

Pelatihan Bioinformatika untuk Meningkatkan Pemahaman Desain Primer PCR pada Mahasiswa Vokasi

Angga Prasetyo^{1*)}, Rasmiyana²⁾, Yulia Rachmawati³⁾

^{1,2,3} Jurusan Teknologi Pertanian

^{1,2,3} Politeknik Negeri Jember

^{1,2,3} Jember, Indonesia

Email: angga_prasetyo@polije.ac.id^{1*)}, Rasmiyana@gmail.com²⁾, Yuliarachmawati@gmail.com³⁾

Abstrak

Perkembangan bioteknologi menuntut penguasaan keterampilan desain primer sebagai tahap penting sebelum amplifikasi DNA melalui PCR. Namun, pemahaman peserta pendidikan vokasi mengenai kriteria desain primer dan penggunaan perangkat bioinformatika masih rendah. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kemampuan peserta dalam merancang dan mengevaluasi primer melalui pelatihan yang diintegrasikan dengan kerangka CDIO. Pelatihan diikuti oleh mahasiswa program studi Teknologi Rekayasa Pangan Politeknik Negeri Jember dengan memanfaatkan platform daring NCBI BLAST. Tahapan CDIO dilaksanakan secara bertahap, mulai dari perumusan ide relevan berbasis kebutuhan industri, praktik langsung perancangan primer, hingga evaluasi hasil kerja. Pelatihan ini memungkinkan peserta memahami alur kerja bioinformatika dasar dan penerapannya pada bidang rekayasa pangan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa peserta memiliki kemampuan baik dalam merancang primer, menerapkan metode, dan bekerja secara individu maupun tim. Sementara itu, kemampuan komunikasi ilmiah dan berpikir kritis masih dalam kategori cukup sehingga memerlukan penguatan melalui pelatihan khusus. Secara keseluruhan, pelatihan ini efektif meningkatkan literasi bioinformatika untuk pengembangan kompetensi vokasi di bidang bioteknologi dan rekayasa pangan.

Kata kunci: literasi, bioinformatika, pelatihan, CDIO

Abstract

The growth of biotechnology requires mastery of primer design skills as an important step before DNA amplification through PCR. However, vocational education participants' understanding of primer design criteria and the use of bioinformatics tools is still low. This community service activity aimed to enhance participants' ability to design and evaluate primers through training integrated with the CDIO framework. The training was attended by students from the Food Engineering Technology at Jember State Polytechnic, utilizing the NCBI BLAST online platform. The CDIO stages were implemented gradually, starting from the formulation of relevant ideas based on industry needs, hands-on practice in primer design, to the evaluation of work results. This training enabled participants to understand the workflow of basic bioinformatics and its application in the field of food engineering. Evaluation results showed that participants had good abilities in designing primers, applying methods, and working individually and in teams. Meanwhile, their scientific communication and critical thinking skills were still in the adequate category, requiring reinforcement through special training. Overall, this training effectively improved bioinformatics literacy for the development of vocational competencies in the fields of biotechnology and food engineering.

Keywords: literacy, bioinformatics, training, CDIO.

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu bioteknologi dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan peningkatan yang pesat, khususnya dalam bidang rekayasa genetika, analisis genetik, dan studi bioinformatika (Hong *et al.*, 2025). Penelitian bioteknologi yang membutuhkan amplifikasi material genetik umumnya dimulai dengan perancangan atau desain primer sebagai langkah awal sebelum dilakukan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) (Kalendar *et al.*, 2024). Kemampuan mendesain primer menjadi kompetensi penting yang perlu dimiliki oleh peserta yang terlibat dalam pendidikan vokasi berbasis bioteknologi dan rekayasa pangan. Penguasaan keterampilan tersebut dibutuhkan dalam berbagai aplikasi, seperti pengujian keamanan pangan, autentikasi bahan pangan, hingga uji toksisitas (Laura & Rukmanidevi, 2023).

Desain primer PCR merupakan salah satu tahapan penting dalam analisis DNA. Primer yang dirancang dengan tepat akan menentukan keberhasilan amplifikasi, keakuratan hasil, dan efisiensi reaksi PCR (Kalendar *et al.*, 2024). Namun, banyak peserta yang masih mengalami tantangan dalam memahami kriteria desain primer, menguji stabilitas pasangan primer, dan memanfaatkan perangkat bioinformatika untuk mendukung proses desain primer. Rendahnya pemahaman ini sering menjadi hambatan dalam pelaksanaan praktikum maupun penelitian dasar yang berbasis bioteknologi pangan (Yuliana *et al.*, 2025).

