

## **Pembelajaran dengan *Team Based Project* untuk Meningkatkan Kemampuan Mahasiswa Merancang Eksperimen Fisika Berbasis Proyek**

### **Learning with a Team Based Project to Improve Students' Ability to Design Project-Based Physics Experiments**

**I Komang Werdhiana\*, Unggul Wahyono, Nurasyah Dewi Napitupulu,  
Yusuf Kendek**

*Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,  
Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia*

---

**Abstrak** Pembelajaran yang dilaksanakan secara daring mengalami kesulitan untuk melaksanakan praktikum dengan peralatan sebenarnya. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain sebagai pengganti praktikum. Pengganti praktikum dapat dilakukan dengan memberikan proyek yang dilaksanakan secara terstruktur. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa merancang eksperimen fisika berbasis proyek melalui pembelajaran *team based project*. Penelitian ini dilaksanakan melalui memberikan tugas-tugas proyek yang dikerjakan secara berkelompok. Melalui kegiatan ini ingin diketahui kemampuan mahasiswa merancang eksperimen fisika berbasis proyek. Hasil proyek mahasiswa dinilai oleh 5 orang guru fisika dengan menggunakan lembar penilaian kinerja. Penilaian hasil proyek mahasiswa dilakukan melalui kegiatan *focus group discussion*. Hasil proyek yang dinilai adalah hasil proyek tengah semester dan akhir semester. Hasil penilaian menunjukkan bahwa hasil proyek akhir semester memperoleh nilai lebih tinggi daripada hasil proyek tengah semester. Ini berarti melalui pembelajaran *team based project* dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam merancang eksperimen fisika berbasis proyek.

---

**Kata Kunci** Pembelajaran, *Team Based Project*, Eksperimen, Fisika

---

**Abstract** Learning that is carried out online has difficulty carrying out practicums with actual equipment. Because of that, another alternative is needed as a substitute for practicum. Substitute practicum can be done by providing projects that are carried out in a structured manner. The purpose of this study was to improve students' ability to design project-based physics experiments through team based project learning. This research was carried out by providing project assignments that were carried out in groups. Through this activity, we want to know the ability of students to design project-based physics experiments. The results of student projects were assessed by 5 Physics teachers using performance appraisal sheets. Assessment of student project results is carried out through focus group discussion activities. The results of the projects assessed are the results of the mid-semester and end-of-semester projects. The results of the assessment show that the results of the end-of-semester project get a higher score than the results of the mid-semester project. This means that through team based project learning, students can improve their ability to design project-based physics experiments.

**Keywords** Learning, *Team Based Project*, Experiment, Physics

**Corresponding Author\***

E-mail: [ikomangwerdhiana@yahoo.co.id](mailto:ikomangwerdhiana@yahoo.co.id)

Received 10 January 2023; Accepted 17 February 2023; Available Online 31 March 2023

---

## 1. Pendahuluan

Pembelajaran jarak jauh (*online*) mendatangkan masalah tersendiri terkait pelaksanaan praktikum. Sementara pembelajaran untuk fisika membutuhkan kegiatan praktikum untuk menunjang pemahaman mahasiswa terhadap konsep yang dipelajarinya. Praktikum yang memanfaatkan laboratorium banyak mengalami kendala karena tidak dapat dilakukan secara tatap muka. Oleh karena itu, perlu alternatif lain untuk dapat menggantikan praktikum fisika. Misalnya praktikum diganti dengan proyek.

Praktikum pada masa pandemi Covid-19, yang diganti dengan proyek ternyata mendapat respon sangat positif, sehingga pengajar ingin mempertahankan proyek-proyek ini meskipun pembelajaran dilakukan secara tatap muka (Hoehn, et al, 2021). Minat mahasiswa pada proyek dan persepsi tentang nilainya dapat meningkat seiring waktu (Dounas-Frazer et al., 2017). Kegiatan proyek memberikan kesempatan untuk praktik menulis otentik (Hoehn & Lewandowski, 2020). Tentunya bagi mahasiswa keterampilan menulis diperlukan, mengingat mahasiswa harus menulis tugas akhir. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembelajaran berbasis proyek bagi mahasiswa.

