



**Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)
Universitas Papua**

Web: <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>



Exploring the Compton Scattering Phenomenon with Virtual Learning Under Project Based Learning Model (PjBL)

Ahmad Swandi^{1*}, Sri Rahmadhanningsih², Irfan Yusuf³, & Sri Wahyu Widyaningsih³

¹Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bosowa Makassar

²Magister Pengajaran Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung

³Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Papua

*Corresponding author: ahmad.swandi@universitasbosowa.ac.id

Abstract: *In physics learning, some concepts cannot be explored through experimentation and direct observation, especially abstract concepts. One of the efforts made to overcome this problem is to use interactive visualization through the Project Based Learning model. This study aims to examine the effect of using visualization / virtual media on the Compton Scattering phenomenon through Project Based Learning on students' conceptual understanding. This research is a quasi-experimental study using a non-equivalent pretest-posttest control group design pattern. The research instrument uses a concept understanding test that has been validated by experts. Hypothesis testing using the t-pollled variant test. Improved understanding of the concept is determined based on the results of the N-gain test. The results showed an increase in students' understanding of concepts in both classes. The experimental class experienced a higher understanding of the concept than the control class with N-Gain 55.79% and 12.84%, respectively. Therefore, there is a positive and significant influence on the use of virtual media with the PjBL model on Compton's Scattering material.*

Keywords: *compton scattering, concept understanding, PjBL, virtual media*

Mengeksplorasi Fenomena Hamburan Compton dengan Media Virtual melalui Project Based Learning (PjBL)

Abstrak: Dalam pembelajaran fisika, sebagian konsep tidak dapat dieksplorasi melalui eksperimen dan observasi langsung terutama konsep-konsep yang abstrak. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini adalah menggunakan visualisasi yang interaktif melalui model Pembelajaran Berbasis Proyek. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh visualisasi/media virtual tentang fenomena Compton Scattering melalui *Project Based Learning* terhadap pemahaman konsep mahasiswa. Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen menggunakan pola non-equivalent pretest-posttest control group design. Instrumen penelitian menggunakan tes pemahaman konsep yang telah divalidasi oleh para ahli. Uji hipotesis menggunakan uji t-polling varian. Peningkatan pemahaman konsep berdasarkan hasil uji N-gain. Hasil penelitian kelas peningkatan pemahaman konsep mahasiswa pada kedua. Kelas eksperimen mengalami peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi dibandingkan dengan N-Gain masing-masing 55,79% dan 12,84%. Oleh karena itu, terdapat pengaruh positif dan signifikan penggunaan media virtual dengan model PjBL pada materi Hamburan Compton.

Kata kunci: hamburan compton, pemahaman konsep, PjBL, media virtual

PENDAHULUAN

Fisika merupakan bagian dari sains yang terdiri atas 3 aspek yaitu proses, produk, dan sikap. Sebagai suatu proses, fisika fokus pada cara memperoleh pengetahuan. Sebagai produk, lebih menekankan pada hasil dari pengetahuan tersebut. Sebagai sikap, fisika

lebih memperhatikan upaya membekali, melatih, dan menanamkan nilai-nilai positif kepada mahasiswa. Dalam mengembangkan potensinya dan keterampilan yang dibutuhkan agar mampu kreatif dalam memecahkan masalah yang dihadapi, mahasiswa perlu dibantu oleh dosen. Peran dosen sangat penting dalam mendampingi mahasiswa dalam ketiga aspek tersebut di atas. Ketercapaian tujuan pembelajaran fisika tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan awal mahasiswa dan kemampuan dosen tetapi juga dipengaruhi oleh media yang digunakan serta model dan metode pembelajaran yang tepat sesuai dengan karakteristik materi yang diajarkan.

Salah satu permasalahan terbesar dalam pembelajaran fisika di beberapa institusi pendidikan adalah sulitnya memahami konsep-konsep yang abstrak. Materi-materi yang abstrak dalam fisika sulit untuk dijelaskan oleh dosen dan dipahami oleh mahasiswa. Hal ini disebabkan karena materi-materi tersebut tidak bisa diamati secara langsung. Selain itu peralatan laboratorium yang masih sangat minim membuat materi ini sangat jarang dipelajari melalui pengamatan langsung (Swandi et al, 2017; Amin et al, 2019). Beberapa contoh materi-materi yang bersifat abstrak sebagian besar ditemukan pada mata kuliah fisika modern seperti hamburan Compton, efek fotolistrik dan radiasi benda hitam. Dalam mengajarkan konsep ini, sebagian besar dosen mengajarkan dengan tampilan slide persentasi atau secara konvensional (Swandi et al, 2020). Pembelajaran dengan pendekatan seperti ini kurang tepat sebab mahasiswa diajarkan untuk menghayal. Sehingga sering kali terjadi kesalahan konsep (miskonsepsi) pada mahasiswa.