Pelatihan berbasis bioinformatika menjadi salah satu pendekatan strategis untuk meningkatkan kemampuan peserta dalam memahami desain primer tanpa membutuhkan fasilitas laboratorium yang kompleks. Melalui platform daring, seperti Primer3Plus dan NCBI BLAST, peserta dapat belajar menganalisis sekuens DNA, menentukan pasangan primer yang sesuai, dan mengevaluasi kualitas desain primer secara mandiri (Batubara *et al.*, 2024). Pendekatan ini tidak hanya memberikan pengalaman belajar yang efisien dan terjangkau, tetapi juga relevan dengan kebutuhan kompetensi di era digital.

Metode *Project-based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran yang menekankan pengalaman langsung, pemecahan masalah pada kasus nyata, dan pengembangan keterampilan analitis. Metode PBL terbukti efektif meningkatkan penguasaan konsep, motivasi belajar, serta kemampuan berpikir kritis peserta dalam berbagai konteks pembelajaran sains dan teknologi (Guo *et al.*, 2020). Melalui penerapan PBL dalam pelatihan desain primer, peserta tidak hanya memperoleh pemahaman teoretis, tetapi juga terlibat langsung dalam pengambilan sekuens, merancang primer, mengevaluasi kualitas, hingga melakukan validasi spesifisitas menggunakan software.

Salah satu gen yang relevan untuk digunakan sebagai studi kasus adalah gen lipoksigenase-2 (LOX-2) dari tanaman kedelai (*Glycine max*). Gen ini berperan penting dalam metabolisme lipid, respons stres tanaman, dan menjadi target dalam penelitian pemuliaan dan pangan (Zhu *et al.*, 2024). Penggunaan gen ini sebagai contoh nyata dalam memberikan konteks aplikatif yang dapat membantu peserta memahami tahapan desain primer secara lebih konkret.

Kegiatan ini dilaksanakan untuk menjawab kebutuhan peningkatan literasi bioteknologi, khususnya dalam aspek perancangan primer PCR berbasis bioinformatika. Pelatihan ini bertujuan meningkatkan kemampuan dan pemahaman peserta dalam menerapkan perancangan primer sehingga nantinya dapat diterapkan dalam penelitian bioteknologi dan keamanan pangan. Melalui pelatihan PBL, peserta diharapkan mampu menguasai langkah-langkah analisis sekuens, merancang primer dengan kriteria yang sesuai, dan memahami penggunaan perangkat bioinformatika secara tepat.

2. Metode

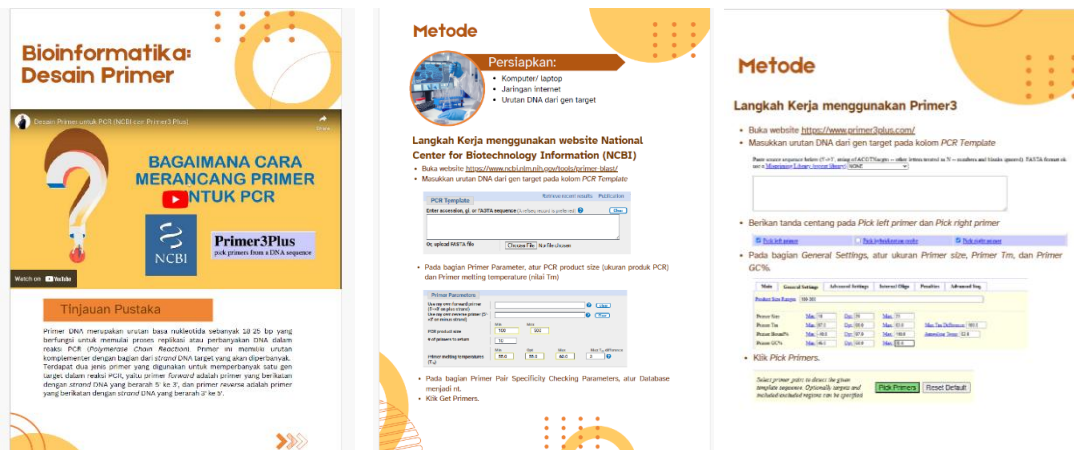
Metode pelaksanaan disusun dengan mengacu pada kerangka CDIO (*Conceive-Design-Implement-Operate*) untuk memastikan bahwa seluruh tahapan pelatihan berlangsung sistematis, partisipatif, dan mampu menghasilkan peningkatan kompetensi yang terukur (Zelmiyanti *et al.*, 2024). Peserta yang terlibat merupakan mahasiswa angkatan 2023 dari program studi Teknologi Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember. Alat dan bahan yang digunakan adalah komputer, internet, dan website bioinformatik seperti Primer3Plus dan NCBI.