Pembelajaran berbasis proyek dapat mengembangkan ketrampilan kerja tim, kemampuan komunikasi dan mengatasi masalah kehidupan nyata dan melalui tugas proyek dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan penyelidikan (Fider, 2017; Wilcox & Lewandowski, 2016). Berdasarkan uraian tersebut bahwa dengan memberikan tugas proyek kepada mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan kerja tim, kemampuan komunikasi, dan kemampuan menulis otentik.

Penelitian sebelumnya tidak fokus pada kemampuan merancang eksperimen fisika, maka dalam penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam merancang eksperimen fisika berbasis proyek melalui pembelajaran *team based project*. Hal ini dilakukan mengingat calon guru fisika harus memiliki kemampuan merancang eksperimen. Jika guru fisika memiliki kemampuan merancang eksperimen maka dalam melaksanakan pembelajaran akan mudah untuk menggunakan laboratorium sebenarnya maupun laboratorium virtual.

Pembelajaran menggunakan laboratorium virtual dan laboratorium sebenarnya dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa (Başer & Durmuş, 2010; Martinez et al. 2011; Olympiou & Zacharia, 2012; Risnawati et al., 2020; Putri et al., 2018). Pembelajaran menggunakan laboratorium virtual dan laboratorium sebenarnya dapat meningkatkan hasil belajar siswa (Soewarno, 2015; Maulana & Sari, 2018, Sulistiowati et al., 2013). Untuk dapat melakukan pembelajaran menggunakan laboratorium diperlukan penuntun praktikum.

Pembelajaran yang berdasarkan penuntun praktikum terstruktur tentunya siswa terbatas dalam mengembangkan kreativitasnya. Oleh karena itu, perlu praktikum yang lebih terbuka yang dapat memberikan kesempatan siswa melakukan penyelidikan secara otentik (Wilcox & Lewandowski, 2016). Pembelajaran jarak jauh dapat dilakukan pergeseran dari praktikum tradisional ke proyek-proyek terbuka (Hoehn et al., 2021). Mahasiswa calon guru fisika perlu dibekali keterampilan dalam merancang eksperimen,

agar ketika menjadi guru dapat mempersiapkan praktikum dengan baik. Peningkatan kemampuan mahasiswa merancang eksperimen dapat dilakukan melalui pemberian tugas-tugas proyek yang dikerjakan secara tim.

Pembelajaran dengan metode *team based project* kepada mahasiswa dapat menghasilkan produk lebih baik daripada yang mengikuti pembelajaran tanpa metode *team based project* (Wijaya et al., 2021). Pembelajaran menggunakan metode *team based project* dapat meningkatkan kreativitas mahasiswa dan mahasiswa diberikan kesempatan berperan aktif dalam kerja kelompok (Indrawijaya & Siregar, 2022; Yustitia & Kusmaharti, 2022). Selain itu, mahasiswa dapat mengembangkan kemampuan bekerja sama dengan orang lain. Bekerja secara tim lebih baik hasilnya dibandingkan secara individu. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa merancang eksperimen fisika berbasis proyek melalui pembelajaran *team based project*.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Sampel penelitian ini adalah mahasiswa program studi pendidikan Fisika yang mengambil matakuliah Fisika Instrumentasi. Instrumen penelitian yang digunakan adalah lembar penilaian kinerja mahasiswa. Penilaian kinerja dilakukan melalui produk yang dihasilkan masing-masing kelompok. Instrumen penelitian ini sebelum digunakan dilakukan validasi ahli.

Data diperoleh dari hasil penilaian kinerja mahasiswa oleh guru dan dosen. Data yang diperoleh dilakukan analisis untuk dikelompokkan dan disajikan dalam bentuk tabel dan diagram. Data hasil penilaian kinerja tengah semester dan akhir semester dibandingkan untuk melihat peningkatan dari hasil rancangan eksperimen yang dilakukan mahasiswa. Dalam analisis data ini tidak dilakukan uji statistik tetapi hanya melihat perubahan skor penilaian produk yang dihasilkan secara kelompok antara tengah semester dengan akhir semester.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

Melalui penelitian ini dihasilkan rancangan eksperimen berbasis proyek. Rancangan yang dihasilkan dinilai oleh dosen dan guru fisika. Setiap kelompok mempresentasikan hasil rancangannya dihadapan dosen dan guru-guru fisika. Rancangan eksperimen dihasilkan oleh lima kelompok. Setiap kelompok membuat satu rancangan eksperimen pada tengah semester dan satu rancangan eksperimen pada akhir semester. Hasil penilaian rancangan eksperimen disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

