

PENYELIDIKAN ILMIAH DENGAN PENUGASAN PROYEK UNTUK MENGEMBANGKAN KEMANDIRIAN DAN KEMAMPUAN MENELITI MAHASISWA

Susilawati*, Haibah Wijayanti, Edi Daenuri Anwar

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

*Corresponding author: susilawati@walisongo.ac.id;

ABSTRAK

Penyelidikan ilmiah melalui penugasan proyek sebagai kegiatan pembelajaran yang dipilih untuk meningkatkan kemandirian belajar dan kemampuan meneliti mahasiswa. Penugasan proyek dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari sejumlah mahasiswa yang terlibat dalam pembelajaran Fisika Dasar. Metode penelitian dan pengembangan yang terdiri dari tiga fase utama yaitu analisis, desain, dan evaluasi. Fase analisis melakukan tinjauan literatur dan studi lapangan dalam merencanakan penyelidikan ilmiah melalui penugasan proyek. Fase analisis melakukan identifikasi terhadap faktor kunci pengembangan kegiatan penyelidikan ilmiah, kemandirian dan kemampuan meneliti. Fase desain, membuat produk penelitian mulai dari desain sampai dengan menghasilkan hasil kinerja proyek dan implementasi kegiatan penyelidikan ilmiah. Fase evaluasi ditujukan pada asesmen efektivitas penyelidikan ilmiah melalui penugasan proyek, kemandirian dan kemampuan meneliti mahasiswa. Sampel penelitian diperoleh melalui convenience sampling dengan menentukan secara langsung kelompok eksperimen (n=20) dan kelompok kontrol (n=20) di salah satu universitas di Kota Semarang. Koleksi data dilakukan melalui angket kemandirian belajar dan observasi keterampilan meneliti. Temuan dari penelitian dan pengembangan ini memberikan kontribusi pada kemampuan bahwa penugasan proyek dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan kemandirian dan kemampuan penelitian mahasiswa.

Kata Kunci: penyelidikan ilmiah; penugasan proyek, kemandirian belajar, kemampuan meneliti.

PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering dihadapi mahasiswa dalam melakukan kegiatan eksperimen maupun pengumpulan data penelitian yaitu kurangnya pemahaman konsep fisika dan kesulitan dalam memahami konsep dasar fisika. Selain itu, keterbatasan keterampilan dalam merumuskan masalah, merancang penelitian, melaksanakan penelitian, dan menganalisis data dengan metode ilmiah. Pendekatan pembelajaran yang efektif diperlukan mahasiswa dalam penyelesaian kegiatan proyek. Keterbatasan keterampilan penelitian disebabkan karena mahasiswa belum terbiasa mendesain penelitian, mengoleksi data, menganalisis data, dan menyajikan temuan secara akurat dan sistematis (Ferah & Deniz, 2023). Pengalaman melakukan penelitian memerlukan pendampingan dan fasilitas yang baik untuk mendukung penyelesaian proyek mahasiswa maupun kegiatan penelitiannya (Crujeiras-Pérez, 2022).

Penugasan proyek memberikan tantangan dan membutuhkan waktu untuk mengakses fasilitas yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Penugasan proyek menuntut keterlibatan dan kolaborasi dalam tim, aktif diskusi, komunikasi yang cakap, dan masukan ide-ide ilmiah (Subramaniam, 2023; Wang, *et al.*, 2023). Tantangan dunia kerja dan kehidupan masyarakat akan dapat dihadapi oleh mahasiswa yang memiliki kemandirian dan keterampilan meneliti. Hal ini menyebabkan urgensi bagi mahasiswa mengikuti kegiatan penyelidikan ilmiah berupa penugasan proyek.

Perkembangan globalisasi, teknologi informasi dan penelitian ilmiah sangat urgen untuk menemukan dan menghasilkan pengetahuan baru serta memecahkan masalah. mengatasi berbagai permasalahan kompleks (Ladachart, *et al.*, 2023; Zhang & Van Reet, 2022). Kemampuan meneliti tidak hanya relevan dalam konteks akademik, tetapi juga memiliki implikasi dalam pengembangan masyarakat dan inovasi teknologi (Cullinane, *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penting bagi kegiatan pembelajaran pada tingkat sekolah menengah maupun universitas sangat dibutuhkan untuk memberikan kesempatan kepada mahasiswa mengembangkan kemampuan meneliti.

