

EFEKTIVITAS PENERAPAN FLIPPED CLASSROOM DENGAN IMAGE PROCESSING UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMROGRAMAN KOMPUTER PADA MAHASISWA TEKNIK MESIN

EFFECTIVENESS OF FLIPPED CLASSROOM IMPLEMENTATION WITH IMAGE PROCESSING TO ENHANCE COMPUTER PROGRAMMING SKILLS AMONG MECHANICAL ENGINEERING STUDENTS

Primawati⁽¹⁾, Fazrol Rozi⁽²⁾, Rizki Ema Wulansari⁽³⁾, Febri Prasetya⁽⁴⁾, Ambiyar⁽⁵⁾, Fiki Efendi⁽⁶⁾

^{(1), (3), (4), (5), (6)} Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

⁽²⁾ Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Padang

Padang 21562, Indonesia

primawati@ft.unp.ac.id

fazrol@pnp.ac.id

rizkyema@ft.unp.ac.id

febriprasetya@ft.unp.ac.id

ambiyar@ft.unp.ac.id

fikiefendi@ft.unp.ac.id

Abstrak

Pengajaran pemrograman komputer dalam konteks teknik mesin sering kali terbatas pada konsep-konsep dasar, tanpa penerapan langsung dalam kasus-kasus teknik mesin yang konkret. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan *image processing* dalam pembelajaran pemrograman komputer melalui pendekatan *flipped classroom*, dengan fokus pada aplikasi dalam memprediksi laju korosi. Penelitian ini dilakukan dalam dua siklus di kelas pemrograman komputer bagi mahasiswa teknik mesin. Pada siklus pertama, metode pembelajaran *case method* digunakan. Mahasiswa diberikan modul ajar tentang *image processing* dengan MATLAB dan kasus studi prediksi laju korosi yang harus dipelajari sebelum pertemuan kelas. Pertemuan kelas digunakan untuk diskusi, bimbingan, dan tes untuk mengukur pemahaman dan keterampilan mahasiswa, dengan hasil ketuntasan sebesar 60%. Siklus kedua menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis proyek tim (*team-based project*). Mahasiswa dibagi menjadi kelompok kecil, diberi waktu untuk berdiskusi, dan mengerjakan proyek bersama. Tes yang dilakukan setelah pembelajaran menunjukkan peningkatan ketuntasan hingga 82,31%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *flipped classroom* yang dikombinasikan dengan pembelajaran berbasis proyek tim dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis mahasiswa dalam *image processing*. Implikasi praktis dari penelitian ini termasuk relevansinya dalam meningkatkan efektivitas pengajaran pemrograman komputer dalam pendidikan teknik mesin.

Kata Kunci : *Image Processing, Flipped Classroom, Case Method, Team-Based Project, Evaluasi.*

Abstract

Teaching computer programming in the context of mechanical engineering often remains limited to basic concepts, without direct application to concrete mechanical engineering cases. This study aims to evaluate the effectiveness of implementing image processing in computer programming education through the flipped classroom approach, focusing on its application in predicting corrosion rates. The research was conducted in two cycles in a computer programming class for mechanical engineering students. In the first cycle, the case method of teaching was employed. Students were provided with instructional modules on image processing with MATLAB and a case study on corrosion rate prediction to be studied before the class meeting. The class meetings were utilized for discussion, guidance, and testing to measure students' understanding and skills, with a completion rate of 60%. The second cycle used a team-based project learning approach. Students were divided into small groups, given time for discussion, and worked on the project together. The test conducted after the learning process showed an increase in the completion rate to 82.31%. The research results indicate that the flipped classroom approach combined with team-based project learning can enhance students' understanding and practical skills in image processing. The practical implications of this study include its relevance in improving the effectiveness of teaching computer programming in mechanical engineering education.