**Tabel 1.** Nilai Total Rata-rata Hasil Rancangan Eksperimen Tengah Semester

No.	Percobaan	Nilai	Kategori
1	Alat Deteksi Gempa (Rel)	35	Tinggi
2	Alat Mengukur Kecepatan Angin (RE2)	34,33	Tinggi
3	Kincir Air (Hukum Bernoulli) (RE3)	35,67	Tinggi
4	Alat Pembangkit Listrik (RE4)	35,17	Tinggi
5	Pengukuran Indeks Bias Akrilik (RE5)	33,8	Tinggi

**Tabel 2.** Nilai Total Rata-rata Hasil Rancangan Eksperimen Akhir Semester

No.	Percobaan	Nilai	Kategori
1	Mengukur Tinggi Gelombang Air Laut (RE6)	36	Tinggi
2	Alat Deteksi Arus Listrik (RE7)	38,17	Tinggi
3	Mengukur Kecepatan Arus Air (RE8)	36,17	Tinggi
4	Alat Ukur Kecepatan Suara (RE9)	37,63	Tinggi
5	Gerak Parabola (RE10)	37,5	Tinggi

**Tabel 3.** Penilaian Setiap Aspek untuk Rancangan Eksperimen Tengah Semester

No.	Aspek	Nilai				
		RE1	RE2	RE3	RE 4	RE 5
1	Kesesuaian alat dan bahan	3,83	3,67	3,17	3,00	3,17
2	Bahan percobaan mudah didapat	3,50	3,50	3,67	2,83	2,83
3	Kejelasan produk eksperimen	3,17	2,83	3,00	3,00	2,80
4	Rancangan eksperimen sesuai materi fisika SMA	3,00	3,17	3,17	3,00	3,33
5	Hasil rancangan eksperimen dapat diterapkan di SMA	3,00	3,17	3,33	3,33	3,33
6	Kesesuaian rancangan eksperimen dengan konsep fisika	3,17	2,50	2,83	3,67	3,33
7	Eksperimen yang dirancang mudah untuk dilakukan	3,00	3,00	3,33	2,83	3,00
8	Alat eksperimen aman digunakan oleh siswa SMA	3,50	3,50	3,50	3,17	3,67
9	Proyek yang dihasilkan memiliki unsur kekinian	2,83	2,83	3,17	3,00	2,67
10	Rancangan eksperimen dapat digunakan untuk tugas proyek bagi siswa SMA	3,00	3,33	3,33	3,00	2,83
11	Rancangan eksperimen menarik	3,00	2,83	3,17	2,83	2,83

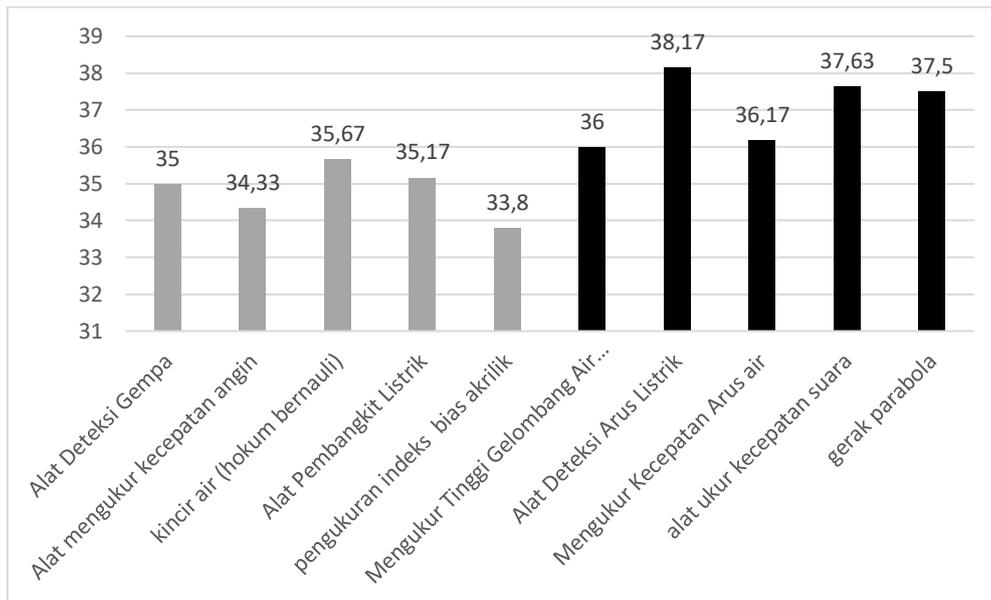
**Tabel 4.** Penilaian Setiap Aspek untuk Rancangan Eksperimen Akhir Semester