Penggunaan penugasan proyek dalam pembelajaran dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi tantangan ini dan mengembangkan kemandirian serta kemampuan meneliti mahasiswa. Dalam penugasan proyek, mahasiswa diberi kesempatan untuk menerapkan pengetahuan yang mereka pelajari dalam konteks nyata dan berkolaborasi dengan rekan-rekan sejawat (Aikenhead, 2023; Davidson *et al.*, 2020). Penugasan proyek juga memberikan kesempatan untuk mengasah keterampilan penelitian, seperti merumuskan masalah penelitian, merancang metodologi penelitian, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menyajikan temuan dalam bentuk laporan atau presentasi. Keunggulan penugasan proyek dapat mendorong kemandirian mengatur waktu, manajemen sumber daya, dan menarik kesimpulan dalam menjalankan proyek penelitian (Atias *et al.*, 2023; Scales, 2020). Kegiatan penyelesaian proyek dapat menumbuhkan motivasi berinovasi, keterampilan manajemen waktu, dan tanggung jawab.

Penugasan proyek dapat memperluas wawasan mahasiswa, menjalankan proyek, menganalisis literatur, kolaborasi tim, komunikasi ilmiah dan menghargai

keragaman pendapat. Urgensi kegiatan penyelidikan ilmiah antara lain untuk merencanakan mahasiswa dalam menghadapi tantangan global, meningkatkan kualitas pembelajaran, mengkonstruksi keterampilan praktis, mendorong kreativitas dan keterampilan inovasi, memperkuat koneksi, menggali kearifan lokal (Iriart *et al.*, 2022; Kosie & Lew-Williams, 2022).

Penyelidikan ilmiah mempunyai potensi untuk menumbuhkan kualitas yang bermutu dalam proses perkuliahan di tingkat universitas khususnya dalam perkuliahan fisika dasar. Penyelidikan berupa penugasan proyek mengaktifkan mahasiswa dalam belajar praktis dan menerapkan konsep lebih mendalam dalam kehidupan nyata (Susilawati, *et al.*, 2021; Susilawati & Azizah, *et al.*, 2021). Konstruksi keterampilan praktis yang relevan dengan konteks kehidupan sehari-hari. Proses penyelesaian proyek, mahasiswa diberikan tantangan dan permasalahan yang membutuhkan solusi kreatif dan pemikiran kritis (Chowning, 2022; Thapa *et al.*, 2022; Apiola & Sutinen, 2021). Pendekatan baru dalam menyelesaikan proyek untuk mengkonstruksi keterampilan dan kreativitas. Penugasan proyek menjadi kesempatan bagi mahasiswa mengintegrasikan kearifan lokal misalkan tradisi maupun pengalaman dalam konteks fisika.

Dengan mempertimbangkan urgensi-urgensi kebutuhan kegiatan penyelidikan ilmiah dengan penugasan proyek maka sangat penting untuk mengembangkan kemandirian belajar dan keterampilan meneliti mahasiswa. Hal ini relevan dengan kurikulum merdeka di tingkat sekolah dan MBKM di tingkat universitas yang mengarahkan pembelajaran proyek dan studi kasus. Keaktifan mahasiswa yang terlibat dalam penyelidikan ilmiah dan penyelesaian penugasan proyek menjadi kesempatan bermakna bagi mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan sesuai dengan dinamika dunia kerja.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian R&D (*Research and Development*) sebagai metode penelitian yang diterapkan pada kegiatan penelitian ini. Produk penelitian menghasilkan penugasan proyek dalam bentuk kegiatan penyelidikan ilmiah untuk mengembangkan kemandirian

dan kemampuan meneliti mahasiswa. Prosedur R&D yang telah dilaksanakan terdiri dari fase-fase sistematis (Borg & Gall, 1983).

Fase perencanaan atau analisis dilakukan studi pendahuluan untuk mengembangkan penugasan proyek berupa kegiatan penyelidikan yang efektif dalam meningkatkan kemandirian belajar dan kemampuan meneliti mahasiswa. Analisis dalam studi awal meliputi kajian literatur dan rekomendasi di lapangan mengenai panduan kegiatan penyelidikan ilmiah, panduan observasi dan angket respon siswa. Selanjutnya, fase desain dirancang kegiatan penyelidikan ilmiah dalam penugasan proyek. Langkah merancang penugasan proyek antara lain pengumpulan data, studi kasus, kriteria penilaian, validasi ahli dan perbaikan rancangan penugasan proyek. Implementasi penyelidikan ilmiah dengan penugasan proyek oleh mahasiswa untuk mendesain proyek, mengumpulkan dan menganalisis data serta menyajikan temuan hasil penelitian.

