
PELATIHAN PEMBUATAN ROBOT *LINE FOLLOWER* UNTUK MENINGKATKAN MINAT SISWA SMA TERHADAP STEM

**Junita, Henri P. Uranus, M. Gracio A.R, Marincan Pardede, Rianto Mangunsong, Dwi Heri
Yulian**

Teknik Elektro Universitas Pelita Harapan, Tangerang 15811, Indonesia

e-mail: junita.fti@uph.edu

Abstrak

Perkembangan teknologi memungkinkan pengembangan sistem kecerdasan buatan dan otomatisasi dalam berbagai hal. Salah satunya adalah robotika. Berbagai efisiensi dan kecanggihan yang ditawarkan oleh teknologi robotika membuat banyak orang terpesona. Pesona robotika dapat meningkatkan keingintahuan dan minat siswa terhadap STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*), yang cenderung kurang. Dalam rangka meningkatkan minat siswa terhadap STEM, Program Studi Teknik Elektro Universitas Pelita Harapan membuat pelatihan pembuatan robot untuk siswa SMA. Pada pelatihan ini, para siswa diberikan pemaparan teori dasar untuk mengetahui cara kerja dari robot *line follower*, kemudian mereka diberikan modul robot yang dapat dirakit dengan bimbingan dari dosen dan laboran yang bertugas. Dari survei yang diisi oleh 35 siswa pelatihan, terdapat perubahan pendapat sebelum dan sesudah pelatihan mengenai merakit komponen listrik dan mekanik, yaitu penurunan sebesar 3% untuk yang merasa sulit dan tidak menyenangkan, penurunan 17% untuk yang merasa sulit tapi menyenangkan, penurunan 3% untuk yang merasa mudah tapi tidak menyenangkan, dan peningkatan 23% untuk yang merasa mudah dan menyenangkan. Didapatkan juga perubahan pendapat mengenai Program Studi Teknik Elektro, sebelum dan sesudah pelatihan, yaitu penurunan sebesar 37% untuk yang merasa sulit dan tidak menyenangkan, peningkatan 31% untuk yang merasa sulit tapi menyenangkan, penurunan 3% untuk yang merasa mudah tapi tidak menyenangkan, dan peningkatan 8% untuk yang merasa mudah dan menyenangkan.

Kata Kunci : Robotika, STEM, Teknik Elektro

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi memungkinkan pengembangan sistem kecerdasan buatan dan otomatisasi. Sistem kecerdasan buatan dan otomatisasi mengalami perkembangan yang pesat dan berkelanjutan karena dapat meningkatkan efisiensi dalam berbagai hal, mulai dari hal-hal yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari hingga hal-hal dalam dunia industri. Salah satu bentuk dari sistem kecerdasan buatan dan otomatisasi adalah robotika. Robotika adalah bidang interdisipliner yang

mencakup berbagai aspek STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dan menciptakan koneksi yang menarik antara konsep ilmiah dan aplikasi teknologi. Dengan menggabungkan konsep ilmiah dan aplikasi teknologi yang menarik, robotika menjadi salah satu bidang yang dapat mendorong minat siswa terhadap STEM (Mosley, Ardito, & Scollins, 2016; Zhang, Xu, Yang, Lai, & Wong, 2018). Pendekatan dan pengalaman pembelajaran yang digunakan dapat memiliki dampak signifikan pada bagaimana siswa

memahami dan merasa tentang STEM (Akpınar, Yıldız, Tatar, & Ergin, 2009) Melalui eksplorasi dan pengalaman langsung dengan robotika, siswa dapat mengembangkan minat yang lebih mendalam dalam ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika serta melihat potensi karir yang menarik di bidang STEM.

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilakukan program studi Teknik Elektro UPH adalah memberikan pelatihan pembuatan robot *line follower*. Pada pelatihan ini, para siswa diberikan pemaparan teori dasar untuk mengetahui cara kerja dari robot *line follower*, kemudian mereka diberikan modul robot yang dapat dirakit dengan bimbingan dari dosen dan laboran yang bertugas.