Pembelajaran sebaiknya bermakna, menarik, tidak membosankan dan menggembirakan, sehingga dosen dituntut untuk dapat merancang model dan media pembelajaran yang tepat dan mampu menggambarkan konsep abstrak menjadi konkrit (Swandi et al, 2018). Berbagai masalah yang dialami oleh mahasiswa, dosen dan institusi ternyata dapat diatasi dengan memilih model pembelajaran yang sesuai (Luthvitasari & Linuwih, 2012). Penggunaan model dan media pembelajaran yang tidak sesuai tidak akan memberikan hasil maksimal. Dengan model dan media pembelajaran yang sesuai akan membantu dosen dalam membangun interaksi yang baik dengan mahasiswa, maupun seorang mahasiswa dengan mahasiswa lainnya sehingga mampu memahami materi pembelajaran, mengurangi miskonsepsi dan menumbuhkan kreativitas dalam memecahkan suatu masalah (Swandi, 2014). Model pembelajaran yang tepat juga diharapkan mampu menumbuhkan motivasi mahasiswa untuk belajar secara mandiri maupun kolaborasi, melakukan eksplorasi/penyelidikan, analisis, penarikan kesimpulan dan meningkatkan kemampuan komunikasi mahasiswa. Oleh karena itu, model perlu dikombinasikan dengan metode tertentu agar hal itu bisa tercapai. Salah satu model yang dapat diterapkan adalah PjBL dengan bantuan media virtual.

PjBL menuntut mahasiswa dalam mengikuti proses untuk menyelesaikan masalah yang ada (Thomas, 2000). Selain itu, PjBL dapat membimbing mahasiswa dalam melakukan penelitian kelompok terhadap suatu proyek sehingga mereka dapat memperoleh wawasan baru dan memecahkan suatu masalah dengan pengetahuan yang dimiliki (Bell, 2010). Selain itu, berdasarkan penelitian oleh Amanda, Subagia & Tika (2014) menyatakan bahwa PjBL cocok digunakan dalam pembelajaran sains untuk meningkatkan *self efficacy* mahasiswa yaitu teguh keyakinan dan percaya diri dalam mengerjakan tugas. Ada juga penelitian yang dilakukan oleh Candra yang menyatakan bahwa penerapan PjBL mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis, kolaborasi dan komunikasi (Candra et al, 2018). Dalam penelitian tersebut peneliti berhasil menciptakan sebuah produk fisika melalui pembelajaran berbasis proyek.

Penerapan PjBL di kelas didasarkan pada langkah-langkah yang sangat bervariasi oleh para ahli. Namun, kita mengadaptasi yang dikembangkan oleh The George Lucas

Educational Foundation (Gunawan et al, 2017), yang meliputi (1) dimulai dengan pertanyaan esensial, investigasi menyeluruh terhadap topik yang akan dipelajari. Pertanyaan diajukan untuk mendorong mahasiswa memberikan tanggapan terhadap topik yang diperoleh dari pengetahuan awal mereka; merancang rencana proyek, merencanakan kegiatan proyek untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan; membuat jadwal, dosen membimbing mahasiswa untuk mengatur jadwal penyelesaian proyek; (4) memantau mahasiswa dan kemajuan proyek. Dosen memantau kinerja mahasiswa dalam menyelesaikan tugas proyek dan membimbing mereka untuk mengembangkan proyek mereka; (5) menilai hasil. Dosen membuat penilaian selama mahasiswa mengerjakan proyek dan mengevaluasi kemajuan serta memberikan umpan balik yang diperlukan; (6) mengevaluasi pengalaman. Mahasiswa diminta untuk mengungkapkan pengalaman belajar mereka tentang proyek yang sedang berlangsung dan pemahaman mereka tentang topik yang diusulkan dengan presentasi di depan kelas. Dosen melakukan refleksi atas pengalaman belajar mahasiswa dan proyek yang diselesaikan. Pada tahap ini refleksi diarahkan kepada setiap mahasiswa dan kelompok.

Pada pembelajaran sains, PjBL sebaiknya digunakan dengan metode-metode yang berorientasi pada pembelajaran aktif seperti metode eksperimen. Dengan metode eksperimen, mahasiswa diharapkan mendominasi pembelajaran (*student center*), bekerja secara mandiri dan kolaboratif, bekerja dengan langkah-langkah ilmiah, menyelesaikan masalah dan mampu menarik kesimpulan dengan benar. Oleh karena itu, dosen hendaknya mampu memilih dan mendesain suasana belajar agar mahasiswa merasa antusias dan merasa mengalami situasi nyata terhadap materi-materi yang abstrak dan sulit dipahami dan diajarkan (Swandi et al, 2019) (Amin & Swandi, 2016). Pembelajaran diharapkan akan lebih bermakna dan menarik sehingga pemahaman konsep yang diterima oleh mahasiswa akan tersimpan lama dalam ingatan mereka.