Fase evaluasi sebagai penilaian penyelidikan ilmiah dengan penugasan proyek untuk meningkatkan kemandirian belajar dan kemampuan meneliti. Instrumen penelitian meliputi angket kemandirian belajar dan observasi penugasan proyek oleh mahasiswa. Identifikasi keunggulan dan kekurangan penyelidikan ilmiah dengan penugasan proyek dievaluasi dan dijadikan dasar untuk memperbaiki perangkat penyelidikan ilmiah pada topik bahasan selanjutnya. Implementasi penyelidikan ilmiah diterapkan melalui penelitian kuantitatif untuk menganalisis hubungan antara penyelidikan ilmiah, kemandirian belajar dan kemampuan meneliti mahasiswa. Desain *pretest-posttest control group* digunakan untuk membedakan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol sebelum dan setelah implementasi penyelidikan ilmiah dengan penugasan proyek, kemandirian belajar dan kemampuan meneliti. Sampel penelitian diperoleh melalui *convenience sampling* dengan menentukan secara langsung kelompok eksperimen (n=20) dan kelompok kontrol (n=20) di salah satu universitas di Kota Semarang.

Analisis data kualitatif berdasarkan hasil observasi dan angket terhadap keterlaksanaan penyelidikan ilmiah dilakukan melalui mempersiapkan data, mengkode data, mendeskripsikan data dan interpretasi data. Analisis data kuantitatif meliputi uji normalitas terhadap distribusi data, uji homogenitas

terhadap varian data. Distribusi data melalui uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-smirnov* dan *Shapiro-wilk* dengan SPSS versi 25. Varian data melalui uji homogenitas menggunakan uji *Levene* dengan SPSS versi 25 (Uyanto, 2006). Tingkat signifikansi dua rata-rata menggunakan uji *t* jika data terdistribusi normal dan uji *Mann Whitney* jika data tidak memenuhi terdistribusi normal. Peningkatan sebelum dan sesudah penyelidikan ilmiah dengan penugasan proyek dihitung dengan persamaan *N-gain* (Meltzer, 2002). Kategori *N-gain* dibedakan menjadi kategori tinggi ($g > 0,7$), kategori sedang ($0,3 \leq g \leq 0,7$) dan kategori rendah ($g < 0,3$) (Hake, 1999).

Analisis angket kemandirian mahasiswa untuk menganalisis tingkat kemandirian belajar mahasiswa. Pengolahan data angket kemandirian belajar dengan ketentuan skor pernyataan sangat baik (SB), Baik (B), Kurang (K) dan sangat kurang (SK). Jawaban responden selanjutnya dihitung dengan menjumlahkan skor seluruh responden per skor total. Kriteria interpretasi skor responden terhadap kemandirian belajar dibedakan menjadi kategori sangat tinggi ($81 < x \leq 100$), tinggi ($61 < x \leq 80$), sedang ($41 < x \leq 60$), rendah ($21 < x \leq 40$) dan sangat rendah ($0 < x \leq 20$). Interpretasi hasil analisis data penelitian diuraikan untuk menunjukkan ada atau tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dari *posttest* (Surapranata, 2009). Selain itu, terdapat dampak positif berdasarkan penerapan penugasan proyek untuk mengembangkan kemandirian belajar dan kemampuan meneliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Respon Mahasiswa terhadap Kemandirian Belajar

Analisis angket respon mahasiswa terhadap kemandirian belajar setelah menyelesaikan penugasan proyek melalui penyelidikan ilmiah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kemandirian Belajar Mahasiswa