Keywords : *Image Processing, Flipped Classroom, Case Method, Team-Based Project, Evaluation*

I. Pendahuluan

Pemrograman memiliki peran yang sangat penting dalam pendidikan teknik, termasuk teknik mesin, karena memberikan kemampuan analitis dan logis yang diperlukan untuk memecahkan masalah teknis yang kompleks (Singer & Smith, 2013). Kemampuan ini juga mendukung otomatisasi tugas, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi kesalahan manusia dalam proses teknis (Beemt et al., 2022). Dengan keterampilan pemrograman, insinyur dapat mengembangkan solusi inovatif dan efisien untuk tantangan teknik dalam industri (Lyon & Magana, 2021). Oleh karena itu, pemahaman dasar-dasar pemrograman menjadi suatu keharusan bagi mahasiswa teknik mesin untuk mempersiapkan mereka menghadapi dunia kerja yang semakin digital dan berbasis teknologi (Abbott et al., 2019).

Pada program studi teknik mesin, pemrograman komputer perlu diarahkan untuk menyelesaikan kasus-kasus nyata (Goti et al., 2020). Hal ini penting karena pemrograman bukanlah tujuan utama dari pembelajaran di jurusan ini, melainkan alat untuk mencapai tujuan yang lebih besar (Terano et al., 2022). Dengan mengaplikasikan pemrograman dalam konteks nyata, mahasiswa dapat melihat langsung manfaat dan relevansi dari keterampilan yang mereka pelajari (Lyon et al., 2022). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep teknis, tetapi juga memotivasi mereka untuk belajar lebih lanjut karena mereka dapat melihat aplikasi praktis dari pengetahuan mereka (Lyon et al., 2020). Salah satu contoh penerapan pemrograman di teknik mesin adalah penggunaan *image processing* untuk prediksi laju korosi (Lam et al., 2021). Dengan menggunakan *image processing*, mahasiswa dapat menganalisis citra dari permukaan material untuk mengidentifikasi tanda-tanda korosi dan memprediksi laju penyebarannya (Earl et al., 2018). Teknik ini efektif dalam mengidentifikasi dan memprediksi korosi, sehingga membuat pembelajaran tentang korosi menjadi lebih interaktif dan aplikatif (Lee et al., 2022).

Menggunakan kasus nyata dalam pembelajaran telah terbukti memberikan dampak positif yang signifikan bagi mahasiswa (Yoon et al., 2019). Dari segi pengetahuan, mereka menjadi lebih memahami teori dan konsep yang diajarkan karena dapat melihat penerapannya secara langsung (Müller et al., 2018). Selain itu, keterampilan teknis (*hardskill*) mereka juga meningkat karena mereka belajar untuk mengimplementasikan solusi nyata menggunakan alat dan teknik yang relevan (Figueiredo et al., 2020). Tak kalah penting, *softskill* seperti pemecahan masalah, kerja sama tim, dan komunikasi juga terasah melalui kerja pada proyek-proyek nyata (Allahverdi, 2021). Pendekatan berbasis proyek ini meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan menghasilkan

pembelajaran yang lebih mendalam dan bermakna (Darma et al., 2022).

Meskipun penggunaan kasus nyata dalam pembelajaran sudah menunjukkan banyak manfaat, sayangnya belum ada evaluasi yang komprehensif terkait efektivitas pendekatan ini terhadap ketercapaian capaian pembelajaran di jurusan teknik mesin (Rhee, 2018). Evaluasi yang sistematis dan terstruktur diperlukan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari pendekatan ini, serta untuk mengembangkan strategi perbaikan yang diperlukan guna memastikan pembelajaran yang lebih efektif dan efisien ("An Experiential Learning Project to Bridge the Gap Between Programming and CAD", 2021). Evaluasi pembelajaran yang berkelanjutan sangat penting untuk memastikan bahwa tujuan pendidikan tercapai dengan baik ((Zaher & Damaj, 2018).