Pelatihan ini bertujuan untuk memfasilitasi keingintahuan dan minat anak-anak terhadap robotika sehingga mereka lebih tertarik dan termotivasi untuk belajar mengenai sains dan teknologi. Peningkatan minat terhadap sains dan teknologi ini memegang peranan penting untuk mengurangi ketakutan siswa terhadap bidang pendidikan atau bidang pekerjaan yang berkaitan dengan STEM (Henry et al., 2021; Nelson, Nelson, McDaniel, & Tackett, 2019). STEM adalah pendorong utama inovasi dan teknologi. Perkembangan teknologi yang pesat memerlukan lebih banyak tenaga kerja yang terampil dalam bidang STEM. Peningkatan ketergantungan pada teknologi canggih menciptakan permintaan yang lebih tinggi untuk ahli di bidang ini (Benish, 2018; Nugroho, Permanasari, Firman, & Riandi, 2021; Badan Strategi Kebijakan Dalam Negeri, 2018). Jika siswa mengalami ketakutan terhadap STEM dan kurang minat untuk mengejar karir di bidang ini, negara mungkin kehilangan potensi inovasi dan perkembangan teknologi yang berdampak positif bagi sektor industri dan perekonomian.

METODE

Kegiatan PkM dimulai dengan persiapan materi presentasi, pembuatan modul robot, serta persiapan peralatan untuk perakitan modul robot.

Pelaksanaan pelatihan pembuatan robot *line follower* dibagi menjadi 3 kegiatan. Kegiatan pertama adalah pemaparan materi pendukung, yang

menjadi dasar teori dari pembuatan robot *line follower*. Prinsip dasar dari robot *line follower* adalah menggunakan sensor untuk mendeteksi garis atau jalur, dan kemudian menyesuaikan gerakannya.

Kegiatan kedua adalah perakitan serta pengujian robot *line follower* oleh para siswa. Para siswa diberikan toolkit pembuatan robot *line follower* yang terdiri dari sensor inframerah, modul driver motor, motor DC, roda, baterai, kabel jumper, PCB bolong-bolong sebagai rangka robot, dan berbagai sekrup untuk memasang komponen pada rangka robot. Robot yang selesai dirakit kemudian diuji pada arena berwarna dasar putih yang diberikan garis hitam memakai lakban berwarna hitam Arena yang dibuat memiliki dua tingkat kesulitan. Tingkat pertama adalah arena dengan garis berbentuk oval sedangkan tingkat berikutnya adalah arena dengan garis berbentuk angka delapan.

Untuk menambah semangat para siswa, kegiatan ketiga adalah lomba. Robot yang sudah dirakit oleh masing-masing siswa dilombakan untuk akurasi dan kecepatannya. Pemenang dari lomba dapat membawa pulang robot yang sudah dirakitnya.

Survey yang digunakan untuk mengukur minat para siswa terhadap materi pelatihan serta Program Studi Teknik Elektro tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Pertanyaan Survey

No.	Daftar Pertanyaan (pilihan jawaban)
1	Siapakah anda?
2	Apa mata pelajaran yang paling anda sukai?
3	Apa mata pelajaran yang paling tidak anda sukai?
4	Program studi apa yang ingin anda tekuni saat masuk universitas?
5	Saya sudah pernah merakit robot sebelum mengikuti training ini. (Ya / Tidak) Sebelum mengikuti pelatihan ini, saya rasa kegiatan merakit komponen listrik dan mekanik seperti merakit robot itu ...
6	(Sulit dan tidak menyenangkan / Sulit tapi menyenangkan / Mudah dan tidak menyenangkan / Mudah dan menyenangkan)
7	Setelah mengikuti pelatihan ini, saya rasa kegiatan merakit komponen listrik dan mekanik

