



## **Arduino Coding Workshop for Rover Navigation: Penguatan Kompetensi STEM Guru IPA**

Hanna Nurul Husna<sup>1\*</sup>, Lilit Rusyati<sup>2</sup>, Amaira Utami<sup>3</sup>, Riana Nurismawati<sup>4</sup>,  
Ari Widodo<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universitas Pendidikan Indonesia Bandung Indonesia

\*Penulis Koresponden, email: hannanurulhusna@upi.edu

Diterima: 04-03-2026

Disetujui: 09-04-2026

---

---

### **Abstrak**

Perkembangan teknologi dan tuntutan revolusi industri 4.0 mendorong kebutuhan pendidikan berbasis STEM, namun guru IPA di Indonesia masih menghadapi tantangan dalam menguasai teknologi seperti robotika. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi guru IPA dalam mengintegrasikan *coding* Arduino untuk navigasi Rover bertema eksplorasi ruang angkasa. *Workshop* dilaksanakan oleh Prodi Pendidikan IPA FPMIPA UPI bekerja sama dengan *Korean Astronomical Society* (KAS), diikuti oleh 30 peserta dari wilayah Bandung Raya. Kegiatan mencakup pemaparan konsep Rover dan sesi *coding* menggunakan Arduino IDE. Hasil evaluasi dari 28 responden menunjukkan skor rata-rata lebih dari 4 pada skala *Likert*, mengindikasikan respons positif terhadap manfaat kegiatan. Peserta yang awalnya skeptis terhadap teknologi menunjukkan peningkatan antusiasme dan motivasi. *Workshop* berbasis *hands-on* seperti ini direkomendasikan guna pembangunan masyarakat mewujudkan ekosistem pembelajaran STEM yang berkelanjutan di Indonesia.

**Kata Kunci:** astronomi, workshop, penguatan kompetensi guru, STEM

### **Abstract**

The advancement of technology and the demands of Industry 4.0 have heightened the need for STEM-based education; however, science teachers in Indonesia continue to face challenges in mastering technologies such as robotics. This community service activity aimed to enhance science teachers' competency in integrating Arduino coding for Rover navigation within a space exploration learning theme. The workshop was conducted by the Science Education Study Program of FPMIPA UPI in collaboration with the Korean Astronomical Society (KAS), involving 30 participants from the Greater Bandung area. Activities included presentations on Rover concepts and hands-on coding sessions using the Arduino IDE. Evaluation results from 28 respondents showed an average score above 4 on a Likert scale, indicating positive responses toward the program's benefits. Participants who were initially skeptical about technology demonstrated increased enthusiasm and motivation. Hands-on workshops of this nature are recommended for community development to build a sustainable STEM learning ecosystem in Indonesia.

**Keywords:** astronomy, workshop, strenghtengin teachers competency, STEM

## Pendahuluan

Teknologi telah berkembang sangat pesat terutama di bidang kecerdasan buatan (AI), robotika, dan sistem komputasi dan telah mengubah aspek kehidupan manusia. Perkembangan teknologi ini mendorong tumbuhnya revolusi industri 4.0, yang menuntut kebutuhan tenaga kerja terampil yang bisa dicapai melalui STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) (Kushnir et al. 2024). Kondisi ini menjadikan lulusan yang memiliki kemampuan di bidang STEM menjadi prioritas di berbagai negara termasuk Indonesia. Hal ini disebabkan karena STEM bukan hanya sekedar empat bidang ilmu saja, tapi integrasi diantara keempatnya dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan berpikir kreatif (Rizaldi, Nurhayati, and Fatimah 2020).

Di Indonesia, astronomi tidak diajarkan secara khusus dalam kurikulum di tingkat SMP/SMA, tapi pelaksanaannya diintegrasikan dalam mata pelajaran Fisika. Biasanya berdasarkan pemaparan dari guru, astronomi diajarkan secara intensif melalui kegiatan ekstrakurikuler atau *science club*. Kondisi ini cukup berbeda dengan kelas IPA di luar negeri yang memiliki kelas atau topik khusus yang mengkaji astronomi.