No.	Aspek	Nilai				
		RE6	RE7	RE8	RE 9	RE 10
1	Kesesuaian alat dan bahan	3,50	3,67	2,83	3,17	3,50
2	Bahan percobaan mudah didapat	3,17	3,83	3,67	3,67	3,83
3	Kejelasan produk eksperimen	3,00	3,00	3,17	2,67	3,50
4	Rancangan eksperimen sesuai materi fisika SMA	3,17	3,17	3,33	3,33	3,50
5	Hasil racangan eksperimen dapat diterapkan di SMA	3,17	3,33	3,83	3,67	3,67
6	Kesesuaian rancangan eksperimen dengan konsep fisika	3,33	2,83	2,83	3,33	3,33
7	Eksperimen yang dirancangan mudah untuk dilakukan	3,17	3,67	3,50	3,17	3,33
8	Alat eksperimen aman digunakan oleh siswa SMA	3,33	3,67	3,67	3,33	3,50
9	Proyek yang dihasilkan memiliki unsur kekinian	3,17	3,33	2,67	4,00	2,83
10	Rancangan eksperimen dapat digunakan untuk tugas proyek bagi siswa SMA	3,50	3,83	3,67	3,50	3,17
11	Rancangan eksperimen menarik	3,50	3,83	3,00	3,80	3,33

Ada 11 aspek yang dinilai untuk setiap hasil rancangan eksperimen. Hasil penilaian untuk setiap aspek dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat sebaran nilai masing-masing aspek untuk setiap rancangan eksperimen. Hanya ada satu rancangan eksperimen yang nilai setiap aspeknya tidak ada kurang dari 3, yaitu RE6.

### **Pembahasan**

Hasil penilaian terhadap rancangan eksperimen yang dihasilkan oleh masing-masing kelompok menunjukkan ada peningkatan prolehan nilai hasil proyek dari tengah semester ke akhir semester. Peningkatan ini dapat dilihat dari perbandingan perolehan nilai yang disajikan pada Gambar 1. Warna abu-abu menyatakan perolehan nilai hasil proyek tengah semester dan warna hitam menyatakan perolehan skor hasil proyek akhir semester.



**Gambar 1.** Diagram Perbandingan Perolehan Nilai Hasil Proyek

Berdasarkan diagram pada Gambar 1, ada peningkatan perolehan nilai hasil proyek mahasiswa. Peningkatan perolehan nilai ini menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa secara kelompok merancang eksperimen fisika meningkat. Peningkatan kemampuan ini karena dalam proses pembelajaran menerapkan *team based project*. Pada awal pembelajaran mahasiswa diberikan arahan terkait proyek yang akan dikerjakan secara berkelompok. Mahasiswa diberikan kebebasan memilih topik fisika yang akan dibuatkan rancangan eksperimen. Pada pertemuan berikutnya mahasiswa menyampaikan ide awal rancangan eksperimen. Dosen memberikan arahan dan masukan terkait rancangan yang menarik dan sesuai konsep fisika. Hasil rancangan eksperimen masing-masing kelompok dilakukan uji coba.

Setiap kelompok mempresentasikan hasil uji coba rancangan eksperimen di kelas. Dosen memberikan masukan dan meminta setiap kelompok untuk melakukan perbaikan. Setelah menyelesaikan rancangan eksperimen pada tengah semester dilanjutkan merancang eksperimen yang kedua. Berdasarkan pengalaman pada tengah semester setiap kelompok mencoba membuat rancangan yang lebih baik lagi. Hasil rancangan eksperimen yang kedua juga dipresentasikan di kelas dan dosen memberikan masukan untuk perbaikan atau penyempurnaan.