Prosedur pelaksanaan diawali dengan tahap pertama, yaitu diskusi untuk mengidentifikasi permasalahan terkait rendahnya pemahaman peserta mengenai dasar-dasar PCR dan desain primer. Tahap kedua, yaitu penyusunan modul pelatihan yang meliputi materi dasar PCR, konsep perancangan primer gen LOX-2 dengan software bioinformatika, dan uji evaluasi primer gen LOX-2 secara *in silico*. Tahap ketiga, yaitu pelaksanaan pelatihan yang terdiri dari pemaparan materi dan pendampingan praktik secara langsung. Tahap terakhir, yaitu evaluasi melalui presentasi dan wawancara lisan untuk menilai pemahaman mahasiswa, keterampilan analitis, dan kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan tahapan bioinformatika yang telah dipraktikkan.

3. Hasil dan Pembahasan

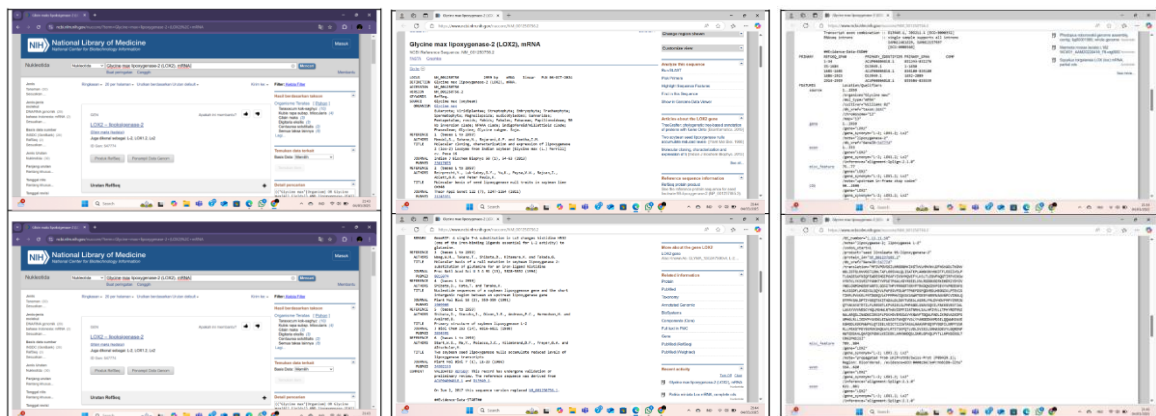
Proses pembelajaran pada pendidikan vokasi menekankan pada penguasaan pengetahuan praktis yang dapat langsung diterapkan di dunia usaha dan industri (Sari *et al.*, 2024). Pendekatan pembelajaran yang relevan untuk mendukung peningkatan keterampilan tersebut, salah satunya adalah *project-based learning* dengan model CDIO. Pendekatan CDIO menekankan pembelajaran yang mempersiapkan peserta didik menjadi praktisi profesional sehingga mampu melaksanakan tahapan *conceive*, *design*, *implement*, hingga *operate* dalam pengembangan suatu produk atau sistem (Zelmiyanti *et al.*, 2024).

