pada Game controller

Tabel 4. Pengujian Posisi dan Orientasi Robot

| Robot | Koordinat Posisi 1 | | | Koordinat Posisi 2 | | |
|---------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | Z ₁ | X ₂ | Y ₂ | Z ₂ |
| Robot 1 | 150 | 50 | 90 | 100 | 50 | 90 |
| Robot 2 | 120 | 80 | 90 | 150 | 100 | 90 |
| Robot 3 | 200 | 300 | 90 | 200 | 150 | 90 |

Pada modul praktikum yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah modul cetak yang terintegrasi dengan *game controller* sebagai widget visual untuk perencanaan pergerakan robot dengan tujuan mengurangi miskonsepsi pada mata pelajaran robotika, khususnya pada kinematika robot baik inverse kinematic maupun forward kinematic pada robot. Modul praktikum ini dikemas dalam modul cetak dan e-book, sehingga siswa dapat menggunakan modul tersebut dapat digunakan secara mandiri baik dalam pembelajaran sinkron maupun asinkron. Gambar 4 menunjukkan tampilan sampul modul praktikum robotika pada kompetensi kinematik dan dinamika robot. Desain sampul depan modul memuat judul, tim penyusun modul dan jurusan teknik elektro FT-UM.



Gambar 4. Tampilan Modul Praktikum Robotika

PEMBAHASAN

Dari hasil data validasi modul praktikum yang dikembangkan terdiri dari validasi aspek media dan materi. Kedua aspek tersebut divalidasi oleh ahli media dan ahli materi. Kriteria validasi modul praktikum pada aspek media meliputi: (1) aspek fisik, (2) pendahuluan, (3) pemanfaatan, dan (4) kualitas teknis integrasi

modul dengan game vontrroller. Rangkuman hasil validasi modul praktikum oleh ahli media disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Hasil Validasi

| Kriteria Validasi | Skor yang didapat | Skor Maksimal | Persentase (%) |
|----------------------|-------------------|---------------|----------------|
| Tampilan | 30 | 33 | 90.90 |
| Pendahuluan | 10 | 10 | 100 |
| Kebermanfaatan Modul | 14 | 15 | 93.33 |
| Kualitas Teknis | 23 | 26 | 88.46 |
| Rata-rata | 19.25 | 21 | 93.17 |

Selanjutnya adalah validasi modul praktikum untuk aspek materi dan isi. Kriteria validasi modul praktikum pada aspek materi dan isi meliputi beberapa hal, antara lain: (1) pendahuluan, (2) pembelajaran, (3) isi, dan (4) evaluasi. Rangkuman hasil validasi modul prkatikum oleh ahli materi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Hasil Validasi

| Kriteria Validasi | Skor yang didapat | Skor Maksimal | Persentase (%) |
|-------------------|-------------------|---------------|----------------|
| Tampilan | 9 | 9 | 100 |
| Pembelajaran | 10 | 11 | 90.90 |
| Isi/konten | 14 | 15 | 93.33 |
| Evaluasi | 12 | 13 | 92.30 |
| Rata-rata | 11.25 | 12 | 94.13 |

Setelah mendapatkan hasil dari dua uji validasi ini, selanjutnya yaitu uji coba yang sebenarnya di kelas robotika. Uji coba ini dilakukan untuk menguji kelayakan bahan ajar untuk diterapkan dalam pembelajaran dan perannya dalam mengurangi miskonsepsi siswa terhadap materi pembelajaran kinematika robot. Uji coba mata pelajaran dilakukan pada mahasiswa Teknik Elektro yang telah mengambil mata kuliah robotika. Rangkuman hasil uji coba bahan lapangan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria Hasil Validasi

| Kriteria Validasi | Skor yang didapat | Skor Maksimal | Persentase (%) |
|----------------------|-------------------|---------------|----------------|
| Tampilan | 312 | 350 | 89.14 |
| Pendahuluan | 310 | 350 | 88.57 |
| Kebermanfaatan Modul | 450 | 470 | 95.74 |
| Kualitas Teknis | 280 | 300 | 93.33 |
| Rata-rata | 338 | 367.5 | 91.69 |