Kegiatan eksplorasi ruang angkasa telah menjadi salah satu motivator paling kuat untuk pembelajaran STEM, memanfaatkan daya tarik inspirasional dari program luar angkasa untuk mendorong minat siswa dalam sains dan teknologi (Kushnir et al. 2024). Pendekatan pembelajaran yang menggunakan simulasi misi Mars terbukti efektif dalam mempertahankan minat siswa dari tingkat sekolah menengah hingga perguruan tinggi dalam pemrograman dan desain robotika (Alleyne, Mayo, and Robinson 2012; Patel et al. n.d.; West et al. 2017). Robotika dan proyek eksplorasi ruang angkasa menyediakan platform ideal untuk menunjukkan aplikasi nyata dari matematika dan sains, memberikan pengalaman desain yang intens yang mengembangkan keterampilan abad ke-21 (Howard and Graham n.d.).

Meskipun pentingnya pembelajaran STEM telah diakui secara global, Indonesia masih menghadapi tantangan signifikan dalam implementasi pendidikan STEM. Tantangan implementasi pendidikan STEM di Indonesia bermula dari kesulitan guru dalam menguasai teknologi seperti robotika (Prihatiningrum et al. 2022). Oleh karena itu, *workshop* berbasis Arduino dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kompetensi pedagogis guru. Arduino dipilih sebagai media pembelajaran karena perangkat ini bersifat *open-source* dengan beban biaya minimal (West et al. 2017), sehingga memungkinkan untuk direplikasi implementasinya di sekolah.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memiliki tujuan untuk meningkatkan kompetensi guru-guru IPA dalam mengintegrasikan teknologi

robotika berbasis Arduino dengan tema eksplorasi ruang angkasa dalam pembelajaran STEM menggunakan Rover. Dengan memanfaatkan Arduino sebagai platform pembelajaran yang terjangkau dan mudah diakses, kegiatan ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengisi gap permasalahan dalam mempelajari IPA, robotika, dan IoT. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk membangun ekosistem pembelajaran STEM berkelanjutan dengan pembentukan komunitas praktisi untuk berbagi pengalaman dan sumber pembelajaran. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya berfokus pada transfer pengetahuan dan keterampilan teknis, tetapi juga pada pembangunan masyarakat dalam kapasitasnya secara jangka panjang untuk meningkatkan kualitas pendidikan STEM di Indonesia, sejalan dengan prioritas nasional untuk meningkatkan jumlah lulusan STEM dan literasi sains siswa Indonesia.

## Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan sebagai bagian dari rangkaian acara yang diselenggarakan oleh Prodi Pendidikan IPA FPMIPA UPI bekerja sama dengan *Korean Astronomical Society (KAS)* yang berjudul *Astronomy Workshop for Science Teacher*. *Workshop* ini dirancang untuk membekali guru dengan pengetahuan dan keterampilan mengenai perangkat Rover dan bagaimana *coding* dapat digunakan untuk membuat dan memodifikasi pergerakan Rover.

Subjek dari kegiatan ini adalah guru-guru, dosen, mahasiswa, dan penggiat di bidang Pendidikan IPA yang dipilih melalui seleksi sebanyak 30 orang yang berasal dari wilayah Bandung Raya. Pelaksanaan kegiatan dilakukan oleh civitas akademika Prodi Pendidikan IPA yang meliputi dosen dan mahasiswa.

Tahapan persiapan yang dilakukan meliputi pengumpulan, seleksi, dan pendataan peserta *workshop*; persiapan teknis administrasi; persiapan pemenuhan alat dan bahan yang diperlukan saat *workshop*; pembagian tugas personel yang akan terlibat dalam kegiatan; serta jenis metode publikasi yang akan dilakukan. Peserta diminta untuk membawa laptop di hari pelaksanaan kegiatan untuk membantu mereka dalam melakukan koding.

Kegiatan inti di sesi ini dimulai dengan pemaparan materi mengenai perangkat Rover yang disampaikan oleh Tim KAS mengenai konsep, fungsi, dan prinsip kerja dari Rover. Kegiatan selanjutnya diikuti dengan *workshop coding* menggunakan Arduino yang disusun sebagai bagian utama pada Rover. Prototipe Rover ini dikembangkan oleh tim KAS sendiri sebagai media untuk membantu guru dalam mengajarkan astronomi pada siswa di kelas.

Di akhir kegiatan *workshop*, peserta melakukan sesi diskusi dan tanya jawab secara interaktif dengan tim pemateri mengenai pengalaman mereka

*input* dan modifikasi kode serta bagaimana pengaruhnya pada pergerakan Rover. Selain itu, mereka juga diminta untuk melakukan refleksi berdasarkan aktivitas yang sudah mereka lakukan. Peserta kemudian diminta mengisi kuesioner melalui *Google Form* untuk menyampaikan evaluasi dan testimoni pelaksanaan kegiatan *workshop*. Kuesioner terdiri dari enam pertanyaan tertutup yang dijawab dengan memilih pilihan jawaban pada Skala Likert 1-5 (1 – Sangat Tidak Setuju sampai 5 – sangat setuju) dan juga tiga pertanyaan terbuka. Data respon peserta dianalisis secara deskriptif.

## Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru IPA dalam menggunakan dan mengimplementasikan *coding* dalam pembelajaran IPA - astronomi khususnya pada topik eksplorasi di Mars menggunakan Rover. Sesi pertama dari *workshop* ini disampaikan oleh Sungju Jang dan Hyeondong Jang yang meliputi materi mengenai konsep, fungsi, dan prinsip kerja dari Rover. Pematerian disampaikan dengan bahasa Korea kemudian alih bahasanya dibantu dengan menggunakan AI penerjemah dan komunikasi lisan oleh moderator. Pemateri memaparkan bahwa prototipe Rover dibuat oleh tim sendiri dengan menggunakan Arduino sebagai replika dari Rover yang digunakan untuk eksplorasi Mars.

Gambar 1 menunjukkan sesi pematerian yang disampaikan oleh Sungju Jang mengenai konsep, fungsi, dan prinsip kerja dari Rover. Beliau juga menampilkan video yang menunjukkan bagaimana Rover digunakan di Mars sambil menunjukkan prototipe Rover. Rover didefinisikan sebagai kendaraan permukaan tak berawak yang dirancang untuk melakukan eksplorasi ilmiah, pengamatan, dan pengambilan sampel pada tubuh langit dengan keterbatasan komunikasi waktu nyata dari Bumi, sehingga memerlukan kemampuan otonom dasar hingga lanjutan (Schenker et al. 2003; Toupet et al. 2026).

Gambar 1.  
Pemaparan materi sesi pertama



Peran utama Rover mencakup mobilitas lintas medan, akuisisi data ilmiah, dan interaksi terjadwal dengan sistem orbital atau pusat kendali di Bumi untuk pengembalian data dan perintah operasi (Toupet et al. 2026). Rover memiliki prinsip kerja yang menggabungkan pergerakan mekanis, penginderaan lingkungan, estimasi posisi, dan perencanaan jalur untuk mencapai tujuan misi secara aman dan efisien; strategi ini diimplementasikan melalui lapisan pengendalian motor, pengawasan prediktif, dan perencanaan jalur tingkat tinggi (Matthies et al. 2022). Prinsip kerja dari Rover ini diadaptasi dan direplikasi dalam bentuk prototipe yang menggabungkan Arduino dan sensor dalam melakukan pergerakan.

Di sesi kedua, kegiatan berfokus pada *workshop coding* untuk mengatur pergerakan dan navigasi dari Rover. Peserta terlebih dahulu diarahkan untuk duduk sesuai dengan kelompoknya yang kemudian didampingi oleh masing-masing fasilitator. Fasilitator pada kegiatan ini dipilih berdasarkan keahlian mereka pada bidang astronomi. Mereka merupakan mahasiswa pasca sarjana Prodi Pendidikan IPA UPI, guru IPA SMA Labschool UPI, dan mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika UPI. Setelah peserta terkoneksi dengan baik, pemateri mulai mendemonstrasikan bagaimana Rover bergerak berdasarkan perintah yang diberikan melalui *coding* pada *platform* Arduino. Beliau kemudian mempersilakan peserta untuk meng-*install platform* Arduino-IDE dan juga set *coding* yang telah mereka sediakan melalui *link Google Drive* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2.  
Sesi kedua pemaparan *coding* pada *Arduino*



Peserta telah berhasil meng-*install* Arduino-IDE. Pemateri selanjutnya menjelaskan langkah-langkah untuk meng-*import* set *coding* ke dalam Arduino-IDE yang diikuti oleh seluruh peserta. Pemateri pun meminta peserta untuk menjalankan beberapa perintah kode untuk waktu tunggu (*delay time*), pergerakan maju dan mundur, serta deteksi rintang halangan. Pemateri menjelaskan setiap bagian-bagian dari *coding* dan fungsi nya untuk memudahkan peserta untuk memahami bagian bagian tersebut.