Hasil akhir rancangan eksperimen tengah semester dan akhir semester dipresentasikan dihadapan 5 orang guru fisika dan dosen. Guru-guru fisika memberikan penilaian dan komentar terhadap hasil rancangan eksperimen mahasiswa. Hasil penilaiannya disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Komentar yang diberikan guru-guru untuk setiap hasil rancangan eksperimen disajikan pada Tabel 5. Nilai perolehan rata-rata untuk rancangan eksperimen akhir semester lebih tinggi dari rancangan eksperimen tengah semester.

**Tabel 5.** Komentar Guru-guru terhadap Rancangan Eksperimen Mahasiswa

No.	Rancangan Eksperimen	Komentar
1	Alat Deteksi Gempa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agar diperjelas konsep fisika yang berlaku pada alat deteksi gempa</li> <li>2. Alat agar dibuat lebih simpel</li> <li>3. Tingkatkan penggunaan konsep fisika pada alat</li> </ol>
2	Alat Mengukur Kecepatan Angin	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konsep fisika diperjelas karena antara judul rancangan eksperimen kurang terkait dengan alat yang dibuat</li> <li>2. Langkah percobaan agar disusun lebih baik</li> <li>3. Tambahkan penjelasan konsep atau materi pada rancangan eksperimen</li> </ol>
3	Kincir Air (Hukum Bernoulli)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konsep Hukum Bernoulli harus sejalan dengan eksperimen</li> <li>2. Alat didesain agar dapat mempertahankan ketinggian air</li> <li>3. Tabung air sebaiknya transparan</li> <li>4. Penjelasan konsep Bernoulli harus ditekankan melalui alat</li> <li>5. Desain alat perlu dipertimbangkan agar tekanan air konstan dan kecepatan kincir konstan</li> <li>6. Perlu diperhatikan agar rancangan alat dapat menjelaskan konsep Bernoulli melalui eksperimen kincir air</li> </ol>
4	Alat Pembangkit Listrik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan modifikasi agar bisa digunakan di tingkat SMA</li> <li>2. Konsep dasar dari alat pembangkit listrik diperjelas</li> <li>3. Tambahkan penjelasan perubahan energi yang terjadi</li> <li>4. Perlu ada modifikasi kecepatan angin untuk mengetahui cahaya yang dihasilkan pada lampu</li> </ol>
5	Pengukuran Indeks Bias Akrilik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gunakan laser penyinaran</li> <li>2. Tentukan sudut normal pada setiap titik</li> <li>3. Pembiasan sinar laser sudah kelihatan pada akrilik</li> </ol>
6	Mengukur Tinggi Gelombang Air Laut	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alat pembangkit gelombang sebaiknya dikontrol dengan cara mengatur kecepatan kipas angin</li> <li>2. Desain alat diperbaiki agar mudah dibaca</li> <li>3. Ukuran panjang akuarium diperbesar agar gelombang terlihat lebih jelas</li> <li>4. Eksperimen ini menarik untuk didemonstrasikan di kelas</li> <li>5. Alat eksperimen ini baik digunakan untuk pembahasan besaran-besaran pada gelombang</li> </ol>

No.	Rancangan Eksperimen	Komentar
7	Alat Deteksi Arus Listrik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dikemas lebih simpel</li> <li>2. Kembangkan untuk deteksi arus DC</li> <li>3. Layak untuk diproduksi dengan melakukan modifikasi agar lebih bagus</li> <li>4. Jelaskan konsep fisika dari alat yang dibuat</li> <li>5. Jelaskan variabel yang menyebabkan lampu LED bisa menyala ketika alat didekatkan dengan kabel yang dialiri arus listrik</li> <li>6. Diperhatikan keamanan alat agar lebih nyaman digunakan</li> </ol>
8	Mengukur Kecepatan Arus air	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan percobaan yang dipakai untuk mengukur arus permukaan dan bawah sebaiknya bahan dan bentuknya sama</li> <li>2. Perbaiki bentuk pelampung</li> <li>3. Eksperimen ini dapat dilanjutkan untuk mengukur debit air</li> <li>4. Sebaiknya pengukuran dilakukan berulang</li> </ol>
9	Alat Ukur Kecepatan Suara	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desain alat diperbaiki</li> <li>2. Diperlukan penerima suara yang bisa terukur</li> <li>3. Upayakan alat untuk mendengarkan resonansi harus valid, tidak menggunakan telinga</li> <li>4. Alat eksperimen sangat menarik dan kekinian</li> <li>5. Perlu dipikirkan bagaimana membaca resonansi yang lebih akurat</li> <li>6. Tambahkan penjelasan konsep yang digunakan dalam eksperimen</li> <li>7. Alat percobaan inovatif dan sangat baik</li> </ol>
10	Gerak Parabola	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peluncur sudut elevasi perlu diperbaiki</li> <li>2. Upayakan desain sumber air yang tetap supaya bisa digunakan di kelas</li> <li>3. Desain elevasi keluarannya air perlu didesain kembali</li> <li>4. Perlu dipasang mistar dan busur pada rancangan alat agar pengukuran sudut dan jarak lebih akurat</li> <li>5. Percobaan untuk memperlihatkan hubungan antara sudut elevasi dengan jarak horisontal dan vertikal sudah bagus</li> </ol>