Eksperimen dapat dilakukan pada konsep-konsep abstrak dengan mengganti eksperimen laboratorium nyata menjadi eksperimen virtual. Beberapa penelitian tentang penggunaan media virtual atau laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika seperti yang dilakukan oleh Yusuf dan Widyaningsih yaitu penerapan laboratorium virtual pada mata kuliah eksperimen fisika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa pendidikan fisika Universitas Papua (Yusuf & Widyaningsih, 2017). Swandi et al juga menyatakan bahwa adanya pengaruh positif penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan pemecahan masalah dan hasil belajar mahasiswa. Selain itu pengamatan aktivitas mahasiswa berada pada kategori sangat tinggi yaitu diatas 80% ketika mengikuti pembelajaran dengan metode eksperimen menggunakan laboratorium virtual (Swandi et al, 2015). Sebagian besar mahasiswa juga sangat setuju dengan penggunaan laboratorium virtual, sebab mereka merasa bahwa fenomena-fenomena yang tidak tampak menjadi tampak dan terlihat nyata meskipun dalam kehidupan sehari-hari tidak akan pernah terlihat (Swandi, 2016). Pada penelitian-penelitian tersebut digunakan metode eksperimen berbasis laboratorium virtual dengan berbagai macam model pembelajaran. Penerapan media virtual dengan model pembelajaran PjBL juga dapat dilakukan untuk materi yang lain seperti Hamburan Compton. Sehingga dengan penerapan PjBL pada konsep tersebut, diharapkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep tersebut akan lebih baik dan tersimpan lebih lama dalam memori mereka serta mengurangi miskonsepsi yang mereka peroleh ketika belajar ditingkat menengah.

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan penggunaan model PjBL dan media virtual. Media virtual adalah media digital yang menggunakan teknologi komputer untuk percobaan virtual (Gunawan et al, 2017). Itu dilengkapi dengan instrumen dan bahan yang mirip dengan yang digunakan dalam eksperimen nyata. Media virtual yang

dirancang untuk penggunaan eksperimen umumnya dikenal sebagai laboratorium virtual. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan pengalaman kepada pengguna dalam menggunakan, memperoleh, dan meningkatkan keterampilan proses sains (Yusuf & Widyaningsih, 2018). Mahasiswa yang menggunakan media virtual seperti laboratorium virtual sebagai media pembelajaran memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam memahami dan menyajikan materi yang dipelajari (Aldrich, 2009). Kesimpulan serupa juga dikemukakan oleh Magyar & Žáková (2010) dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa motivasi mahasiswa untuk lebih aktif berpartisipasi dalam pembelajaran dan mengembangkan berbagai keterampilan dapat ditingkatkan dengan penggunaan laboratorium virtual. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengeksplorasi visualisasi berkaitan dengan konsep Hamburan Compton untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pemahaman konsep mahasiswa berkaitan dengan materi yang abstrak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen semu (quasi eksperimen) yang dilakukan pada mahasiswa jurusan pendidikan fisika Universitas Negeri Makassar. Penelitian eksperimen didasarkan pada dua kelompok sampel diatur secara intensif sehingga keduanya memiliki karakteristik yang sama. Namun karena objek penelitian adalah manusia dimana terdapat kesulitan dalam mengontrol semua variabel yang berpengaruh maka penelitian ini masuk dalam kategori penelitian quasi eksperimen. Sampel penelitian tidak dipilih secara random dan namun dibagi menjadi dua kelas. Kedua kelas sampel tersebut kemudian dibagi menjadi kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan jumlah mahasiswa yang sama yaitu empat puluh mahasiswa di setiap kelas. Penelitian ini juga menggunakan desain *nonekuivalen Pretest-Posttest Control Group Design* yang digambarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nonekuivalen pretest-posttest control group design

Kelompok	Pre Test	Treatment	Post Test
Kelas Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kelas Kontrol	O ₃		O ₄

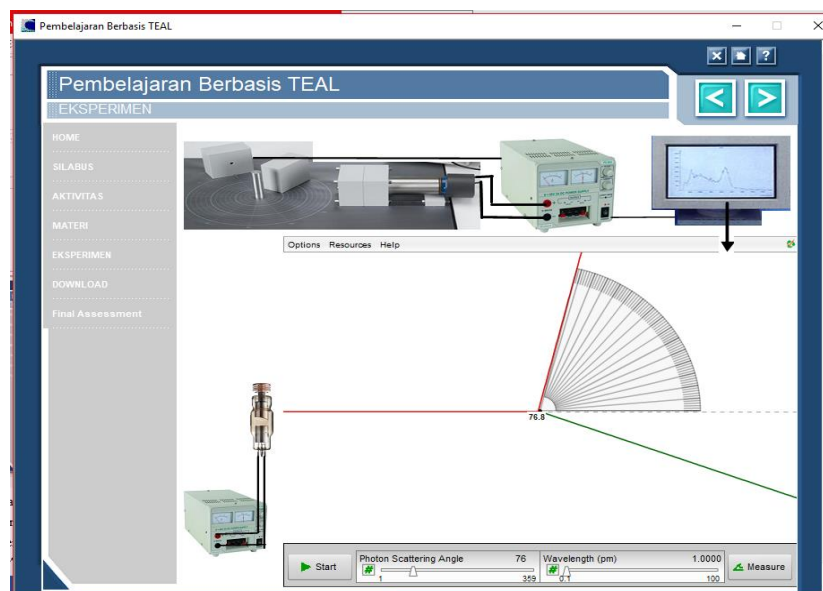
Kelas eksperimen diberi perlakuan dengan penerapan media virtual pada konsep Hamburan Compton melalui model PjBL, sedangkan kelas kontrol diberi perlakuan model konvensional dengan menggunakan pembelajaran langsung. Variabel bebas adalah model PjBL dengan bantuan media virtual dan variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil pemahaman konsep mahasiswa, sedangkan variabel kontrol lainnya dalam kondisi stabil. Rancangan ini menggunakan pretest sebelum perlakuan untuk kelompok eksperimen dan kelompok kontrolnya (O₁, O₃), hasil pretest akan menjadi dasar penentuan perubahan. Selain itu, dapat pula meminimalkan atau mengurangi kecondongan seleksi. Pemberian posttest pada akhir kegiatan akan dapat menunjukkan seberapa jauh akibat perlakuan (X). Hal tersebut bertujuan untuk melihat perbedaan skor sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Untuk menentukan perbedaannya dilakukan proses O₂ – O₁, sedangkan untuk kelompok control O₄ – O₃. Perbedaan O₂ dan O₄ akan memberikan gambaran lebih baik akibat perlakuan X, setelah memperhitungkan selisih O₃ dan O₁. Data pemahaman konsep mahasiswa diperoleh melalui tes uraian yang telah divalidasi oleh ahli. Uji hipotesis dilakukan dengan uji-t dengan varian bersurvei. Uji homogenitas dan uji normalitas data dilakukan sebelum uji hipotesis dilakukan.