Tahapan *conceive* diawali dengan menggali ide inovatif dari peserta berdasarkan kebutuhan industri berbasis bioteknologi atau rekayasa pangan. Tujuan tahap ini adalah membimbing peserta dalam mengembangkan kemampuan konseptual untuk merumuskan ide riset yang relevan dengan kebutuhan industri terutama yang berbasis bioteknologi dan rekayasa pangan (Taroreh & Prasetya, 2025). Rumusan topik hasil diskusi peserta yaitu transformasi gen LOX-2 pada *Escherichia coli* untuk produksi enzim lipoksigenase. Selanjutnya, tahap *design*, yaitu merumuskan ide ke dalam bentuk proposal, yang berisi latar belakang, tinjauan pustaka, hingga metode. Proposal yang telah dibuat kemudian akan dikoreksi oleh dosen pembimbing untuk memastikan ketepatan ilmiah, kesesuaian metodologi, dan kelayakan pelaksanaan. Pada tahap ini peserta juga diarahkan untuk memperbaiki struktur proposal dan memperkuat dasar teoritis. Evaluasi yang diberikan oleh dosen pembimbing berfungsi sebagai umpan balik konstruktif supaya peserta mampu menghasilkan proposal yang sistematis dan bisa diimplementasikan untuk tahap selanjutnya (Sumarna & Riadi, 2024).



Gambar 1. Modul Perancangan Primer

Setelah itu, tahap *implement*, yaitu peserta merancang primer gen LOX-2 berdasarkan proposal yang telah dibuat dan mengikuti modul yang telah disediakan seperti pada Gambar 1. Pada tahap perancangan ini, peserta menggunakan platform daring berupa website NCBI untuk mendesain primer gen LOX-2 seperti pada Gambar 2. Tujuan tahap *implement* pada kegiatan ini adalah memfasilitasi peserta agar mampu menerapkan secara langsung keterampilan perancangan primer yang telah dipelajari. Dengan demikian, peserta diharapkan mampu memahami secara mendalam alur kerja bioinformatika dasar, termasuk pemilihan target sekuens, desain primer dengan parameter spesifik, serta optimasi desain agar sesuai dengan standar PCR. Keberhasilan tahap ini ditandai dengan peserta mampu menghasilkan desain primer sesuai standar PCR.



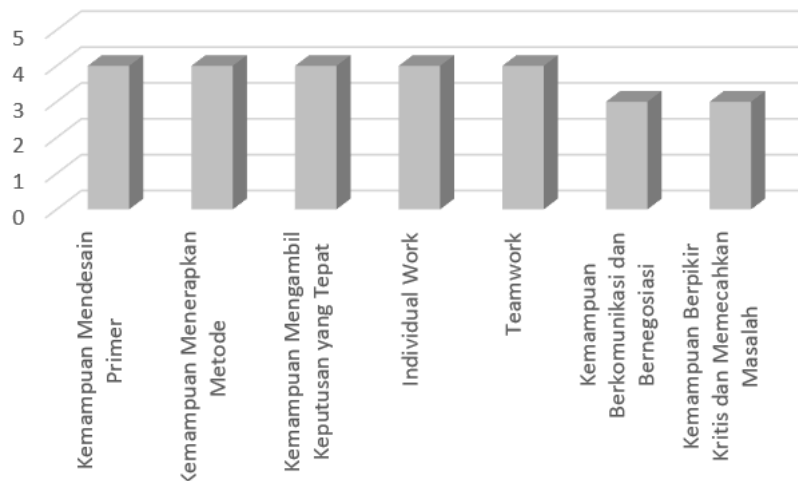
Gambar 2. Hasil Proses Perancangan Primer oleh Peserta

Tahap selanjutnya adalah *operate* dengan melakukan evaluasi terhadap hasil primer yang telah dirancang seperti pada Gambar 3. Pada tahap ini, peserta melakukan uji spesifisitas terhadap primer gen LOX-2 dengan menggunakan platform daring untuk memastikan bahwa pasangan primer mampu mengenali sekuens target secara tepat. Kegiatan evaluasi ini bertujuan menguatkan pemahaman peserta mengenai kualitas desain primer serta pentingnya validasi *in silico* sebelum digunakan pada eksperimen laboratorium. Melalui tahap ini, peserta diharapkan mampu mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan desain yang telah dibuat dan melakukan perbaikan terhadap hasil desain (Saputra *et al.*, 2020).

	Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
✓	Soybean lipoxygenase-2 mRNA, complete cds	Glycine max	40.1	40.1	100%	1.5	100.00%	2766	J03211.1
✓	Glycine max lox2 mRNA for lipoxygenase-2, complete cds	Glycine max	40.1	40.1	100%	1.5	100.00%	2905	D13949.1
✓	Glycine max cultivar Williams 82 clone gmm1-91g6 lipoxygenase L-2 gene, complete cds	Glycine max	40.1	40.1	100%	1.5	100.00%	4076	EU028321.1
✓	Glycine max cultivar Pusa 16 lipoxygenase-2 mRNA, complete cds	Glycine max	40.1	40.1	100%	1.5	100.00%	2603	JQ929619.1
✓	Glycine max lipoxygenase-2 (LOX2), mRNA	Glycine max	40.1	40.1	100%	1.5	100.00%	2959	NM_001250756.2

1701	CGCACTTGCT	AGGCAATCTC	TCATTAATGC	TGATGGCATA	ATAGAGAAAT
1751	CTTTTGTGCC	CTCAAAGCAT	TCCGTTGAGA	TGTCTTCAGC	GGTTTATAAG
1801	AATTGGGTTT	TCACTGATCA	AGCACTACCT	GCAGATCTTA	TCAAGAGAGG
1851	AGTGGCAATT	AAGGATCCAT	CTGCCCCACA	TGGACTTCGA	CTTCTGATAG
1901	AGGACTACCC	TTATGCTGTT	GATGGGCTAG	AGATATGGGC	TGCAATTAAG
1951	ACATGGGTCC	AAGAATATGT	GTCCCTGTAC	TATGCAAGAG	ATGATGATGT
2001	CAAACTGAT	TCTGAACTCC	AACAGTGGTG	GAAAGAAGCT	GTAAGAAAG
2051	GTCATGTTGA	TCTGAAAGAC	AAGCCATGGT	GGCCTAAGTT	GCAACAATAT
2101	GAAGAGCTTG	TTGAAATTG	CACCATATC	ATATGGAGTG	CTTCAGCCCT
2151	CCATGCAGCC	GTTAACTTTG	GTCAATATCC	ATATGGAGGT	TTCATTTCTGA
2201	ATCGCCCAAC	TTCTTCTAGA	AGGTTGCTTC	CTGAGAAAGG	CACCCCAGAA
2251	TATGAAGAAA	TGGTGAAAAG	TCATCAAAAG	GCTTATTTGA	GAACATTTAC
2301	ATCAAAGTTT	CAAACTCTAG	TTGACCTTTC	AGTGATAGAG	ATCTTGTCAA
2351	GGCATGCTTC	TGATGAGGTC	TACCTTGGCC	AAAGGGACAA	CCCACTTTGG
2401	ACCTCTGACT	CAAAAGCATT	ACAAGCCTTT	CAAAAATTTG	GAAACAAGCT
2451	CAAGAAATTT	GAGGAAAAAC	TTGCAAGGAA	GAACAATGAT	CAAAGTCTCT
2501	CCAATCGACT	TGGGCCGGTT	CAACTGCCAT	ACACTTTGCT	CCATCCTAAC
2551	AGTGAGGAAG	GGTTGACTTG	CAGGGGGATT	CCTAATAGCA	TCTCTATCTA
2601	A				

Gambar 3. Hasil Tahap *Operate* oleh Peserta.



Gambar 4. Hasil Evaluasi terhadap Peserta.

Ket: 1= Gagal; 2= Kurang; 3= Cukup; 4= Baik; 5= Sangat Baik

Selain itu, pada tahap *operate*, para peserta juga dievaluasi secara individu dengan 7 indikator seperti pada Gambar 4. Proses evaluasi didasarkan pada pengamatan saat pelaksanaan, wawancara, dan presentasi hasil kerja. Berdasarkan hasil evaluasi capaian peserta, kompetensi yang dikembangkan melalui kegiatan ini mencapai kategori baik pada hampir seluruh aspek yang diukur. Hal ini mencerminkan peserta mampu memahami dan menerapkan prinsip dasar perancangan primer secara baik. Pada aspek kemampuan menerapkan metode dan mengambil keputusan yang tepat termasuk kategori baik, yang menandakan bahwa peserta dapat mengintegrasikan konsep desain primer dengan prosedur praktis secara konsisten.