Aspek Kemandirian	Indikator Kemandirian	Rerata tiap indikator kemandirian		Rerata tiap aspek kemandirian (%)	
		Eksperimen	Kontrol	Eksperimen	Kontrol
Tanggung jawab	a. Keaktifan melaksanakan tugas tim	89	56	86,00 (Sangat Tinggi)	52,67 (Sedang)
	b. Komitmen melaksanakan tugas	86	54		
	c. Sungguh-sungguh menyelesaikan proyek	83	48		
Inisiatif	a. Pencarian berbagai sumber belajar	89	73	85,25 (Sangat Tinggi)	54,25 (Sedang)
	b. Mengajukan pertanyaan/kritis	83	51		
	c. Menjawab pertanyaan/kreatif	81	47		
	d. Rasa ingin tahu yang tinggi	88	46		
Percaya Diri	a. Belajar atas keinginan dan metode sendiri	71	38	72,33 (Tinggi)	35,33 (Rendah)
	b. Latihan mandiri	70	36		
	c. Berani menghadapi kesulitan	76	32		
Disiplin	a. Menyelesaikan proyek tepat waktu	74	57	73,00 (Tinggi)	57,50 (Sedang)
	b. Melaksanakan rencana belajar terjadwal	72	58		

Tabel 1 menyatakan capaian hasil respon mahasiswa diperoleh kategori tinggi untuk aspek tanggung jawab dan inisiatif; kategori sangat tinggi untuk aspek percaya diri dan disiplin. Capaian skor rata-rata respon kemandirian mahasiswa setelah mendapatkan pengalaman menyelesaikan penugasan proyek dalam kegiatan penyelidikan ilmiah. Kegiatan penyelidikan ilmiah terbukti dapat mengembangkan kemandirian belajar. Penyelidikan ilmiah mendorong rasa ingin tahu dan motivasi tinggi yang memberikan kontribusi terhadap penguasaan konsep, pengalaman bermakna, kolaborasi dalam tim, mengoptimalkan waktu dan meningkatkan kreativitas (Kirtley, 2022; Calyam *et al.*, 2021; Dobrian *et al.*, 2021).

Partisipan dari kelompok kontrol yang telah menyelesaikan penugasan dan latihan diperoleh capaian lebih rendah dari kelompok eksperimen. Penugasan dan latihan yang diterapkan pada kelompok kontrol dapat menjadi bahan evaluasi untuk memberikan bentuk latihan yang lebih menantang dan memicu rasa ingin tahu mahasiswa, tidak sekedar penyelesaian soal-soal latihan dan penyusunan makalah. Penugasan dalam bentuk latihan dirasakan hanya untuk dikerjakan saja

karena tidak menghasilkan produk berupa karya sehingga dianggap tidak membiasakan untuk mencari metode belajar sendiri, belum menunjukkan tingkat kesulitan tertentu, dan belum memunculkan inisiatif gemar mengerjakan latihan.

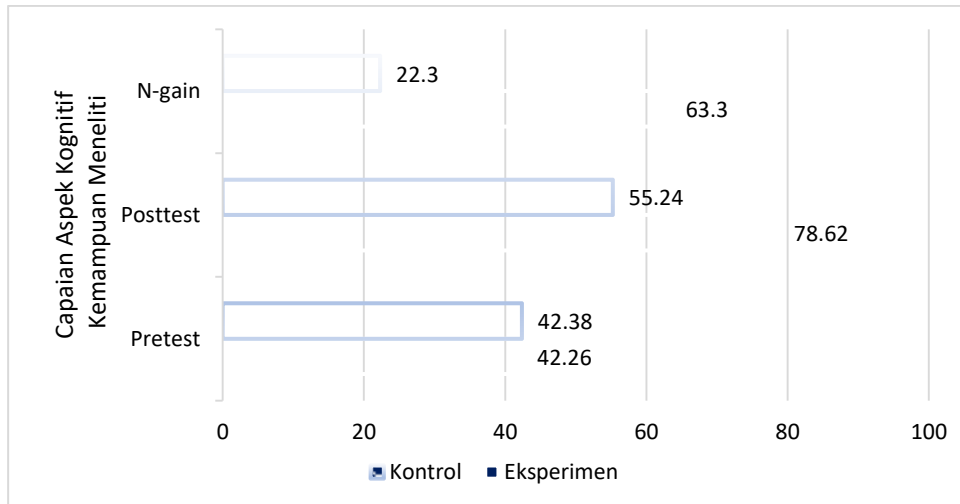
B. Kemampuan Meneliti Mahasiswa

Kemampuan meneliti pada aspek kognitif dianalisis melalui tes uraian mengenai konsep-konsep dasar terkait kemampuan meneliti. Hasil kemampuan meneliti pada aspek psikomotorik dianalisis melalui penugasan proyek mulai dari tahapan perencanaan, pengambilan data dan penyusunan laporan. Rerata kelas eksperimen dan kelas kontrol diuji statistik inferensial dengan uji t disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Statistik Aspek Kognitif Kemampuan Meneliti