Gambar 3.  
Contoh tampilan *coding* pada *Arduino*

```

1  int trigPin = 13;
2  int echoPin = 12;
3
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600); //set Serial speed
6      pinMode(trigPin, OUTPUT); //trig pin output
7      pinMode(echoPin, INPUT); //echo pin input
8  }
9
10 void loop() {
11     long duration, distance;
12     digitalWrite(trigPin, HIGH); //urn on trig(ultrasonic transmission)
13     delayMicroseconds(10);
14     digitalWrite(trigPin, LOW); //turn off trig
15     duration = pulseIn(echoPin, HIGH); //Save ultrasonic reception time
16     distance = ((float)(340 * duration) / 10000) / 2;
17     Serial.print("distance:"); //display distance from object
18     Serial.print(distance);
19     Serial.println("cm");
20     delay(500);

```

Selanjutnya, peserta dimotivasi untuk melakukan modifikasi pada beberapa variabel dan melihat bagaimana hal tersebut berpengaruh terhadap pergerakan Rover. Beberapa peserta terlihat antusias dalam memodifikasi variabel dalam Arduino IDE dan bersorak saat modifikasinya berjalan sesuai yang diinginkan. Semua aktifitas ini dapat dilaksanakan dengan baik dengan bantuan dan bimbingan dari para pemateri, dosen, dan fasilitator (Gambar 3).

Gambar 4.

Sesi *workshop* para peserta



Secara umum, pelaksanaan workshop berlangsung dengan baik dan mendapat antusiasme yang tinggi dari peserta. Hal ini terlihat dari tingginya partisipasi dan keaktifan peserta dalam menerapkan langkah-langkah yang diinstruksikan oleh pemateri, memodifikasi variabel, serta memberikan respon terhadap pergerakan Rover. Evaluasi kegiatan workshop dilakukan berdasarkan kuesioner yang diisi oleh peserta.

Terdapat 28 orang dari 30 orang peserta yang mengisi kuesioner yang terdiri dari 32% laki-laki (9 orang) dan 68% perempuan (19 orang) berasal dari UPI (sebagai mahasiswa), dosen, dinas pendidikan, SMA, serta SMP. Di antara 28 orang ini, terdapat memiliki pengalaman mengajar kurang dari 1 tahun 35,7% (10 orang); 1 - 5 tahun sebanyak 14,3% (4 orang), dan sisanya 50% (14 orang) memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun. Respon peserta *workshop* terhadap kegiatan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Respon peserta *workshop* terhadap kegiatan

No.	Pertanyaan	Respon
1	<i>Workshop</i> ini <i>meningkatkan</i> pemahaman saya mengenai relevan dengan Pelajaran IPA di sekolah.	4,75 / 5
2	Aktivitas <i>hands-on</i> (rover) relevan dengan konteks mengajar saya.	4,79 / 5
3	Setelah pelatihan ini, saya memahami bagaimana cara Rover bekerja untuk eksplorasi Mars.	4,29 / 5
4	Setelah pelatihan ini, saya memahami bagaimana Rover bekerja dengan sensor untuk menghindari halangan.	4,43 / 5
5	Kode yang disediakan untuk menjalankan Arduino itu mudah untuk dipahami dan diikuti.	4,04 / 5
6	Saya dapat membayangkan teknologi di masa depan yang menggunakan <i>Arduino</i> dan sensor, yang telah dipelajari ini terutama di bidang astronomi dan IPA.	4,11 / 5

Berdasarkan hasil yang disajikan pada tabel 1, diketahui bahwa rata-rata respon peserta *workshop* untuk masing-masing item pertanyaan tertutup memperoleh skor lebih dari 4 untuk Skala Likert, yang merepresentasikan penilaian pada kategori Baik dan Sangat baik. Secara umum, hasil ini menggambarkan bahwa peserta memberikan apresiasi positif terhadap pelaksanaan acara serta kebermanfaatan materi dan keterampilan yang telah dipelajari untuk bisa diimplementasikan dalam pembelajaran IPA di sekolah.

Aktivitas *hands-on* menempati posisi respon yang paling tinggi, sementara itu, proses *coding* pada Arduino memperoleh skor yang paling kecil dibandingkan semua kategori. Pada proses *coding*, banyak peserta yang merasa kesulitan meskipun sudah disediakan set-nya. Hal ini disebabkan karena langkah-langkah didemonstrasikan begitu cepat dan peserta belum bisa mengikuti dengan tempo yang sama, serta masih terdapat barrier Bahasa walaupun sudah dibantu dengan AI dan penerjemah. Peserta berusaha untuk mengikuti dan mengaplikasikan langkah-langkah yang diarahkan, dan akhirnya peserta sampai di tahap akhir untuk *running code*. Setelah peserta *running code* dan baterai dinyalakan, Rover mulai bergerak. Rover bergerak maju, mendeteksi rintangan, mundur, dan kemudian bergerak ke arah yang lain yang tidak menghadapi rintangan. Gerakan-gerakan ini sesuai dengan *code* yang di-*running* oleh peserta. Di tahap ini peserta menunjukkan ketertarikan dan antusiasme nya. Beberapa peserta bersorak, dan bahkan bermain-main dengan rintangan agar Rover ber-*manuver*. Proses *coding* di awal memang cukup menurunkan atensi dan motivasi dari peserta, tapi pada saat *code* sudah di-*running* dan Rover menunjukkan pergerakan, peserta kembali aktif dan bersemangat.