Pada aspek *individual work* dan *teamwork*, peserta menunjukkan tingkat kemandirian yang baik dalam menyelesaikan tugas analisis dan kemampuan bekerja sama selama diskusi dan penyusunan rancangan proposal. Sementara itu, kemampuan berkomunikasi dan bernegosiasi, kemampuan berpikir kritis dan memecahkan masalah masuk dalam kategori cukup. Hal ini menunjukkan bahwa

aspek komunikasi ilmiah dan kemampuan menyampaikan argumen masih perlu diperkuat dan juga kemampuan mengidentifikasi masalah dan mencari solusi yang relevan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Secara keseluruhan, pelatihan desain primer dengan metode PBL ini berhasil meningkatkan kompetensi peserta dalam perancangan primer, analisis bioinformatika dasar, dan kemampuan bekerja, baik secara individu maupun tim. Namun, beberapa aspek seperti komunikasi ilmiah dan kemampuan berpikir kritis masih memerlukan penguatan dengan mengadakan pelatihan khusus seperti pelatihan presentasi dan diskusi ilmiah secara terstruktur dan sistematis.

4. Kesimpulan

Kegiatan pelatihan desain primer berbasis pendekatan CDIO berhasil meningkatkan kompetensi peserta dalam memahami konsep bioinformatika dasar dan desain primer. Tahap *conceive* dan *design* mendorong peserta merumuskan ide inovatif dan menyusun proposal yang sistematis. Pada tahap *implement* dan *operate*, peserta mampu merancang dan mengevaluasi primer menggunakan platform daring dengan tingkat keberhasilan yang baik. Hasil penilaian menunjukkan aspek kemampuan mendesain primer, menerapkan metode, dan bekerja individu maupun tim memperoleh skor baik. Kegiatan ini efektif meningkatkan kapasitas peserta dan dapat dijadikan model pelatihan untuk pengabdian masyarakat di bidang bioteknologi.

5. Daftar Rujukan

- Batubara, J. W., Gultom, R., Hutagaol, A., Parapat, G. G., & Ariansah, R. (2024). Desain Primer In Silico Untuk Amplifikasi Genus Andaliman Dengan Aplikasi Bioinformatika. *Jurnal Biologi*, 1–8.
- Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102, 101586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
- Hong, W., Ha, S. G., Kwon, H. C., & Lee, S.-J. V. (2025). Brief guide to gene cloning. *Molecules and Cells*, 48(8), 100234. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mocell.2025.100234>
- Kalendar, R., Shevtsov, A., Otarbay, Z., & Ismailova, A. (2024). *In silico PCR analysis : a comprehensive bioinformatics tool for enhancing nucleic acid amplification assays*. *October*, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fbinf.2024.1464197>
- Laura, S. L., & Rukmanidevi, D. (2023). *A Review of PCR , Principle , and Its Applications*. 8(3), 3502–3513. <https://doi.org/10.35629/7781-080335023513>
- Saputra, N. ., Wibawa, A. ., Pujiyanto, U., & Anugrah, P. (2020). Belantika Pendidikan Pengembangan Bahan Ajar Data Mining Menggunakan Four-D Model dalam Kerangka Kerja CDIO. *Belantika Pendidikan*, 3(November), 48–58.
- Sari, R., Achmad, K., Aditya, R., & Siswo, W. (2024). Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan Peran Pendidikan Vokasi dalam Meningkatkan Keterampilan Kerja di Era. *Edukatif; Jurnal Pendidikan*, 6(6), 6853–6862.
- Sumarna, A. D., & Riadi, S. (2024). Project Based Learning CDIO : Sebuah Metode Integrated Learning Untuk Program Studi Akuntansi. *Prosiding Simposium Nasional Akutansi Vokasi*, Vol.12.
- Taroreh, D., & Prasetya, D. (2025). *Pengembangan Model Klasifikasi Teks Berbasis CNN untuk Deteksi Wuku Kurantil*. 35(1), 20–29.
- Yuliana, A., Rangkuty, S. M., & Romora, K. (2025). EFEKTIVITAS VIRTUAL LAB DALAM PEMBELAJARAN. *INDEXIA*, 7(1), 1–10.
- Zelmiyanti, R., Irianto, D., & Riadi, S. (2024). CDIO Framework : A Solution of The Project-Based Learning Problem in Accounting Study Program. *Journal of Applied Managerial Accounting*, 8(1).
- Zhu, J., Chen, L., Li, Z., Wang, W., Qi, Z., Li, Y., Liu, Y., & Liu, Z. (2024). Genome-Wide Identification of LOX Gene Family and Its Expression Analysis under Abiotic Stress in Potato

(*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 25(6).
<https://doi.org/10.3390/ijms25063487>