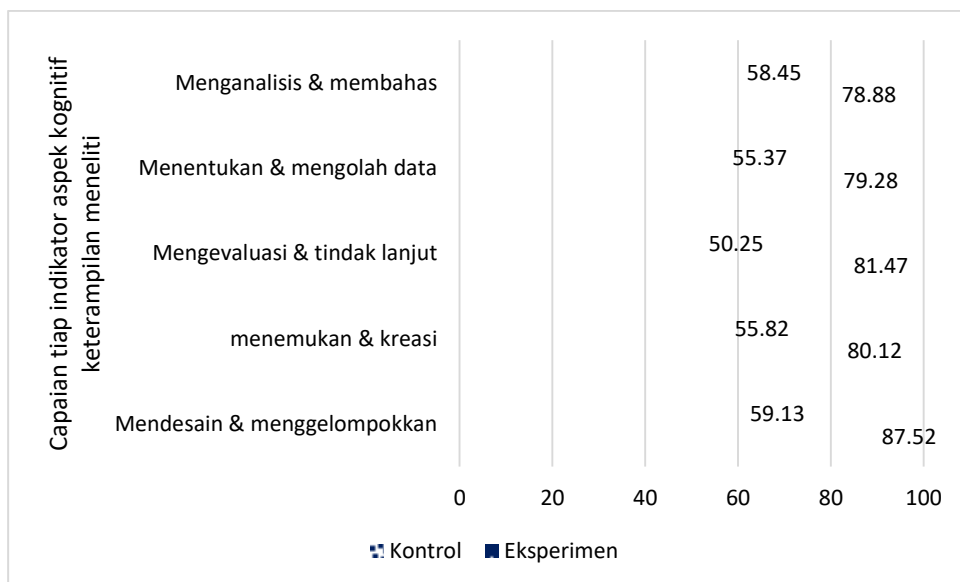
Kelompok	N	Rerata	Std dev.	Asym.Sig.	Keputusan
Pretest Eksperimen	20	42,24	10,36	0,895	Tidak terdapat perbedaan antara eksperimen & kontrol
Pretest Kontrol	20	42,38	10,42		
Posttest Eksperimen	20	78,62	9,86	0,001	Terdapat perbedaan antara eksperimen & kontrol
Posttest Kontrol	20	55,24	11,24		

Tabel 2 menunjukkan analisis uji statistik data aspek kognitif kemampuan meneliti. Hasil *pretest* menunjukkan hasil capaian aspek kognitif kemampuan meneliti mahasiswa kelompok eksperimen tidak berbeda dengan kelompok kontrol. Hasil *posttest* menunjukkan hasil capaian aspek kognitif kemampuan kelompok eksperimen berbeda secara signifikan dengan kelompok kontrol. Proses pembelajaran kedua kelas mendapatkan dampak berbeda pada aspek kognitif keterampilan meneliti. Hasil analisis aspek kognitif kemampuan meneliti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Capaian hasil aspek kognitif kemampuan meneliti