- seperti merakit robot itu ...
(Sulit dan tidak menyenangkan / Sulit tapi menyenangkan / Mudah dan tidak menyenangkan / Mudah dan menyenangkan)
Setelah mengikuti pelatihan ini, saya rasa teori rangkaian listrik itu ...
- 8 (Sulit dan tidak menyenangkan / Sulit tapi menyenangkan / Mudah dan tidak menyenangkan / Mudah dan menyenangkan)
Setelah mengikuti pelatihan ini, saya rasa teori mekanika itu ...
- 9 (Sulit dan tidak menyenangkan / Sulit tapi menyenangkan / Mudah dan tidak menyenangkan / Mudah dan menyenangkan)
Sebelum mengikuti pelatihan ini, saya berpikir belajar di Program Studi Teknik Elektro itu ...
- 10 (Sulit dan tidak menyenangkan / Sulit tapi menyenangkan / Mudah dan tidak menyenangkan / Mudah dan menyenangkan)
Setelah mengikuti pelatihan ini, saya berpikir belajar di Program Studi Teknik Elektro itu ...
- 11 (Sulit dan tidak menyenangkan / Sulit tapi menyenangkan / Mudah dan tidak menyenangkan / Mudah dan menyenangkan)
Bagian paling menyenangkan dari pelatihan ini adalah ...
- 12 (Penjelasan teori / Percobaan merangkai robot / Perlombaan robot)
Bagian paling bermanfaat dari pelatihan ini adalah ...
- 13 (Penjelasan teori / Percobaan merangkai robot / Perlombaan robot)
- 14 Tujuan anda ikut workshop ini?
- 15 Komentar dan saran untuk penyelenggara acara ini.



Gambar 1. Presentasi dan Perakitan Robot Sesi 1



Gambar 2. Presentasi dan Perakitan Robot Sesi 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemaparan Materi Pendukung dan Perakitan Robot *Line Follower*

Dalam rangkaian PkM Program Studi Teknik Elektro UPH, kegiatan pelatihan pembuatan robot *line follower* ini telah dilaksanakan tiga sesi pelatihan dengan siswa dari sekolah yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 3. Presentasi dan Perakitan Robot Sesi 3

Dari ketiga sesi pelatihan yang sudah dilakukan, terlihat adanya peningkatan antusias siswa siswa peserta saat perakitan dan pengujian robot *line follower*, dibandingkan saat pemaparan materi pendukung. Namun, ada perbedaan antusias antara sesi pertama dengan sesi kedua dan ketiga.

Pada sesi pertama, setelah mencoba merakit selama kurang lebih satu setengah jam, 5 dari 7 robot yang dirakit berhasil melewati ujian arena berbentuk oval namun tidak ada yang berhasil melewati ujian arena berbentuk angka 8. Pada sesi kedua, dalam waktu perakitan kurang lebih setengah jam sudah ada 2 robot yang berhasil melewati ujian arena berbentuk lingkaran, dan dalam waktu kurang lebih 45menit hampir semua dari 10 robot yang dirakit sudah berhasil melewati ujian arena berbetuk lingkaran dan setengahnya sudah berhasil melewati ujian arena berbentuk angka delapan. Hal ini dikarenakan robot yang dipakai di semua sesi adalah modul robot yang sama, yang dibongkar setelah kegiatan untuk dipakai lagi di sesi berikutnya, Saat pembongkaran, tidak dilakukan pengacakan ulang pada kecepatan motor serta sensitifitas sensor yang menjadi kunci untuk membuat robot dapat berjalan mengikuti garis.

Keberhasilan yang lebih mudah diraih oleh para siswa di sesi kedua dan ketiga berdampak pada penurunan antusias siswa pada saat kegiatan perakitan dan pengujian robot. Hal ini sesuai dengan teori flow dari yang digunakan pada pemaparan konsep *fun learning* berdasarkan tiga teori psikologi: teori *flow*, teori *grit* dan teori *growth mindset* (Martoyo et al., 2018). Teori psikologis *FLOW*, dikembangkan oleh Mihaly Csikszentmihalyi, menggambarkan pengalaman yang optimal saat seseorang sepenuhnya terlibat dalam aktivitas yang dilakukan. *FLOW* terjadi ketika seseorang merasa sepenuhnya terfokus, tertantang, dan terlibat dalam tugas yang sesuai dengan tingkat keterampilan mereka (Csikszentmihalyi, 2014). Faktor kunci yang mendukung terjadinya *FLOW* adalah adanya keseimbangan antara tingkat kesulitan tugas dan tingkat keterampilan seseorang.