Mengetahui hasil evaluasi dari pembelajaran berbasis kasus nyata sangat penting untuk memastikan bahwa proses pembelajaran berjalan sesuai dengan target yang telah ditetapkan (Nieke et al., 2021). Evaluasi ini membantu dalam mengukur ketercapaian capaian pembelajaran serta efektivitas metode yang digunakan (Singh et al., 2018). Dengan memahami hasil evaluasi, pengajar dapat melakukan penyesuaian dan perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran (Habib & Deshotel, 2018). Selain itu, evaluasi juga memberikan umpan balik yang berharga bagi mahasiswa tentang kemajuan mereka dan area yang perlu diperbaiki (Barneveld, 2018). Oleh karena itu, evaluasi yang rutin dan menyeluruh menjadi kunci untuk mencapai pembelajaran yang berkualitas dan sesuai dengan tujuan pendidikan (Collie et al., 2020). Dalam konteks meningkatkan efektivitas pembelajaran di bidang teknik mesin, metode *flipped classroom* telah terbukti menjadi solusi yang efektif (Låg & Sæle, 2019). Metode ini memungkinkan mahasiswa untuk lebih aktif dan terlibat dalam pembelajaran, serta memberikan kesempatan bagi pengajar untuk memberikan bimbingan dan dukungan yang lebih personal (Divjak et al., 2022). Implementasi *flipped classroom* telah terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran (Al-Samarraie et al., 2019).

II. Metode Penelitian

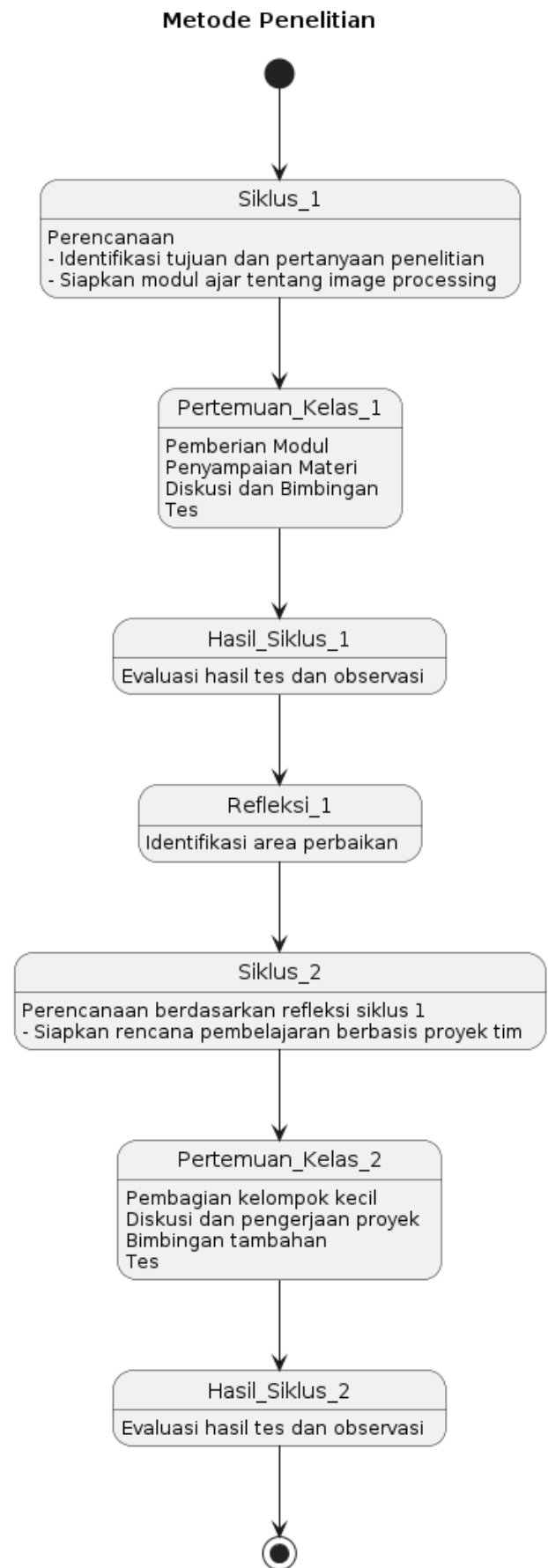
Sampel dari penelitian ini adalah mahasiswa semester 4 program studi Teknik Mesin yang mengambil mata kuliah Pemrograman Komputer, yang berjumlah 13 orang. Penelitian ini menggunakan metode penelitian tindakan kelas (PTK) untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran *image processing* dalam pembelajaran pemrograman komputer bagi mahasiswa teknik mesin. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua siklus, dengan pendekatan berbeda di setiap siklus untuk

mengoptimalkan hasil belajar mahasiswa.