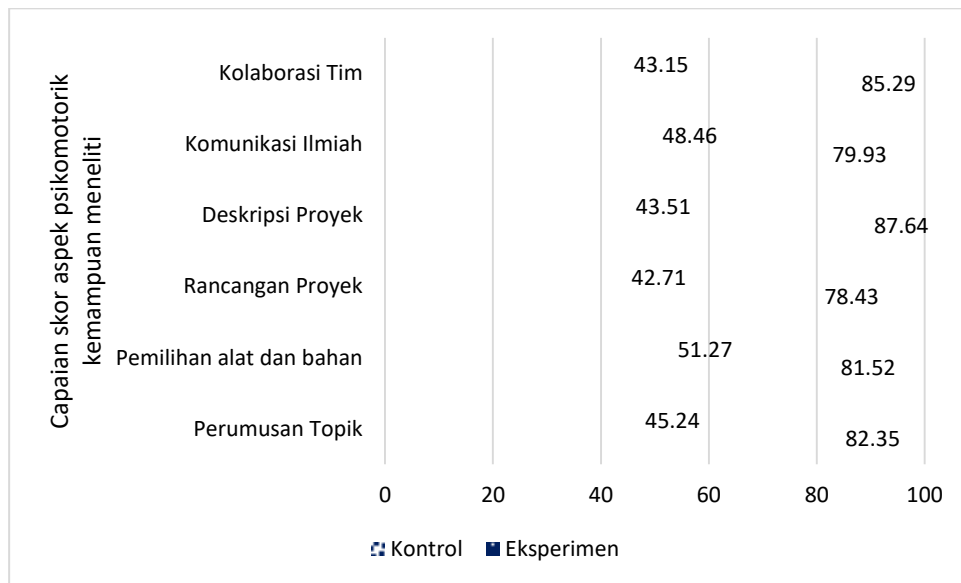
Gambar 1 menunjukkan peningkatan aspek kognitif kemampuan meneliti mahasiswa pada kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan peningkatan yang terjadi pada kelompok kontrol. Capaian peningkatan kelompok eksperimen dalam kategori sedang sedangkan capaian peningkatan kelompok kontrol dalam kategori rendah. Aspek kognitif keterampilan meneliti antara kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Indikator aspek kognitif keterampilan meneliti

Gambar 2 menunjukkan analisis tiap indikator aspek kognitif kemampuan meneliti pada capaian *posttest* kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Rentang capaian skor aspek kognitif pada kelompok eksperimen 78,88-87,52 termasuk kategori sangat tinggi. Rentang capaian skor aspek kognitif pada

kelompok kontrol 50,25 – 59,13 termasuk kategori sedang. Analisis aspek psikomotorik kemampuan meneliti disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Indikator aspek psikomotorik keterampilan meneliti

Gambar 3 menunjukkan analisis tiap indikator aspek psikomotorik kemampuan meneliti pada capaian *posttest* kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Rentang capaian skor aspek psikomotorik pada kelompok eksperimen 78,43-87,64 termasuk kategori sangat tinggi. Rentang capaian skor aspek psikomotorik pada kelompok kontrol 42,71 – 51,27 termasuk kategori sedang.

Penelitian ini menghasilkan perangkat penyelidikan ilmiah berupa penugasan proyek yang valid, praktis dan teruji untuk mengeksplorasi dampaknya terhadap kemandirian belajar dan kemampuan meneliti mahasiswa. Hasil *pretest* kemampuan meneliti mahasiswa diperoleh skor kategori rendah. Skor ini sebelum mahasiswa terlibat dalam penugasan proyek. Kedua kelompok mengerjakan penugasan proyek kemudian dilakukan penilaian terhadap proses penyelesaian proyek mulai dari desain, pengerjaan proyek sampai dengan pelaporan. Hasil *pretest* kemampuan meneliti memberikan deskripsi awal mengenai tingkat kemandirian belajar dan kemampuan meneliti mahasiswa sebelum intervensi penyelesaian proyek dalam penyelidikan ilmiah. Intervensi penugasan proyek setelah selesai menghasilkan produk. Penyelesaian proyek dilakukan sesuai dengan perencanaan dan panduan proyek yang telah disetujui oleh pembimbing/fasilitator. Kelompok kontrol menyelesaikan kegiatan penugasan

berupa latihan. *Posttest* diperoleh dari hasil tes keterampilan meneliti dan mengevaluasi tingkat kemandirian belajar dan kemampuan meneliti.

Perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol berdasarkan hasil analisis kemampuan meneliti mahasiswa. Penugasan proyek memberikan dampak positif dalam mengembangkan kemampuan meneliti. Tahapan prosedur penelitian mulai dari identifikasi masalah, perencanaan desain, pelaksanaan pengambilan data, analisis data, diskusi dan menarik kesimpulan memberikan kemampuan yang ekstra untuk melatih mahasiswa memiliki kemampuan meneliti (Aikenhead, 2023; Atias *et al.*, 2023; Davidson *et al.*, 2020). Kemampuan meneliti sangat mendukung keterlaksanaan kurikulum saat ini karena metode diterapkan sepanjang kegiatan perencanaan dan pelaksanaan praktikum. Penyelidikan ilmiah dalam melakukan penugasan proyek memberikan pengalaman mahasiswa untuk memiliki kemampuan manajemen waktu, bertanggung jawab, berinisiatif, percaya diri dan disiplin (Chowning, 2022; Iriart *et al.*, 2022; Kosie & Lew-Williams, 2022). Penugasan proyek menjadikan mahasiswa terampil berkolaborasi dengan anggota tim sehingga mahasiswa memiliki keterampilan sosial, keterampilan komunikasi ilmiah, terkoneksi dalam berbagai kelompok dan lingkungan sekitar (Sun & Theussen, 2023; Thapa *et al.*, 2022; Apiola & Sutinen, 2021; Tsai & Tsai, 2020). Pelibatan mahasiswa dalam penugasan proyek sangat membantu mahasiswa menjadi individu yang siap memenuhi kebutuhan masa depan, terampil, dan mandiri.