Hal lain yang menurunkan antusiasme siswa di sesi ketiga adalah pengaturan para siswa yang merakit robot dalam kelompok. Pada sesi pertama dan kedua, mayoritas siswa merakit robotnya masing-masing. Pada sesi kedua dan ketiga, siswa pelatihan merakit robot secara berkelompok. Satu kelompok terdiri dari dua sampai tiga orang yang bekerjasama merakit satu modul robot. Hal ini dapat menyebabkan beberapa siswa merasa kurang terlibat dan kurang memiliki kesempatan untuk benar-benar terlibat dalam pengalaman "*hands-on*" yang aktif dan mendalam. Rasa kurang memiliki kendali atas proses belajar dan kurangnya kesempatan untuk berpartisipasi secara aktif dapat menyebabkan siswa kehilangan minat dan antusiasme dalam belajar, terutama bagi siswa yang lebih suka belajar melalui pengalaman langsung dan interaktif (Afriana, Permanasari, & Fitriani, 2016; Blumenfeld et al., 1991)

2. Hasil Survey

Dari pengisian survey di akhir pelatihan, ada beberapa pertanyaan yang hasilnya menarik untuk dibahas. Survey pelatihan ini diisi oleh 7 siswa pada sesi 1, 11 siswa pada sesi 2, dan 17 siswa pada sesi 3. Tabel 2 sampai dengan Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan persentase pilihan

jawaban para siswa untuk beberapa pertanyaan tersebut.

Tabel 2 menunjukkan persentase pilihan jawaban para siswa untuk pertanyaan no 7 (Tabel 1). Dari hasil perhitungan persentase untuk setiap sesi, maupun gabungan seluruh sesi pelatihan, sekitar 91-100% siswa memilih di antara dua pilihan jawaban yaitu sulit tapi menyenangkan, serta mudah dan menyenangkan. Hanya 3-9% siswa yang memilih sulit dan tidak menyenangkan, mudah tapi tidak menyenangkan, atau jawaban mereka sendiri, biasa saja. Hal ini menunjukkan, dari kegiatan pelatihan yang sudah dilakukan, para siswa berpendapat kegiatan merakit komponen listrik dan mekanik adalah kegiatan yang menyenangkan. Meskipun, secara keseluruhan, yang merasa hal tersebut sulit lebih banyak sekitar 20% daripada yang merasa hal tersebut mudah.

Tabel 2. Persentase Jawaban Pertanyaan No.7

Pilihan Jawaban	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Gabungan tiga Sesi
Sulit dan tidak menyenangkan	0%	9%	0%	3%
Sulit tapi menyenangkan	86%	45,5%	53%	57%
Mudah tapi tidak menyenangkan	0%	0%	0%	0%
Mudah dan menyenangkan	14%	45,5%	41%	37%
Other: (Biasa saja)	0%	0%	6%	3%

Berkaitan dengan Tabel 2 yang menunjukkan pendapat para siswa setelah pelatihan, Tabel 3 menunjukkan perubahan pendapat para siswa dari sebelum pelatihan sampai setelah pelatihan, melalui jawaban untuk pertanyaan no 6 dan no 7 (Tabel 1). Hasil perhitungan persentase di setiap sesi dan gabungan seluruh sesi memperlihatkan pola yang sama. Dari data gabungan tiga sesi didapatkan penurunan sebesar 3% untuk yang merasa sulit dan tidak menyenangkan, penurunan 17% untuk yang merasa sulit tapi menyenangkan, penurunan 3% untuk yang merasa mudah tapi tidak menyenangkan, dan peningkatan 23% untuk yang merasa mudah dan

menyenangkan. Hal ini menunjukkan kegiatan pelatihan telah menggeser pendapat sekitar 23% siswa tentang merakit komponen listrik dan mekanik, dari suatu hal yang tidak menyenangkan menjadi menyenangkan, serta dari suatu hal yang sulit menjadi suatu hal yang mudah.