Untuk mengukur respon peserta secara lebih luas, pertanyaan terbuka diberikan kepada peserta. Dari aspek perubahan persepsi tentang pembelajaran astronomi, semua peserta memberikan respon yang bagus. Beberapa respon

yang dikemukakan adalah:

“Menjadi lebih menarik, simple tapi bermakna dan enjoy sekali”

“It opened my perspective about how we can exemplify and try to discuss about how universe works at least for things around us. Plus the tools that are suitable to be used in terms of school levels and teaching practices”

“It can be delivered with a lot of DIY and relate it into their surrounding as well”

Respon dari peserta ini menunjukkan adanya perubahan perspektif dari yang pada mulanya skeptis tentang apa yang bisa dilakukan untuk eksperimen IPA-astronomi menjadi bersemangat dan termotivasi untuk menerapkannya di kelas.

Guru seringkali menunjukkan sikap skeptisisme terhadap integrasi teknologi di kelas karena faktor-faktor seperti hambatan teknis dan fasilitas (Mallik, Liu, and Kapila 2023), hambatan kompetensi, kurangnya dukungan lembaga, serta munculnya kekhawatiran yang mempengaruhi kesiapan mereka (Pacala et al. 2025; Shin 2020; Türkoguz and Sefer 2019). Pelaksanaan *workshop* yang berfokus pada STEM-*coding* dan robotik dapat menjadi salah satu cara dalam mengubah sikap guru karena kegiatan ini menyajikan pengalaman belajar secara langsung. Pengalaman langsung (*hands-on*) adalah faktor utama yang mendorong peningkatan *self-efficacy* guru karena aktivitas ini mendukung untuk penyelesaian tugas praktis (merakit, memprogram, dan menguji robot) (Türkoguz and Sefer 2019), observasi hasil (Hamner et al. 2016), umpan balik teknis dan pedagogis (Ensign 2017; Silva et al. 2023), serta paparan berulang dari platform yang dapat menurunkan kecemasan teknologi (Ensign 2017). Dengan demikian, meskipun guru menunjukkan sikap awal yaitu skeptisisme pada integrasi teknologi pada pembelajaran di kelas, tapi seiring dengan berjalannya waktu, kegiatan *workshop* yang berbasis *hands-on* dapat menambah pengetahuan dan keterampilan sehingga guru dapat meningkatkan kepercayaan diri dan kompetensi pedagogisnya untuk implementasi di kelas.

## Penutup

Peserta telah memberikan respon positif terhadap kegiatan *workshop* ini yang merupakan hasil kerjasama dari Prodi Pendidikan IPA UPI dengan KAS Korea Selatan. Peserta menilai bahwa kegiatan ini memberikan manfaat secara pengetahuan dan teknis pedagogis untuk membelajarkan konsep Astronomi di kelas.

Kegiatan yang dilakukan ini berkontribusi terhadap perkembangan pengetahuan dan kompetensi bagi guru-guru dalam integrasi teknologi terkini dengan pembelajaran IPA dalam pembuatan prototipe produk. Kegiatan pembangunan masyarakat selanjutnya dapat dilakukan dengan pelatihan

pengembangan modul ajar/*lesson plan* berbasis IoT dan STEM serta melaksanakan kegiatan *open class* untuk implementasi modul ajar ini di kelas.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prodi Pendidikan IPA UPI dan KAS Korea Selatan. Atas dukungan fasilitas serta partisipasi tim dosen dan mahasiswa, pelaksanaan kegiatan ini telah berjalan dengan baik.