Berdasarkan Tabel 5, bahwa komentar dari guru berkaitan penyempurnaan alat yang dibuat oleh mahasiswa. Masukan ini penting bagi pengembangan rancangan eksperimen fisika untuk siswa SMA. Dari hasil rancangan awal ini dapat dikembangkan untuk disempurnakan sehingga benar-benar bermanfaat untuk menunjang pembelajaran fisika. Proyek yang dikerjakan ini tentu ada beberapa kelemahan karena mahasiswa bekerja dengan peralatan yang terbatas. Kelebihan dari kegiatan proyek ini adalah memberikan kesempatan mahasiswa untuk mengembangkan ide dan mendapat

pengalaman baru dalam bekerja secara berkolaborasi dalam menyelesaikan sebuah proyek.

Kekompakan tim memberikan kepuasan bagi mahasiswa (Suk, 2014), karena itu dapat memberikan hasil proyek pada akhir semester yang lebih baik daripada tengah semester. Proyek yang dihasilkan adalah hasil kerja secara berkelompok sehingga penilaian terhadap kemampuan mahasiswa dalam merancang eksperimen fisika tidak bisa dilihat secara individu.

Proyek yang sama dapat ditugaskan ke beberapa tim membangun persaingan yang sehat diantara tim sejawat dan mendorong tim bekerja dengan baik dalam perkuliahan berbasis proyek (Battur et al., 2016). Namun, dalam penelitian ini kualitas proyek tidak dapat dibandingkan satu dengan yang lain karena setiap kelompok mengembangkan dan memilih topik eksperimen yang berbeda.

#### **4. Kesimpulan**

Penelitian ini dilaksanakan dalam perkuliahan Fisika Instrumentasi, melalui pembelajaran *team based project*. Mahasiswa diberikan tugas proyek merancang eksperimen fisika yang dikerjakan secara berkelompok. Hasil proyek mahasiswa dinilai oleh guru fisika dan dosen melalui kegiatan *focus group discussion*. Hasil penilaian menunjukkan bahwa hasil proyek akhir semester memperoleh nilai lebih tinggi daripada hasil proyek tengah semester. Ini berarti melalui pembelajaran *team base project* dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam merancang eksperimen fisika berbasis proyek. Komentar yang diberikan oleh guru-guru fisika terhadap hasil rancangan eksperimen lebih banyak pada memberikan masukan untuk penyempurnaan. Rancangan eksperimen pada umumnya dapat digunakan untuk pembelajaran fisika di SMA.

Hasil rancangan eksperimen fisika merupakan hasil kerja kelompok karena itu penilaian diberikan secara kelompok, sehingga tidak bisa dilihat kemampuan mahasiswa merancang eksperimen secara individu. Sehingga, penelitian kedepannya dapat dirancang untuk dapat melihat kemampuan merancang eksperimen secara individu. Topik eksperimen ditentukan oleh masing-masing kelompok, sehingga kualitas produk tidak dapat dibandingkan satu kelompok dengan kelompok lainnya. Hal ini disebabkan tidak ada standar kualitas produk untuk satu jenis rancangan eksperimen yang ditetapkan dosen. Oleh karena itu, kedepannya dapat dipikirkan untuk memberikan proyek dengan topik dan standar yang sama, sehingga mudah untuk dibandingkan kualitas produk masing-masing kelompok.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Başer, M., & Durmuş, S., (2010). The Effectiveness of Computer Supported Versus Real Laboratory Inquiry Learning Environments on the Understanding of Direct Current Electricity among Pre-Service Elementary School Teachers. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, 6(1), 47-61.