Dalam pelaksanaan penelitiannya, mahasiswa dikenalkan sebuah proyek setelah dihadapkan pada pertanyaan esensial dengan mengambil sebuah masalah dari lingkungan

nyata. Setelah itu, media virtual diperkenalkan kepada mahasiswa dalam merencanakan pelaksanaan proyek. Langkah selanjutnya adalah mengatur jadwal untuk seluruh pelaksanaan proyek. Kegiatan ini dilakukan oleh dosen dan mahasiswa. Proyek tersebut berupa lembar tugas yang harus diselesaikan oleh mahasiswa dengan menggunakan media virtual. Pengajar menilai pekerjaan mahasiswa di lembar tugas setiap pertemuan. Di akhir kegiatan pembelajaran, dosen memberikan penilaian pada lembar tugas/proyek mahasiswa dalam bentuk portofolio. Pada tahap evaluasi, dosen melakukan refleksi atas proyek yang telah diselesaikan.

Kegiatan pembelajaran di kelas menggunakan media virtual dengan model PjBL dapat dibagi menjadi empat tahap sesuai dengan waktu yang dialokasikan. Keempat tahapan tersebut adalah (1) pengenalan program (pendahuluan), (2) identifikasi rencana desain, kendala, dan data (*brainstorming*), (3) perancangan dan pengujian (desain), serta (4) sharing dan partisipasi dalam diskusi (*share*).

Pada tahap pengenalan mahasiswa diperkenalkan bahan ajar, modul, buku pedoman dan media virtual yang telah dikembangkan oleh dosen dan dinyatakan valid. Buku pedoman berisi panduan penting tentang fungsi dan penggunaan media tersebut. Tahapan selanjutnya dilakukan oleh mahasiswa secara berkelompok dengan mengikuti petunjuk yang ada di buku pedoman penggunaan bahan ajar, modul dan media virtual. Selama pembelajaran dosen mengamati dan menjawab atau membantu mahasiswa selama pengerjaan proyek. Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan atau rumusan masalah pada modul, mahasiswa dapat mengeksplorasi media virtual dengan mengikuti petunjuk pada buku pedoman. Gambar 1 merupakan tampilan media laboratorium virtual Hamburan Compton.



Gambar 1. Tampilan media virtual tentang Hamburan Compton

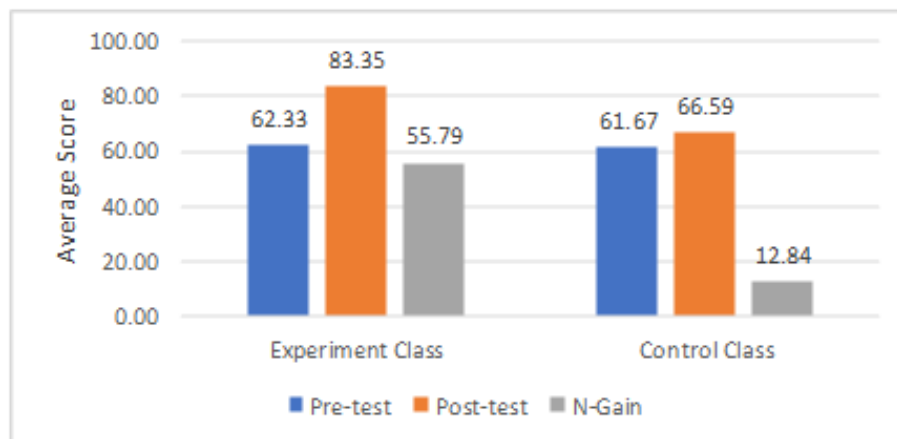
Media virtual dikembangkan dengan menggunakan aplikasi Lectora, visualisasi yang terdapat didalamnya diadaptasi dari KCVS (Martin & Martin, 2010). Pada media tersebut terdapat berbagai menu untuk mengakses berbagai sumber pendukung seperti silabus, materi, buku-buku referensi dan evaluasi. Dengan media ini, mahasiswa dapat melakukan eksperimen, mengeksplorasi konsep dengan mengulang-ulang percobaan tanpa khawatir terjadi kerusakan pada sistem (Swandi et al, 2016). Fenomena yang terjadi seperti terjadinya tumbukan antara foton dengan partikel dapat dilihat dengan jelas

oleh mahasiswa. mahasiswa dapat dengan bebas mengubah parameter yang ada di media tersebut sehingga terjadi interaksi yang baik antara mahasiswa sebagai pengguna dengan media virtual.