Pada siklus pertama, metode yang digunakan adalah case method. Siklus ini dimulai dengan perencanaan yang cermat, di mana tujuan penelitian dan pertanyaan penelitian diidentifikasi secara jelas. Modul ajar yang mencakup konsep dasar *image processing* dengan MATLAB disiapkan dan diberikan kepada mahasiswa sebelum pertemuan kelas. MATLAB yang digunakan merupakan versi trial dari R22b. Mahasiswa diharapkan mempelajari modul tersebut secara mandiri. Saat pertemuan kelas, materi tentang image processing dan kasus studi terkait prediksi laju korosi pada besi menggunakan MATLAB disampaikan. Mahasiswa kemudian diberikan waktu untuk mengerjakan kasus studi ini dengan bimbingan dari pengajar. Observasi dilakukan untuk memantau respons dan partisipasi mahasiswa serta mencatat interaksi mereka dengan pengajar. Setelah itu, dilakukan tes untuk mengukur pemahaman dan keterampilan mahasiswa.

Pada siklus kedua, metode yang digunakan adalah *team-based project*. Berdasarkan refleksi dan evaluasi dari siklus pertama, siklus kedua dirancang dengan pendekatan yang berbeda untuk meningkatkan hasil belajar. Mahasiswa dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil dan diberikan waktu untuk berdiskusi serta mengerjakan proyek bersama dalam satu kelompok. Materi pembelajaran yang sama digunakan, namun dengan tambahan bimbingan dari pengajar selama diskusi kelompok. Mahasiswa didorong untuk berkolaborasi dalam kelompok mereka untuk menyelesaikan proyek yang diberikan, yang juga berkaitan dengan prediksi laju korosi menggunakan MATLAB. Observasi kembali dilakukan untuk memantau interaksi antar anggota kelompok dan tingkat keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Setelah proses pembelajaran kelompok selesai, tes dilakukan lagi untuk mengukur pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Hasil dari siklus kedua kemudian dievaluasi dan dibahas bersama tim pengajar untuk mengevaluasi kemajuan dan efektivitas pendekatan pembelajaran.

Berikut bentuk diagram alir dari metode penelitian ini :



Gambar 2.1. Alur penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan

penting yang menggambarkan efektivitas penggunaan pendekatan case method dan team-based project dalam pembelajaran image processing di kelas pemrograman komputer untuk mahasiswa teknik mesin.

1. Siklus Pertama: Case Method

Pada siklus pertama, mahasiswa diberikan modul ajar tentang image processing menggunakan MATLAB, yang dipelajari secara mandiri sebelum pertemuan kelas. Selama pertemuan kelas, mahasiswa mempelajari materi lebih mendalam melalui penyampaian langsung dari pengajar dan diberikan sebuah kasus studi untuk memprediksi laju korosi pada besi menggunakan MATLAB. Observasi dilakukan untuk memantau respons dan partisipasi mahasiswa serta mencatat interaksi mereka dengan pengajar. Setelah sesi pembelajaran, tes diberikan untuk mengukur pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Hasil tes menunjukkan bahwa hanya 60% mahasiswa yang mencapai ketuntasan dalam pemahaman dan penerapan konsep yang diajarkan.

2. Siklus Kedua: Team-Based Project

Berdasarkan evaluasi dari siklus pertama, siklus kedua menggunakan pendekatan *team-based project* untuk memperbaiki hasil belajar mahasiswa. Mahasiswa dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil dan diberikan waktu untuk berdiskusi serta mengerjakan proyek bersama. Materi pembelajaran yang sama tetap digunakan, namun ditambah dengan bimbingan dari pengajar selama diskusi kelompok. Observasi kembali dilakukan untuk memantau interaksi antar anggota kelompok dan tingkat keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Setelah proses pembelajaran selesai, tes diberikan kembali untuk mengukur pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Hasil dari siklus kedua menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan 82,31% mahasiswa mencapai ketuntasan.

Peningkatan dari 60% ketuntasan pada siklus pertama menjadi 82,31% pada siklus kedua menunjukkan bahwa metode *team-based project* lebih efektif dibandingkan dengan *case method* dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa.