- Battur, S., Patil, M. S., Desai, P., Vijayalakshmi M., Raikar, M. M., Hegde, P., & Joshi, G. H. (2016). Enhancing the Students Project with Team Based Learning Approach: A Case Study, *IEEE 4<sup>th</sup> International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education*, 275-280.
- Dounas-Frazer, D. R., Stanley, J. T., & Lewandowski, H. J. (2017). Student Ownership of Projects in an Upper-Division Optics Laboratory Course: A Multiple Case Study of Successful Experiences. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 13(2), 020136
- Fider, T. (2017). College-Level Project-Based Learning Gains Popularity. *Physics Today*, 70(6), 28-31.
- Hoehn, J. R., & Lewandowski, H. J. (2020). Incorporating Writing in Advanced Lab Projects: A Multiple Case-Study Analysis. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 16(2), 020161.
- Hoehn, J. R., Fox, M. F. J., Werth, A., Borish, V., & Lewandowski, H. J., (2021). Remote Advanced Lab Course: A Case Study Analysis of Open-Ended Projects. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 17(2), 020111.
- Indrawijaya, S., & Siregar, A. P. (2022). Peningkatan Kreativitas melalui Penerapan Pembelajaran Team Based Project pada Mata Kuliah Desain Komunikasi Visual. *Jurnal Ilmiah Dikdaya*, 12(1), 268–273.
- Martinez, G., Naranjo, F. L, Perez, A. L, Suero, M. I., & Pardo, P. J. (2011). Comparative Study of the Effectiveness of Three Learning Environments: Hyper-realistic Virtual Simulations, Traditional Schematic Simulations and Traditional Laboratory. *Phys. Rev. St Phys. Educ. Res.*, 7(2), 020111.
- Maulana, A. I., & Sari, S. S., (2018). Penerapan Perangkat Pembelajaran Berbasis Laboratorium Virtual pada Pencapaian Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas XI MIA 5 SMAN 15 Makassar, *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 14(1), 16-22.
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending Physical and Virtual Manipulatives: An Effort to Improve Students' conceptual Understanding through Science Laboratory Experimentation. *Sci. Educ.*, 96(1), 21-47.
- Putri, S. B., Sarwi, & Akhliis, I. (2018), Pembelajaran Inkuiri Terbimbing melalui Kegiatan Lab Virtual dan Eksperimen Riil untuk Peningkatan Penguasaan Konsep dan Pengembangan Aktivitas Siswa. *Unnes Physics Education Journal*, 7(1), 14-22.
- Risnawati, Yuris, & Erniwati. (2020). Penerapan Pembelajaran Berbasis Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Pengetahuan Peserta Didik pada Materi Pokok Listrik Dinamis di Kelas IX SMPN 17 Kendari. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(1), 67-71.
- Soewarno. (2015). Penerapan Media Laboratorium Virtual PhET pada Materi Hukum Ohm untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X-IA 5 SMAN 5 Banda Aceh. *Jurnal Fisika Edukasi (JFE)*, 2(2), 108-115.
- Suk, Y. (2014). Team Project Activity and Satisfaction in Business Education, *Journal of Digital Convergence*, 12(7), 217-227.
- Sulistiowati, N., Yuanita, L., & Wasis. (2013). Perbedaan Penggunaan Laboratorium Real dan Laboratorium Virtual pada Keterampilan Proses dan Hasil Belajar Siswa Materi Titrasi Asam Basa. *Pendidikan Sains Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya*, 2(2), 191-197.

- Wijaya, K., Siregar, S., Sutrisno, Zulfa, S., Sari, R. A., Idris, I., & Ramadani. (2021). The Effectiveness of Learning with the Team Based Project Method in the Decision Making Technique Course by Using the Product Oriented Module. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(3), 216-234.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2016). Open-Ended Versus Guided Laboratory Activities: Impact on Students' Beliefs about Experimental Physics, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 12(2), 020132.
- Yustitia, V., & Kusmaharti, D. (2022). Pengaruh *Team Based Project Learning* terhadap Numerasi Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar. *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*. 6(1), 39-47.