SIMPULAN

Penelitian ini mengeksplorasi penerapan penugasan proyek berupa penyelidikan ilmiah dalam mengembangkan kemandirian dan kemampuan meneliti mahasiswa. Temuan penelitian dapat disimpulkan bahwa mahasiswa pada kelompok eksperimen yang mendapatkan penugasan proyek memiliki kemampuan kemandirian dan kemampuan meneliti yang berbeda dibandingkan dengan mahasiswa pada kelompok yang hanya mendapatkan penugasan berupa latihan. Indikasi penelitian ini menunjukkan bahwa penyelidikan ilmiah melalui penugasan proyek memberikan dampak positif. Mahasiswa mampu menerapkan penguasaan konsep dalam lingkungan nyata, mendesain dan melaksanakan

kegiatan penelitian, menganalisis produk dan data hasil penelitian sebagai karya ilmiah mahasiswa. Kemandirian dan keterampilan meneliti ini ditunjukkan untuk mengembangkan keterampilan produktif dan inovatif untuk memenuhi tantangan dalam kehidupan bermasyarakat. Salah satu strategi efektif dapat digunakan sebagai sarana mempersiapkan mahasiswa memenuhi perkembangan kebutuhan dunia kerja yaitu penugasan proyek yang diarahkan dalam mengembangkan kemandirian dan kemampuan meneliti mahasiswa. Penelitian ini memiliki rekomendasi terkait pentingnya mengintegrasikan penugasan proyek dalam kurikulum yang diarahkan implementasinya dalam berbagai mata pelajaran di sekolah dengan bimbingan guru maupun beberapa mata kuliah di universitas dengan pendampingan dosen.

UCAPAN PENGHARGAAN

Penghargaan dan ucapan terima kasih kepada kepada Kelompok Peneliti Inovasi Pembelajaran dan Asesmen Program Studi Pendidikan Fisika, Laboratorium Terpadu FST, dan LP2M Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aikenhead, G. S. (2023). Humanistic school science: Research, policy, politics and classrooms. *Science Education*, 107(2), 237–260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21774>
- Apiola, M., & Sutinen, E. (2021). Design science research for learning software engineering and computational thinking: Four cases. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 83–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cae.22291>
- Atias, O., Kali, Y., Shavit, A., & Baram-Tsabari, A. (2023). Meaningful participation of schools in scientific research through contributory citizen science projects. *Science Education*, 107(2), 312–323. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21800>
- Borg, W. R. & Gall, M. D. (1983). *Educational Research: An Introduction, Fifth Edition*. Longman.
- Calyam, P., Wilkins-Diehr, N., Miller, M., Brookes, E. H., Arora, R., Chourasia, A., Jennewein, D. M., Nandigam, V., Drew LaMar, M., Cleveland, S. B., Newman, G., Wang, S., Zaslavsky, I., Cianfrocco, M. A., Ellett, K., Tarboton, D., Jeffery, K. G., Zhao, Z., González-Aranda, J., ... Gesing, S. (2021). Measuring success for a future vision: Defining impact in science gateways/virtual research environments. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 33(19), e6099. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cpe.6099>