Di akhir pembelajaran, mahasiswa diminta untuk membagikan proyek mereka yang telah selesai dan dosen memberikan penilaian untuk proyek tersebut baik secara individu maupun kelompok. Tes pemahaman konsep diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran. Peningkatan pemahaman konsep pada kedua kelas diperhitungkan untuk semua aspek. Peningkatan pemahaman konsep mahasiswa ditentukan dari nilai perolehan nominal (N-gain) (Cheng et al, 2004: 1449). Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam menafsirkan perolehan nilai mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan media virtual dengan model PjBL terhadap pemahaman konsep mahasiswa dalam materi Hamburan Compton. Penelitian ini menerapkan model pembelajaran PjBL dengan menggunakan media virtual. Media virtual diadaptasi dari KCVS dan dikembangkan menggunakan aplikasi Lectora. Bahan ajar dan model PjBL diterapkan di kelas eksperimen dan model pembelajaran langsung untuk kelas kontrol. Kedua kelas diberikan pre-test untuk mengetahui pemahaman konsep awal sebelum perlakuan. Post-test dilakukan setelah perlakuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap pemahaman konsep mahasiswa. Gambar 2 menunjukkan rata-rata skor pre-test, rata-rata skor post-test dan N-gain untuk kedua kelas.



Gambar 2. Perbandingan hasil tes pemahaman konsep antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol

Berdasarkan analisis hasil penelitian, data pre-test menunjukkan bahwa pemahaman konsep awal kedua kelas relatif sama atau berada pada level yang sama, keduanya memperoleh skor menengah. Kemiripan ini juga diperkuat dengan hasil uji homogenitas kedua kelas sampel yang menunjukkan bahwa varian kedua kelas tersebut berasal dari kelompok dengan kemampuan awal yang sama. Selain itu, hasil post-test menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan kepada kedua kelas berpengaruh signifikan, terlihat dari rata-rata skor post-test. Hasil post-test untuk kedua kelas lebih tinggi dari pada tes awal. Data tersebut juga menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata yang lebih tinggi dari pada kelas kontrol. Peningkatan pemahaman konsep pada kedua kelas dapat dilihat dari N-gain dengan kelas eksperimen berada pada kategori sedang, sedangkan kelas kontrol berada pada kategori rendah.

Berdasarkan uji normalitas dapat diketahui bahwa data tes pemahaman konsep kedua kelas berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji hipotesis menggunakan uji-t dengan polling variant. Hasil penelitian menunjukkan nilai $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan media virtual dengan model PjBL terhadap pemahaman konsep mahasiswa pada materi Hamburan Compton. Model PjBL yang dipadukan dengan media virtual memberikan pengaruh positif terhadap pemahaman konsep mahasiswa dari kelas eksperimen.

Berdasarkan data yang diperoleh dan analisis, pemahaman konsep awal kedua kelas tersebut relatif berada pada level yang sama dan dapat dikategorikan cukup. Hal ini dikarenakan mahasiswa belum mendapatkan penjelasan tentang materi hamburan Compton sehingga tidak memahami konsep saat mengerjakan soal. Mereka hanya mengandalkan ilmu awal yang mereka peroleh dari jenjang pendidikan sebelumnya.

Setelah diberikan perlakuan, mahasiswa di kelas eksperimen menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata post-test kedua kelas. Hasil rata-rata tes pemahaman konsep kelas eksperimen yang menggunakan PjBL lebih tinggi daripada kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran langsung. Hal ini membuktikan terjadinya pengaruh perlakuan terhadap kemampuan mahasiswa. Dalam PjBL, mahasiswa cenderung lebih aktif dan antusias dalam mengerjakan proyek yang diberikan. Sikap positif ini membantu mereka menghasilkan produk yang lebih baik dalam proyek mereka (Gunawan et al, 2017). PjBL merupakan metode yang terkenal untuk menerapkan kompetensi kognitif dan menciptakan lingkungan belajar yang fleksibel, serta mampu menghasilkan prestasi belajar mahasiswa yang rendah, meningkatkan motivasi belajar dan pencitraan diri mahasiswa di semua tingkatan untuk mencapai pembelajaran efektif yang signifikan.

PjBL dengan temuan konstruktivis sangat membantu mahasiswa dalam memperoleh pemahaman yang lebih dalam tentang materi ketika mereka secara aktif membangun pemahaman mereka dengan menyelesaikan sebuah proyek menggunakan ide-ide mereka sendiri (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Dalam penelitiannya Blumenfeld et al (1991) menyimpulkan bahwa proyek berbasis pembelajaran dapat secara signifikan meningkatkan motivasi dan kemampuan kognitif mahasiswa untuk tampil lebih baik di kelas. Padahal, dengan semakin aktifnya mahasiswa dalam proses pembelajaran tentunya akan memperoleh hasil belajar yang lebih baik.