Gambar 2. Proses pembelajaran di Kelas

Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang menggabungkan metode flipped classroom dengan pembelajaran berbasis proyek tim efektif dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa teknik mesin dalam image processing menggunakan

MATLAB (Ijamaru et al., 2021). Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis, tetapi juga membantu mahasiswa mengembangkan soft skills yang penting dalam dunia teknik, seperti kemampuan bekerja dalam tim, komunikasi, dan pemecahan masalah secara kolaboratif (Cho et al., 2021). Observasi menunjukkan bahwa mahasiswa yang terlibat dalam proyek tim cenderung lebih aktif, termotivasi, dan berpartisipasi secara aktif, yang pada akhirnya berkontribusi pada hasil belajar yang lebih baik (Cho et al., 2021).

Penerapan metode flipped classroom dalam penelitian ini memberikan manfaat signifikan dengan menyediakan materi pembelajaran sebelum pertemuan kelas, memungkinkan mahasiswa untuk mempersiapkan diri dan memahami dasar-dasar teori secara mandiri (Collado-Valero et al., 2021). Hal ini memungkinkan waktu kelas digunakan secara lebih efektif untuk diskusi, penerapan konsep, dan penyelesaian masalah praktis (Collado-Valero et al., 2021). Flipped classroom juga memberikan fleksibilitas bagi mahasiswa untuk belajar dengan kecepatan mereka sendiri, sehingga mereka dapat lebih mudah mengikuti materi yang mungkin sulit (Collado-Valero et al., 2021).

Meskipun penelitian ini memberikan wawasan yang berharga, terdapat keterbatasan yang perlu diperhatikan, seperti ukuran sampel yang kecil dan durasi penelitian yang singkat (González-Velasco et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan durasi yang lebih panjang diperlukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang efektivitas metode ini (González-Velasco et al., 2021).

Dengan demikian, pendekatan flipped classroom yang dikombinasikan dengan pembelajaran berbasis proyek tim terbukti sebagai strategi yang efektif dalam meningkatkan pembelajaran image processing dalam pemrograman komputer bagi mahasiswa teknik mesin. Implementasi pendekatan ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi pengembangan kurikulum dan metode pengajaran di program studi teknik mesin serta dapat diterapkan secara luas dalam mata kuliah lainnya untuk meningkatkan hasil belajar dan keterampilan mahasiswa.

IV. Kesimpulan

Pemrograman memiliki peran yang sangat penting dalam pendidikan teknik, khususnya teknik mesin, karena memberikan kemampuan analitis dan logis yang diperlukan untuk memecahkan masalah teknis yang kompleks. Dengan keterampilan pemrograman, mahasiswa dapat mengembangkan solusi inovatif dan efisien untuk tantangan teknik dalam industri. Implementasi pemrograman dalam konteks nyata, seperti penggunaan image processing untuk prediksi laju korosi, memberikan manfaat yang signifikan bagi

mahasiswa dalam memahami konsep teknis dan aplikasi praktis dari pengetahuan mereka. Pendekatan berbasis proyek dan kasus nyata telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian tindakan kelas (PTK) untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran image processing dalam pembelajaran pemrograman komputer bagi mahasiswa teknik mesin. Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa pendekatan team-based project lebih efektif dibandingkan dengan case method dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Kombinasi antara flipped classroom dan pembelajaran berbasis proyek tim terbukti menjadi strategi yang efektif dalam mengajar pemrograman komputer dengan aplikasi image processing bagi mahasiswa teknik mesin. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis, tetapi juga mengembangkan soft skills yang esensial bagi mahasiswa dalam dunia profesional.

Implikasi dari temuan ini adalah bahwa pendekatan pembelajaran yang melibatkan kolaborasi dalam kelompok dan proyek berbasis tim dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa dalam pembelajaran image processing menggunakan MATLAB. Penerapan metode flipped classroom yang dikombinasikan dengan pembelajaran berbasis proyek tim dapat diterapkan secara lebih luas dalam mata kuliah lainnya untuk meningkatkan hasil belajar dan keterampilan mahasiswa. Selain itu, pendekatan ini juga dapat digunakan untuk mengatasi tantangan dalam pengajaran topik-topik yang kompleks dan memerlukan pemahaman mendalam serta aplikasi praktis.