- Chowning, J. T. (2022). Science teachers in research labs: Expanding conceptions of social dialogic dimensions of scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(8), 1388–1415. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21760>
- Crujeiras-Pérez, B. (2022). Epistemic Criteria Considered by Pre-Service Teachers for Assessing the Quality of a Scientific Investigation about Friction Force. *Research in Science Education*, 52(2), 459–472.
- Cullinane, Alison; Hillier, Judith; Childs, Ann; Erduran, S. (2023). Teachers' Perceptions of Brandon's Matrix as a Framework for the Teaching and Assessment of Scientific Methods in School Science. *Research in Science Education*, 53(1), 193–212.
- Davidson, S. G., Jaber, L. Z., & Southerland, S. A. (2020). Emotions in the doing of science: Exploring epistemic affect in elementary teachers' science research experiences. *Science Education*, 104(6), 1008–1040. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/scs.21596>
- Dobrian, A., Lattanzio, F., & McPheat, W. (2021). Learning through Translational Research Projects – A Route to Teamwork, Skill Development and Self-Awareness in Biomedical Sciences Graduate Education. *The FASEB Journal*, 35(1), 85-92. <https://doi.org/https://doi.org/10.1096/fasebj.2021.35.S1.04648>
- Ferah, Ö. & Deniz, S. (2023). Exploring Pre-Service Science Teachers' Understanding of Scientific Inquiry and scientific Practices through a Laboratory Course. *Science & Education*, 32(3), 787–820.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. dalam www.physics.indiana.edu/sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf diakses 10 November 2022
- Iriart, V., Forrester, N. J., Ashman, T.-L., & Kuebbing, S. E. (2022). The Plant Science Blogging Project: A curriculum to develop student science communication skills. *Plants, People, Planet*, 4(5), 485–498. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ppp3.10287>
- Kirtley, O. J. (2022). Advancing credibility in longitudinal research by implementing open science practices: Opportunities, practical examples, and challenges. *Infant and Child Development*, 31(1), e2302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/icd.2302>
- Kosie, J. E., & Lew-Williams, C. (2022). Open science considerations for descriptive research in developmental science. *Infant and Child Development*, n/a(n/a), e2377. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/icd.2377>
- Ladachart, Luecha; Radchanet, Visit; Phothong, W. (2023). Effect of Initial Design Experience on Students' Development of Scientific Understanding. *Journal of Experiential Education*, 46(1), 115–134.
- Meltzer, D. (2002). The Relationship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.
- Scales, J. (2020). A design science research approach to closing the gap between the research and practice of project scheduling. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(5), 804–812. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sres.2743>

- Subramaniam, K. (2023). Pre-Service Elementary Teachers' Images of Scientific Practices: A Social, Epistemic, Conceptual, and Material Dimension Perspective. *Research in Science Education*, 53(3), 633–649.
- Sun, Z., & Theussen, A. (2023). Assessing negotiation skill and its development in an online collaborative simulation game: A social network analysis study. *British Journal of Educational Technology*, 54(1), 222–246. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/bjet.13263>
- Surapranata, S. (2009). *Analisis, Validitas, Reliabilitas dan Interpretasi Hasil Tes*. Remaja Rosdakarya.
- Susilawati, Ramalis, T., Kaniawati, I., & Rusdiana, D. (2021). Connections between prior knowledge and collaborative skill on discussion group about solar system related to descriptive scientific reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918, 52052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052052>
- Susilawati, S., Azizah, N. A. N., & Kusuma, H. H. (2021). Investigating differences in project activities and student digital literacy between learning through electronic workbench and PhET Simulation. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 10(2), 299–311. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v10i2.10008>
- Thapa, K., Vermeulen, W. J. V., & Deutz, P. (2022). Science with society: Challenges of early-stage researchers engaging with transdisciplinary research in sustainability science. *Sustainable Development*, 30(6), 1562–1572. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sd.2328>
- Tsai, Y.-L., & Tsai, C.-C. (2020). A meta-analysis of research on digital game-based science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(3), 280–294. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcal.12430>
- Uyanto, S. (2006). *Pedoman Analisis Data dengan SPSS*. Graha Ilmu.
- Wang, Hsin-Hui; Wilson, K., & VanRooy, Wilhelmina; Lin, H. (2023). Pre-Service Primary Teachers' Competencies in Asking and Conducting Researchable Science Questions Using Fair Testing. *Research in Science Education*, 53(1), 155-171.
- Zhang, Lin; Van Reet, J. (2022). How Is “Knowledge” Constructed during Science Activities? Detaching Instructional Effects of “Playing” and “Telling” to Optimize Integration of Scientific Investigations. *Research in Science Education*, 52(5), 1435-1449.