Dari hasil penelitian didapatkan peningkatan pemahaman konsep mahasiswa yang signifikan di kedua kelas. Besarnya peningkatan pemahaman konsep dapat dilihat dari nilai rata-rata N-gain. Kelas eksperimen memiliki skor rata-rata 55,79%, lebih tinggi dari skor rata-rata kelas kontrol sebesar yang hanya 12,84%. Peningkatan pemahaman konsep di kelas eksperimen termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan untuk kelas kontrol masuk kategori rendah. Peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi pada kelas eksperimen merupakan implikasi dari perlakuan berupa bantuan media virtual. Hasilnya sejalan dengan penelitian lain yang menggabungkan model pembelajaran dengan teknologi komputer dalam berbagai bentuk. Sebagai contoh, Land & Greene (2000) dalam penelitiannya yang menggabungkan penggunaan sistem hypermedia dalam PjBL, menyimpulkan bahwa PjBL yang dikombinasikan dengan teknologi informasi memberikan kontribusi yang besar dalam mendorong penelitian ilmiah yang mengarahkan mahasiswa pada kesadaran akan masalah di kehidupan nyata. Begitupun juga dengan penelitian Palloan dan Swandi yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi komputer mampu meningkatkan aktivitas dan hasil belajar mahasiswa pada materi listrik magnet (Palloan & Swandi, 2019). Penelitian lain oleh Chan Lin (2008) tentang penggunaan teknologi dalam PjBL juga menunjukkan bahwa semua mahasiswa

yang berpartisipasi dalam proyek dapat mencapai tujuan proyeknya yang dapat dilihat dari pencapaiannya terkait dengan pengembangan keterampilan dan kemampuan untuk mensintesis dan mengelaborasi pengetahuan, sikap positif mereka untuk berpartisipasi dalam eksplorasi ilmiah, dan kesediaan mereka untuk menggunakan teknologi untuk melakukan dan melaporkan penelitian mereka. Husein, Herayanti & Gunawan (2015) juga menyimpulkan hal yang sama bahwa model pembelajaran dengan bantuan multimedia interaktif dapat membantu mahasiswa dalam menguasai konsep fisika dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Mahasiswa yang berpartisipasi dalam PjBL dengan bantuan media mencapai skor yang lebih tinggi pada post-test dibandingkan dengan mahasiswa di kelas kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian Barak & Dori (2005) yang menyimpulkan bahwa keterlibatan mahasiswa dalam PjBL dengan bantuan teknologi komputer berpengaruh signifikan terhadap hasil tes dan mampu meningkatkan mentalitas dan pemahaman mahasiswa tentang konsep yang dipelajari.

Kesimpulan serupa juga dikemukakan oleh Herayanti & Habibi (2015) yang menyatakan bahwa terdapat peningkatan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang belajar fisika khususnya pada konsep listrik statis. Penelitian Romansky (2010) juga menegaskan kesimpulan yang menyatakan bahwa laboratorium virtual efektif dalam penyelesaian proyek dan memberikan pengetahuan yang kompleks kepada mahasiswa. Harms (2000) menyatakan bahwa laboratorium virtual sebagai simulasi dalam proses pembelajaran dapat membantu kita memecahkan masalah yang kompleks, menemukan konten baru, merancang model penilaian baru untuk informasi yang diketahui melalui pembelajaran penemuan, transfer pengetahuan konseptual dan prosedural, karena mengacu pada kinerja persiapan dan evaluasi percobaan laboratorium.

Lingkungan pembelajaran virtual dalam penelitian ini memberikan pengaruh yang positif bagi mahasiswa. Mereka mengalami proses belajar yang seru karena media virtual dalam beberapa hal bisa disamakan dengan permainan fisika. Ini sangat bermanfaat untuk mengurangi stres selama belajar fisika. Kondisi ini mendorong mahasiswa untuk bertanya dan lebih kreatif dalam mempelajari fisika. Hal ini sesuai dengan penelitian Byron, Khazanchi & Nazarian (2010) yang menemukan pengaruh stres terhadap kinerja kreatif yang lebih kompleks dibandingkan dengan lingkungan sebelumnya. Meskipun demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang tingkat dan kondisi stres yang sebenarnya mempengaruhi kreativitas. Lebih lanjut Evans, Yaron & Leinhardt (2008) juga mengkonfirmasi pengaruh positif penggunaan media laboratorium virtual terhadap post-test mahasiswa.

Perpaduan model dan media virtual juga membantu mahasiswa dalam meningkatkan pemahaman tentang konsep dan juga kreativitasnya. Hal tersebut didukung oleh temuan penelitian sebelumnya. Nisrina, Gunawan & Harjono (2016) dalam penelitiannya menemukan bahwa mahasiswa kelas eksperimen memahami dan mengevaluasi pembelajaran lebih baik daripada kelas kontrol karena mereka melakukan eksperimen menggunakan media virtual yang membantu mereka mengidentifikasi variabel-variabel yang diperlukan. (Kollöffel & Jong (201) juga menyimpulkan bahwa model pembelajaran dengan menggunakan laboratorium virtual memiliki kemampuan untuk meningkatkan prestasi belajar mahasiswa secara signifikan, terutama terkait dengan pemahaman mereka tentang konsep dan kemampuan prosedural dalam menyelesaikan masalah yang kompleks. Ismail, Permanasari & Setiawan (2016) juga meyakini bahwa laboratorium virtual STEM dapat meningkatkan literasi sains mahasiswa secara signifikan berdasarkan hasil uji N-gain. PjBL merupakan pendekatan pendidikan yang efektif yang menitikberatkan pada pemikiran kreatif, pemecahan masalah, dan interaksi

teman sebaya mahasiswa untuk menciptakan dan memanfaatkan pengetahuan baru (Trianto, 2014). Pengerjaan proyek dengan bantuan media virtual membangkitkan semangat mahasiswa untuk berpartisipasi aktif selama proses pembelajaran.