Meskipun penelitian ini memberikan wawasan yang berharga, terdapat keterbatasan yang perlu diperhatikan, seperti ukuran sampel yang kecil dan durasi penelitian yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan durasi yang lebih panjang diperlukan untuk memperkuat temuan ini. Secara keseluruhan, pendekatan flipped classroom yang dikombinasikan dengan pembelajaran berbasis proyek tim menawarkan strategi yang efektif dalam meningkatkan pembelajaran teknik mesin, mempersiapkan mahasiswa untuk menghadapi tantangan di dunia kerja yang semakin kompleks dan berbasis teknologi.

Referensi

- Abbott, D., Chipika, S., & Wilson, G. (2019). The Potential of Problem-based Learning to Enhance Engineering Education in African Universities. *Journal of International Development*, 32(1), 44–61. <https://doi.org/10.1002/jid.3444>
- Allahverdi, A. (2021). Sample Senior Design Projects of Industrial Engineering Program at Kuwait University. *Asean Journal of Engineering Education*, 4(1). <https://doi.org/10.11113/ajee2020.4n1.14>
- Al-Samarraie, H., Shamsuddin, A., & Alzahrani, A. I. (2019). A Flipped Classroom Model in Higher Education: A Review of the Evidence Across Disciplines. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1017–1051. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09718-8>
- Barneveld, A. v. (2018). Engineering Educators' Perceptions of the Influence of Professional/Industry Experience on Their Teaching Practice. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (Ceea)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.10221>
- Beemt, A. v. d., Groothuijsen, S., Özkan, L., & Hendrix, W. H. A. (2022). Remote Labs in Higher Engineering Education: Engaging Students With Active Learning Pedagogy. *Journal of Computing in Higher Education*, 35(2), 320–340. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4>
- Cho, H. J., Zhao, K., Lee, C. R., Runshe, D., & Krousgrill, C. (2021). Active Learning Through Flipped Classroom in Mechanical Engineering: Improving Students' Perception of Learning and Performance. *International Journal of Stem Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00302-2>
- Collado-Valero, J., Rodríguez-Infante, G., Romero-González, M., Gamboa-Ternero, S., Sória, I. N., & Lavigne-Cerván, R. (2021). Flipped Classroom: Active Methodology for Sustainable Learning in Higher Education During Social Distancing Due to COVID-19. *Sustainability*, 13(10), 5336. <https://doi.org/10.3390/su13105336>
- Collie, B., Woodruff, J., & O'Boyle, M. (2020). *Modeling Black-Box Components With Probabilistic Synthesis*. <https://doi.org/10.1145/3425898.3426952>
- Darma, I. K., Suastawa, I. W., & Putrawan, I. M. (2022). Equality of Competencies for Diploma 3 Mechanical Engineering Study Program Graduates of Bali State Polytechnic (BSP) With the Competencies Needed by the World of Work in Bali. *International Research Journal of Engineering It & Scientific Research*, 8(6), 316–322. <https://doi.org/10.21744/irjeis.v8n6.2237>
- Divjak, B., Rienties, B., Iniesto, F., Vondra, P., & Žizak, M. (2022). Flipped Classrooms in Higher Education During the COVID-19 Pandemic: Findings and Future Research Recommendations. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00316-4>