Tabel 3. Selisih Persentase Jawaban Pertanyaan No.6 dan No.7

Pilihan Jawaban	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Gabungan tiga Sesi
Sulit dan tidak menyenangkan	0%	0%	6%	3%
Sulit tapi menyenangkan	0%	36%	12%	17%
Mudah tapi tidak menyenangkan	0%	0%	6%	3%
Mudah dan menyenangkan	0%	-36%	-24%	-23%
Other: (Biasa saja)	0%	0%	0%	0%

Tabel 4 menunjukkan persentase pilihan jawaban para siswa untuk pertanyaan no 11 (Tabel 1). Dari hasil perhitungan persentase untuk setiap sesi, maupun gabungan seluruh sesi pelatihan, sekitar 88-100% siswa memilih di antara dua pilihan jawaban yaitu sulit tapi menyenangkan, serta mudah dan menyenangkan. Hanya 3-12% siswa yang memilih sulit dan tidak menyenangkan, mudah tapi tidak menyenangkan, atau jawaban mereka sendiri, biasa saja. Hal ini menunjukkan, dari kegiatan pelatihan yang sudah dilakukan, para siswa berpendapat Program Studi Teknik Elektro adalah Program Studi yang menyenangkan. Meskipun, secara keseluruhan, yang merasa Program Studi Teknik Elektro adalah Program Studi yang sulit ada lebih banyak sekitar 60% daripada yang merasa mudah.

Tabel 4. Persentase Jawaban Pertanyaan No.11

Pilihan Jawaban	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Gabungan tiga Sesi
Sulit dan tidak menyenangkan	0%	0%	6%	3%

Sulit tapi menyenangkan	100%	64%	76%	77%
Mudah tapi tidak menyenangkan	0%	0%	0%	0%
Mudah dan menyenangkan	0%	36%	6%	17%
Other: (Biasa saja)	0%	0%	6%	3%

Berkaitan dengan Tabel 4 yang menunjukkan pendapat para siswa setelah pelatihan, Tabel 5 menunjukkan perubahan pendapat para siswa dari sebelum pelatihan sampai setelah pelatihan, melalui jawaban untuk pertanyaan no 10 dan no 11 (Tabel 1). Mayoritas hasil perhitungan persentase di setiap sesi, serta gabungan seluruh sesi, memperlihatkan pola yang sama. Dari data gabungan tiga sesi didapatkan penurunan sebesar 37% untuk yang merasa sulit dan tidak menyenangkan, peningkatan 31% untuk yang merasa sulit tapi menyenangkan, penurunan 3% untuk yang merasa mudah tapi tidak menyenangkan, dan peningkatan 8% untuk yang merasa mudah dan menyenangkan. Hal ini menunjukkan pelatihan yang dilakukan tidak secara significant mengubah pendapat para siswa mengenai tingkat kesulitan belajar di Program Studi Teknik Elektro, namun terlihat adanya pergeseran pendapat yang signifikan dari para siswa yang awalnya berpendapat Program Studi Teknik Elektro adalah Program Studi yang tidak menyenangkan, menjadi Program Studi yang menyenangkan.

Tabel 5. Selisih Persentase Jawaban Pertanyaan No.10 dan No.11

Pilihan Jawaban	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Gabungan tiga Sesi
Sulit dan tidak menyenangkan	29%	46%	35%	37%
Sulit tapi menyenangkan	-43%	-19%	-35%	-31%
Mudah tapi tidak menyenangkan	0%	0%	6%	3%
Mudah dan menyenangkan	14%	-27%	0%	-8%
Other: (Biasa	0%	0%	0%	0%

saja)

Hal yang menarik lainnya dapat dilihat pada Tabel 6 yang menunjukkan hasil perhitungan persentase jawaban untuk pertanyaan nomor 12 dan 13 (Tabel 1). Hasil perhitungan persentase sekitar 27-29% siswa menyadari bahwa penjelasan teori adalah bagian dari kegiatan yang bermanfaat meskipun tidak menyenangkan. Dan sekitar 12-18% siswa berpendapat perlombaan robot ada kegiatan yang menyenangkan namun tidak bermanfaat. Dapat dilihat juga mayoritas peserta berpendapat kegiatan yang menyenangkan sekaligus bermanfaat adalah kegiatan percobaan merangkai robot.