Proses pembelajaran yang menggunakan kombinasi model PjBL dengan media virtual ini sangat memotivasi mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman terbaik tentang tugas atau proyek yang diberikan. Mahasiswa diberi kesempatan secara bebas dan kreatif merancang, memilih proyek, mengeksplorasi secara langsung, menganalisis, berdiskusi dan refleksi. Mereka terbuka terhadap ide, masukan dan informasi baru, termasuk kritik dari rekan-rekannya selama presentasi. Banyak pengalaman baru yang muncul selama pelaksanaan proyek. Berdasarkan tanya jawab dengan dosen dan mahasiswa, sebagian besar mahasiswa merasakan bahwa pemahaman mereka tentang hamburan Compton berubah setelah mengerjakan proyek. Pemahaman konsep yang mereka miliki sebelumnya ternyata salah padahal aplikasi konsep ini ada di kehidupan sehari-hari namun tidak bisa diamati. Banyak penelitian tentang pembelajaran IPA menguatkan anggapan bahwa pembelajaran paling efektif terjadi jika dikaitkan dengan konteks kehidupan nyata karena pemahaman yang lebih dalam terjadi ketika seorang mahasiswa secara aktif mengkonstruksi makna berdasarkan pengalaman dan interaksinya sendiri (Krajcik, & Blumenfeld, 2006). Kombinasi PjBL dengan media virtual membuat pembelajaran lebih aktif, terjadi interaksi yang banyak antara mahasiswa dan dosen. Berdasarkan pengamatan, penggunaan model dan metode pembelajaran ini mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis, kolaborasi dan komunikasi mahasiswa. Tentu hal ini perlu dibuktikan kembali dalam penelitian yang lain dengan instrumen yang baku.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan dan analisis penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif penggunaan media virtual dengan model PjBL terhadap pemahaman konsep mahasiswa pada materi Hamburan Compton. Berdasarkan nilai N-Gain kedua kelas, kelas eksperimen yang diberi perlakuan memperoleh rata-rata skor pemahaman konsep yang lebih tinggi dari pada kelas kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrich, C. (2009). *Learning Online with Games, Simulations, and Virtual Worlds: Strategies for Online Instruction*. San Fransisco: John Wiley & Sons.
- Amin, B. D., & Swandi, A. (2016). Development of Physics Learning Instrument Based on Hypermedia and Its Influence on Concept Comprehension of Physics Student. *Proceeding of International Seminar on Mathematics, Science and Computer Science Education* (pp. 68-74). Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia. Retrieved January 25, 2021
- Amin, B. D., Haris, A., & Swandi, A. (2019). Implementation of physics learning based on hypermedia to enhance student's problem solving skill. *International Journal of Teaching and Education*, 7(2), 1-11.
- Amin, B. D., Nurhayati, N., Azis, A., & Swandi, A. (2019). Identifikasi Potensi Penggunaan Bahan Ajar Fisika Berbasis Simulasi Komputer yang Interaktif dengan Model Inkuiri Terbimbing pada Konsep Abstrak: Studi Literatur and Survey. In *Seminar Nasional LP2M UNM*.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2005). Enhancing Undergraduate Students' Chemistry Understanding Through Project Based Learning in An IT Environment. *Science Education*, 89(1), 117-139.

- Bell, S. (2010). Project-based Learning for The 21st Century: Skills for The Future. *The Clearing House*, 83(2), 39-43.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). "Motivating Project-Based Learning: Sustaining The Doing, Supporting The Learning". *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Byron, K., Khazanchi, S., & Nazarian, D. (2010). The Relationship Between Stressors and Creativity: A Meta-Analysis Examining Competing Theoretical Models". *Journal of Applied Psychology*, 95(1), 201-212.
- Candra, R., Flaminggo, N., Natalia, A., Yuliza, E., & Khairurrijal, K. (2019). Making Counter Clockwise Analog Thermometer Under Project-based Learning Method. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1204, No. 1, p. 012116). IOP Publishing.
- Çelik, H., Sarý, U., & Harwanto, U. N. (2015). Developing and Evaluating Physics Teaching Material with Algodoo (Phun) in Virtual Environment: Archimedes' Principle. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (formerly CAL-laborate International)*, 23(4), 40-50.
- ChanLin, L. J. (2008). Technology Integration Applied to Project Based Learning in Science. *Innovations in Education and Teaching International*, 45(1), 55-65.
- Cheng, K. K., Thacker, B. A., Cardenas, R. L., & Crouch, C. (2004). Using An Online Homework System Enhances Students' Learning of Physics Concepts in An Introductory Physics Course. *American Journal of Physics*, 72(11), 1447-1453.
- Ekasari, R. R., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Langsung Berbantuan Media Laboratorium Terhadap Kreativitas Fisika Mahasiswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(3), 106-110.
- Evans, K. L., Yaron, D., & Leinhardt, G. (2008). Learning Stoichiometry: A Comparison of Text and Multimedia Formats. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 208-218.
- Gunawan, G., Sahidu, H., Harjono, A., & Suranti, N. M. Y. (2017). The effect of project based learning with virtual media assistance on student's creativity in physics. *Cakrawala Pendidikan*, (2), 167-179
- Gunawan, G & Liliyasi, L. (2012). Model Virtual Laboratory Fisika Modern untuk Meningkatkan Disposisi Berpikir Kritis Calon Dosen. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, Th. XXXI, No.2, 185-199.
- Gunawan, G., Setiawan, A., & Widyantoro, D. H. (2013). Model Virtual Laboratory Fisika Modern untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains Calon Dosen. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran (JPP)*, 20(1), 25-32.
- Harms, U. (2000). Virtual and Remote Labs in Physics Education. *Paper presented at Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education*.
- Husein, S., Herayanti, L., & Gunawan, G. (2015). "Pengaruh Penggunaan Multimedia Interaktif Terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa pada Materi Suhu dan Kalor". *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(3), 221-225.
- Kollöffel, B., & Jong, T. (2013). Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. *Journal of engineering education*, 102(3), 375-393.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). *Project- based Learning*. The Cambridge Handbook and Learning Science.