- Earl, A., VanWynsberghe, R., Walter, P., & Straka, T. (2018). Adaptive Education Applied to Higher Education for Sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(6), 1111–1130. <https://doi.org/10.1108/ijsh-08-2017-0131>
- Figueiredo, R., Power, H., Mercer, K., & Borland, M. (2020). Embedding Librarians in Engineering Programs: Three Case Studies With Engineering Students. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (Ceea)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.vi0.14145>
- González-Velasco, C., Feito-Ruiz, I., González-Fernández, M., Álvarez-Arenal, J.-L., & Sarmiento-Alonso, N. (2021). Does the Teaching-Learning Model Based on the Flipped Classroom Improve Academic Results of Students at Different Educational Levels? *Revista Complutense De Educación*, 32(1), 27–39. <https://doi.org/10.5209/rced.67851>
- Goti, A., Akyazi, T., Calle, A. d. l., Oyarbide-Zubillaga, A., & Alberdi, E. (2020). Validation of Real Case Solving (RCS) Methodology as an Efficient Engineering Learning Tool. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 6(4), 198. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040198>
- Habib, E., & Deshotel, M. (2018). Towards Broader Adoption of Educational Innovations in Undergraduate Water Resources Engineering: Views From Academia and Industry. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 164(1), 41–54. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704x.2018.03283.x>
- Ijamaru, G. K., Nwajana, A. O., Oleka, E. U., Otuka, R. I., Ihianle, I. K., Ebebuwa, S. H., & Raymond, E. (2021). Image Processing System Using MATLAB-based Analytics. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(5), 2566–2577. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i5.3160>
- Låg, T., & Sæle, R. G. (2019). Does the Flipped Classroom Improve Student Learning and Satisfaction? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Aera Open*, 5(3), 233285841987048–233285841987048. <https://doi.org/10.1177/2332858419870489>
- Lam, L., Cochrane, T., Rajagopal, V., Davey, K. J., & John, S. (2021). Enhancing Student Learning Through Trans-Disciplinary Project-Based Assessment in Bioengineering. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*, 3(1), 4–5. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v3i1.80>
- Lee, D. I., Park, J., Shin, M., Lee, J., & Park, S. (2022). Characteristics of Real-World Gaseous Emissions From Construction Machinery. <https://doi.org/10.20944/preprints202211.0267.v2>
- Lyon, J. A., Fennell, H. W., & Magana, A. J. (2020). Characterizing Students' Arguments and Explanations of a Discipline-based Computational Modeling Activity. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(4), 837–852. <https://doi.org/10.1002/cae.22256>
- Lyon, J. A., & Magana, A. J. (2021). The Use of Engineering Model-building Activities to Elicit Computational Thinking: A Design-based Research Study. *Journal of Engineering Education*, 110(1), 184–206. <https://doi.org/10.1002/jee.20372>
- Lyon, J. A., Magana, A. J., & Streveler, R. A. (2022). Characterizing Computational Thinking in the Context of Model-Planning Activities. *Modelling—International Open Access Journal of Modelling in Engineering Science*, 3(3), 344–358. <https://doi.org/10.3390/modelling3030022>
- Nieke, M., Sampaio, G., Thüm, T., Seidl, C., Teixeira, L., & Schaefer, I. (2021). Guiding the Evolution of Product-Line Configurations. *Software & Systems Modeling*, 21(1), 225–247. <https://doi.org/10.1007/s10270-021-00906-w>
- Rhee, E. (2018). Teaching Community-Based Learning Course in Retailing Management. *Journal of Marketing Education*, 40(1), 47–55. <https://doi.org/10.1177/0273475317753680>
- Singer, S. R., & Smith, K. A. (2013). Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 468–471. <https://doi.org/10.1002/jee.20030>
- Singh, A., Ferry, D., & Mills, S. C. (2018). Improving Biomedical Engineering Education Through Continuity in Adaptive, Experiential, and Interdisciplinary Learning Environments. *Journal of Biomechanical Engineering*, 140(8). <https://doi.org/10.1115/1.4040359>
- Terano, H. J., Tomenio, F., & Tabal, K. M. (2022). Compliance of Engineering Programs to CDIO Standards. *Journal of Education Management and Development Studies*, 2(4), 40–52. <https://doi.org/10.52631/jemds.v2i4.159>
- Yoon, H. J., Han, K., & Ham, Y. (2019). A Framework of Human-Motion Based Structural Dynamics Simulation Using Mobile Devices. *Sensors*, 19(15), 3258. <https://doi.org/10.3390/s19153258>
- Zaher, A. A., & Damaj, I. (2018). Extending STEM Education to Engineering Programs at the Undergraduate College Level. *International Journal of Engineering Pedagogy (Ijep)*, 8(3), 4–16. <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i3.8402>