Tabel 6. Persentase Jawaban Pertanyaan No.12 dan No.13

Pilihan Jawaban	Sesi 1		Sesi 2		Sesi 3	
	no.12	no.13	no.12	no.13	no.12	no.13
Percobaan merangkai robot	86%	71%	82%	73%	82%	65%
Perlombaan robot	14%	0%	18%	0%	12%	0%
Penjelasan teori	0%	29%	0%	27%	6%	35%

KESIMPULAN

Pelatihan pembuatan robot, seperti robot *line follower*, yang menerapkan teori psikologis *FLOW* dapat menjadi faktor penting dalam meningkatkan minat siswa terhadap bidang *STEM*. Dengan merancang aktivitas perakitan robot dengan tingkat kesulitan yang tepat, di mana siswa dapat merakit sendiri komponen listrik dan mekanik tanpa terlalu sulit atau terlalu mudah, siswa dapat lebih merasa terlibat dan bersemangat.

Dengan masing-masing siswa merakit sendiri, bukan berkelompok, pengalaman *hands-on* menjadi lebih intens dan pribadi, yang dapat meningkatkan perasaan prestasi dan membangun rasa percaya diri dalam kemampuan mereka. Hal ini pada gilirannya dapat mempengaruhi persepsi positif siswa terhadap kegiatan merakit komponen

listrik dan mekanik, serta memberikan dampak positif terhadap pandangan mereka terhadap Program Studi Teknik Elektro.

Dari survei yang diisi oleh 35 siswa pelatihan, terdapat perubahan pendapat sebelum dan sesudah pelatihan mengenai merakit komponen listrik dan mekanik, yaitu penurunan sebesar 3% untuk yang merasa sulit dan tidak menyenangkan, penurunan 17% untuk yang merasa sulit tapi menyenangkan, penurunan 3% untuk yang merasa mudah tapi tidak menyenangkan, dan peningkatan 23% untuk yang merasa mudah dan menyenangkan. Didapatkan juga perubahan pendapat mengenai Program Studi Teknik Elektro, sebelum dan sesudah pelatihan, yaitu penurunan sebesar 37% untuk yang merasa sulit dan tidak menyenangkan, peningkatan 31% untuk yang merasa sulit tapi menyenangkan, penurunan 3% untuk yang merasa mudah tapi tidak menyenangkan, dan peningkatan 8% untuk yang merasa mudah dan menyenangkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan PkM ini didukung oleh LPPM UPH dengan nomor proposal PM-06-FaST/VII/2023.

REFERENSI

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to stem to enhance elementary school's students scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261-267.
- Akpinar, E., Yıldız, E., Tatar, N., & Ergin, Ö. (2009). Students' attitudes toward science and technology: an investigation of gender, grade level, and academic achievement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2804-2808.
- Badan Strategi Kebijakan Dalam Negeri. (2018, 7 Mei). Studi: Indonesia akan Kekurangan 18 Juta Tenaga Kerja Ahli pada 2030.
- Benish, S. (2018). Meeting STEM workforce demands by diversifying STEM. *Journal of Science Policy & Governance*, 13(1), 1-6.

- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Csikszentmihalyi, M. (2014). Learning, "flow," and happiness. In *Applications of flow in human development and education* (pp. 153-172). Springer, Dordrecht.
- Henry, M. A., Shorter, S., Charkoudian, L. K., Heemstra, J. M., Le, B., & Corwin, L. A. (2021). Quantifying fear of failure in STEM: modifying and evaluating the Performance Failure Appraisal Inventory (PFAI) for use with STEM undergraduates. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-28.
- Martoyo, I., et al. (2018). Lokakarya Fun Learning dengan Flow, Grit & Growth Mindset. *Jurnal Sinergitas PKM & CSR*, 3(1), 35-43.
- Mosley, P., Ardito, G., & Scollins, L. (2016). Robotic cooperative learning promotes student STEM interest. *American Journal of Engineering Education*, 7(2), 117-128.
- Nelson, K. L., Nelson, L. K. K., McDaniel, J. R., & Tackett, S. (2019). Majoring in STEM: How the factors of fear of failure, impostor phenomenon, and self-efficacy impact decision-making. *National Social Science Journal*, 52(1), 76.
- Nugroho, O. F., Permanasari, A., Firman, H., & Riandi, R. (2021). The urgency of STEM education in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(2), 260-279.
- Zhang, J. L., Xu, W. W., Yang, T., Lai, I. K. W., & Wong, L. P. (2018, July). Robots—stimulating Interest and motivating learning in science and technology. In *2018 International Symposium on Educational Technology (ISET)* (pp. 226-229). IEEE.