SIMPULAN

Dari data hasil penelitian yang dikembangkanlah untuk menampilkan konten digital sebagai visualisasi dari proses terkait melalui pemindaian penanda yang terdapat dalam modul. Bahan ajar yang dikembangkan telah divalidasi dari aspek materi dan isi dengan perolehan persentase rata-rata 93,17%, aspek media memperoleh persentase rata-rata 94,13%, uji nyata dengan jumlah responden sebagai siswa mendapatkan rata-rata persentase 91,69%. Hasil identifikasi miskonsepsi setelah menggunakan bahan ajar tersebut mengalami penurunan yang signifikan, dari 41% menjadi 5%. Berdasarkan hasil validasi dan uji coba dapat disimpulkan bahwa modul praktikum robotika berbasis *game controller* untuk perancangan pergerakan robot dapat mengurangi miskonsepsi pada kompetensi dasar kinematika robot dan dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran. Selanjutnya beberapa aspek yang perlu diperhatikan dan ditingkatkan dalam penelitian dan pengembangan bahan ajar ini adalah materi atau isi yang disajikan di dalamnya. Hal ini dikarenakan teknologi terus berkembang, sehingga materi yang disajikan perlu diperbarui seiring dengan perkembangan tersebut. Dalam pengembangan selanjutnya diharapkan juga dapat mengimplementasikan fitur-fitur tambahan pada

game controller dalam berbagai implementasi pergerakan robot, seperti evaluasi seperti yang disarankan oleh ahli media.

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. (2011). *Prosedur penelitian : Suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.
- Ashmore, M., & Barnes, N. (2002). Omni-drive robot motion on curved paths: The fastest path between two points is not a straight-line. In M. B. & S. J. (Eds.), *In Australian Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 225–236). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-36187-1_20
- Budiawan, R., Damayanti, T. N., & Nurmantris, D. A. (2017). Pembelajaran elektromagnetika terapan berbasis augmented reality: Kasus sistem koordinat. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(4), 436–444.
- Cholik, C. A. (2017). Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan pendidikan di Indonesia. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(6), 21–30.
- Dias, R. (2017). Real-time multi-object tracking on highly dynamic environments. *2017 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)*, 178–183. <https://doi.org/10.1109/ICARSC.2017.7964072>.
- Jiono, M., Mahandi, Y. D., Rahmawati, Y., Putro, S. C., Ardiyansyah, F., & Prasetyo, D. (2019). Online motion planning for mobile robot. *2019 International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)*, 6, 85–89. <https://doi.org/10.1109/ICEEIE47180.2019.8981412>.
- Magdalena, I., Prabandani, R. O., Rini, E. S., Fitriani, M. A., & Putri, A. A. (2020). Analisis pengembangan bahan ajar. *Nusantara*, 2(2), 180–187.
- Manullang, M. J. C., Hardhienata, M. K. D., & Priandana, K. (2020). Kendali robot beroda otonom dengan inverse kinematics. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Agri-Informatika*, 7(1), 62–73. <https://doi.org/10.29244/jika.7.1.62-73>
- Muqodas, R. Z., Sumardi, K., & Berman, E. T. (2015). Desain dan pembuatan bahan ajar berdasarkan pendekatan saintifik pada mata pelajaran sistem dan instalasi refrigerasi. *Jurnal of Mechanical Engineering*, 2(1), 108.
- Pribadi, B. A. (2009). Model desain sistem pembelajaran. In *Jakarta: Dian Rakyat* (Vol. 35).
- Resbiantoro, G., & Nugraha, A. W. (2017). Miskonsepsi mahasiswa pada konsep dasar gaya dan gerak untuk sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*, 5(2), 80–87.
- Suhendra, T., & Priyambodo, T. K. (2017). Analisis perbandingan algoritma perencanaan jalur robot bergerak pada lingkungan dinamis. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 11(1), 21–30.
- Surahman, E. (2019). Integrated mobile learning system (imoles) sebagai upaya mewujudkan masyarakat pebelajar unggul era digital. *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran) Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, 5(2), 50–56.