### Daftar Pustaka

- Alleyne, Camille Wardrop, Susan Mayo, and Julie Ann Robinson. 2012. *Inspiring the Next Generation: International Space Station Education Opportunities and Accomplishments 2000-2012*.
- Ensign, Todd I. 2017. "Elementary Educators' Attitudes about the Utility of Educational Robotics and Their Ability and Intent to Use It with Students." West Virginia University Libraries.
- Hamner, Emily, Jennifer Cross, Lauren Zito, Debra Bernstein, and Karen Mutch-Jones. 2016. "Training Teachers to Integrate Engineering into Non-Technical Middle School Curriculum." Pp. 1–9 in *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE.
- Howard, Ayanna, and Eva Graham. n.d. "To Encourage And Excite The Next Generation Of Engineers Through Human Robot Interaction Projects For Space Exploration." Pp. 12.1494.1-12.1494.11 in *2007 Annual Conference & Exposition Proceedings*. ASEE Conferences.
- Kushnir, Nataliya, Nataliya Valko, Nataliya Osipova, and Tatiana Bazanova. 2024. "Experience of Foundation STEM-School." in *CEUR Workshop Proceedings*.
- Mallik, Abhidipta, Dongdong Liu, and Vikram Kapila. 2023. "Analyzing the Outcomes of a Robotics Workshop on the Self-Efficacy, Familiarity, and Content Knowledge of Participants and Examining Their Designs for End-of-Year Robotics Contests." *Education and Information Technologies* 28(6):7225–64. doi:10.1007/s10639-022-11400-1.
- Matthies, Larry, Andrew Kennett, Laura Kerber, Abigail Fraeman, and Robert C. Anderson. 2022. "Prospects for Very Long-Range Mars Rover Missions." Pp. 1–11 in *2022 IEEE Aerospace Conference (AERO)*. IEEE.
- Pacala, Frank Angelo, Anvar Turaev, Ulug'bek Sharipovich, and Akmal Addumuminov. 2025. "Professional Development Programs For Stem In-Service-Teachers In Arduino Technology: A Systematic Review." *Information Technologies and Learning Tools* 109(5):237–56. doi:10.33407/itlt.v109i5.6049.
- Patel, Srujal, Maria-Isabel Carnasciali, Melissa Whitson, and Daniel Schrage. n.d. "Board 119: Innovative Mars Exploration Education and Technology Program: Development of an Informal Learning Curriculum (Work in Progress)." in *2018 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*. ASEE Conferences.
- Prihatiningrum, Novi, Muhammad Hablul Barri, Brahmantya Aji Pramudita, Azam Zamhuri Fuadi, Istiqomah Istiqomah, and Faisal Budiman. 2022.

- “Workshop Arduino Untuk Menunjang Pembelajaran Stem Untuk Guru Ipa Smp.” *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)* 6(5). doi:10.31764/jmm.v6i5.9783.
- Rizaldi, Dedi Riyan, Eris Nurhayati, and Ziadatul Fatimah. 2020. “The Correlation of Digital Literation and STEM Integration to Improve Indonesian Students’ Skills in 21st Century.” *International Journal of Asian Education* 1(2):73–80. doi:10.46966/ijae.v1i2.36.
- Schenker, Paul S., Terry L. Huntsberger, Paolo Pirjanian, Eric T. Baumgartner, and Eddie Tunstel. 2003. “Planetary Rover Developments Supporting Mars Exploration, Sample Return and Future Human-Robotic Colonization.” *Autonomous Robots* 14(2–3):103–26. doi:10.1023/A:1022271301244.
- Shin, Won Sug. 2020. “An Analysis of Teachers’ TPACK on Robotics in Education.” *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* 21(6).
- Silva, Ricardo, Fernando Martins, José Cravino, Paulo Martins, Cecília Costa, and J. Bernardino Lopes. 2023. “Using Educational Robotics in Pre-Service Teacher Training: Orchestration between an Exploration Guide and Teacher Role.” *Education Sciences* 13(2):210. doi:10.3390/educsci13020210.
- Toupet, Olivier, Masahiro Ono, Tyler del Sesto, Mark Maimone, and Michael McHenry. 2026. “Enhanced Autonomous Navigation on the Perseverance Mars Rover.”
- Türkoguz, Suat, and Fatma Sefer. 2019. “Investigation of the Effects of Arduino-Supported Analytical Chemistry Experiments on Pre-Service Teachers’ Self-Efficacy toward Information Technologies.” *Kuramsal Eğitimbilim* 1164–92. doi:10.30831/akukeg.409775.
- West, Jonathan, Nader Vadiee, Alexander McMahan, Katrina Lake, Brandon Ray, and Tomczak Billie. 2017. “From Classroom Arduinos to Missions on Mars: Making STEM Education Accessible and Effective through Remotely Operated Robotics.” Pp. 88–95 in *2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*. IEEE.