- Luthvitasari, N., & Linuwih, S. (2012). Implementasi Pembelajaran Fisika Berbasis Proyek terhadap Keterampilan Berpikir Kritis, Berpikir Kreatif dan Kemahiran Generik Sains. *Journal of Innovative Science Education*, 1(2), 92-97.
- Magyar, Z., & Žáková, K. (2010). "Using Scilab for Building of Virtual Lab". In *Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2010 9th International Conference* on (pp. 280-283). IEEE.
- Nisrina, N., Gunawan, G., & Harjono, A. (2016). "Pembelajaran Kooperatif dengan Media Virtual untuk Peningkatan Penguasaan Konsep Fluida Statis Mahasiswa". *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(2), 66-72.
- Palloan, P., & Swandi, A. (2019). Development of learning instrument of active learning strategy integrated with computer simulation in physics teaching and learning on makassar state university. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1157, No. 3, p. 032016). IOP Publishing. Retrieved January 25, 2021
- Romansky, R. (2010). Virtual Research Laboratory–Conceptual Model and Preliminary Stochastic Investigation. In *Proc. of The Int'l Conference on e-Learning and Knowledge Society (e-Learning'10)*, 26-27.
- Suranti, N. M. Y., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2016). "Pengaruh Model Project Based Learning Berbantuan Media Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Peserta didik pada Materi Alat-alat Optik". *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(2), 73-79.
- Swandi, A., Amin, B. D., Haris, A., & Subaer, S. (2015). Development of virtual laboratory hypermedia based on atomic physics at sman 1 pinrang. *Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences 2015, Yogyakarta State University*. Retrieved January 25, 2021
- Swandi, A., Amin, B. D., & Muin, F. (2018). 21th century physics learning in senior high school through interactive computer simulation to enhance students achievement. In *International Conference on Mathematics and Science Education of Universitas Pendidikan Indonesia* (Vol. 3, pp. 130-135). Retrieved January 25, 2021
- Swandi, A., & Amin, B. D. (2016). The Development of Student's Worksheet of Physics Based on Virtual Simulation and Its Influence on Physics Learning Outcomes of Students. In *Proceeding International Conference on Mathematic, Science, Technology, Education and their Applications* (Vol. 1, No. 1). Retrieved January 25, 2021
- Swandi, A., Hidayah, S. N., & Irsan, L. J. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual untuk Mengatasi Miskonsepsi Pada Materi Fisika Inti di SMAN 1 Binamu, Jeneponto. *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(52), 20-24
- Swandi, A., Amin, B. D., Viridi, S., & Eljabbar, F. D. (2020). Harnessing technology-enabled active learning simulations (TEALSIm) on modern physics concept. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1521, No. 2, p. 022004). IOP Publishing. Retrieved January 25, 2021
- Swandi, A., Aprianto, F., & Rahmadhanningsih, S. (2020). Project Based Learning Based on Laboratory Experiments to Produce Laser Diffraction Experimental Devices on CD and DVD with 2 Measurement Methods. *Indonesian Journal of Educational Studies*, 23(2), 108-117.
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., Viridi, S., Nurhayati, N., Putri, R. A., & Suryadi, A. (2021). Simulasi Gerak Translasi Dan Gerak Melingkar Menggunakan Vba Macro Excel Melalui Project Based Learning (PBL). *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 33-42.

- Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. California: The Autodesk Foundation.
- Trianto, I. B. (2014). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif, dan Kontekstual*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Tüysüz, C. (2010). The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and Attitude in Chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(1), 37-53.
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2017). Penerapan Laboratorium Virtual pada Mata Kuliah Eksperimen Fisika terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Papua. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 6(1), 75-81.
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2018). Implementasi pembelajaran fisika berbasis laboratorium virtual terhadap keterampilan proses sains dan persepsi mahasiswa. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 18-28.