



Pengembangan Buku Ajar Kultur Jaringan Berbasis *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Biologi

Development of a Tissue Culture Textbook Based on Project-Based Learning to Enhance Science Process Skills of Biology Students

Yolanda Putri Azzahra ¹, Fauziyah Harahap ^{2*}, Nurul Huda Panggabean ³, Aristo Hardinata ⁴, Cicik Suriani ⁵, Tini Rosalia Gulton ⁶

^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Ps. V, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia

Abstrak

Minimnya kegiatan praktikum dan kurang lengkapnya materi pada buku kultur jaringan di perpustakaan serta tidak terintegrasikannya model pembelajaran yang dapat melatih keterampilan proses sains (KPS) di dalam buku-buku tersebut membuat rata-rata tingkat KPS mahasiswa Biologi di Universitas Negeri Medan tergolong sedang (49,26). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku ajar kultur jaringan berbasis *Project Based Learning* serta mengetahui tingkat keefektifan buku dalam meningkatkan KPS mahasiswa biologi pada materi kultur jaringan. Penelitian menggunakan model pengembangan 4D. Subjek penelitian ini terdiri dari ahli materi, ahli media dan desain, dosen kultur jaringan dan 47 orang mahasiswa. Instrumen yang digunakan: lembar studi dokumentasi, lembar wawancara, lembar angket analisis kebutuhan, lembar uji validasi, angket respon dosen dan mahasiswa serta tes KPS. Teknik pengumpulan data yang menggunakan studi dokumentasi, wawancara, kuesioner dan tes sedangkan teknik analisis data dilakukan dengan uji N-Gain. Hasil menunjukkan bahwa persentase kelayakan buku berdasarkan penilaian ahli materi 90,26% (sangat layak) dan ahli media desain 98,6% (sangat layak). Respon dosen memperoleh persentase sebesar 89,06% dengan kategori layak. Uji coba perorangan sebesar 91,66%, uji coba kelompok kecil sebesar 89,5% dan uji coba kelompok besar sebesar 90,21%. Ketiganya berada pada kategori sangat layak. Rata-rata N-Gain KPS mahasiswa memperoleh nilai 0,6 dan rata-rata N-Gain KPS per indikator memperoleh nilai 0,65, kedua angka tersebut berada pada kategori sedang. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa buku ajar berbasis PjBl cukup efektif dalam meningkatkan KPS biologi pada materi kultur jaringan di Universitas Negeri Medan.

Kata kunci: Buku ajar; *Project-based learning*; Keterampilan proses sains

Abstract

The lack of practical activities and incomplete materials in tissue culture books available in the library, as well as the absence of integrated learning models to train science process skills (SPS) within these books, have resulted in an average SPS level of 49.26 among Biology students at Universitas Negeri Medan, which is considered moderate. This study aims to develop a tissue culture textbook based on Project-Based Learning (PjBL) and determine its effectiveness in improving the SPS of Biology students in tissue culture topics. The study employed the 4D development model. The research subjects included material experts, media and design experts, tissue culture lecturers, and 47 Biology students. The instruments used were documentation sheets, interview sheets, needs analysis questionnaires, validation sheets, lecturer and student response questionnaires, and SPS tests. Data collection techniques included documentation studies, interviews, questionnaires, and tests, while data analysis was conducted using the N-Gain test. The results showed that the textbook's feasibility, based on material experts' evaluation, scored 90.26% in the "very feasible" category, and the media and design experts' evaluation scored 98.6% in the "very feasible" category. Lecturer responses scored 89.06% in the "feasible" category. The individual trial scored 91.66%, the small group trial scored 89.5%, and the large group trial scored 90.21%, all of which were in the "very feasible" category. The average N-Gain of students' SPS scored 0.6, and the average N-Gain per indicator scored 0.65, both categorized as moderate. Based on these findings, it can be concluded that the PjBL-based textbook is moderately effective in improving Biology students' SPS in tissue culture topics at Universitas Negeri Medan.

Keywords: Textbook; *Project-based learning*; Science process skills

Article History

Received: December 23, 2024; Accepted: April 23, 2025; Published: June 30, 2025

Corresponding Author*

Fauziyah Harahap, Jurusan Biologi, Universitas Negeri Medan, E-mail: fauziyahharahap@unimed.ac.id

PENDAHULUAN

Pembelajaran adalah sebuah bagian penting dari pendidikan. Berdasarkan [UU No. 20 Tahun 2003](#) tentang Sisdiknas pada Pasal 1 ayat 20, dikatakan bahwa “Pembelajaran merupakan proses interaksi siswa dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar.” Sebagai bagian dari sebuah pendidikan, proses pembelajaran dilaksanakan mulai dari taman kanak-kanak hingga ke perguruan tinggi. Salah satu jenis perguruan tinggi adalah universitas yang menyediakan berbagai macam rumpun ilmu pengetahuan, salah satunya yaitu biologi. Biologi merupakan ilmu yang mempelajari mengenai segala macam organisme yang hidup di bumi serta interaksi mereka dengan lingkungannya ([Afriadi & Yuni, 2018](#)). Menurut Carin dan Sund (dikutip dalam [Budi et al., 2022](#)), pembelajaran dalam biologi idealnya berhubungan dengan *scientific processes*, *scientific products*, dan *scientific attitude*. *Scientific processes* berkaitan dengan aktivitas ilmiah yang digunakan untuk melatih keterampilan proses sains (KPS) para peserta didik. *Scientific products* berkaitan dengan produk sains yang dihasilkan oleh peserta didik. Sementara itu, *scientific attitudes* berkaitan dengan sikap-sikap ilmiah. Dari ketiga hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa pembelajaran biologi memiliki kaitan erat dengan keterampilan proses sains ([Suryaningsih, 2017](#)).

Keterampilan proses sains (KPS) adalah segala keterampilan atau kemampuan yang diterapkan untuk memahami serta mengaplikasikan berbagai macam metode ilmiah dalam mempelajari suatu fenomena alam ([Elvanisi et al., 2018](#)). Keterampilan yang dimiliki peserta didik akan membuat mereka mampu memecahkan suatu permasalahan meskipun sains, informasi dan teknologi nantinya bisa berubah ([Simarmata et al., 2022](#)). Keterampilan proses sains mempunyai kelebihan yaitu dapat menghasilkan peserta didik yang lebih aktif, terampil, kreatif dan mampu menemukan suatu wawasan yang baru ([Avianti & Yonata, 2015](#)). Mahasiswa biologi sangat diharapkan dapat memiliki keterampilan proses sains yang baik pada semua mata kuliah, salah satunya yaitu pada mata kuliah kultur jaringan. Kultur jaringan merupakan sebuah mata kuliah yang mempelajari mengenai usaha perbanyakan tanaman dan menjadikannya sebagai tanaman lengkap dengan sifat yang sama seperti induknya melalui metode isolasi bagian dari tanaman tersebut dan menumbuhkannya dalam kondisi aseptik ([Harahap et al., 2019](#)). Teknik kultur jaringan memiliki peran penting dalam dunia biologi modern yaitu di antaranya dapat memperbanyak tanaman secara cepat dan dalam jumlah yang besar, memproduksi tanaman yang sehat, melestarikan tumbuhan yang terancam punah, mengembangkan tanaman transgenik, memproduksi senyawa metabolit sekunder, konservasi plasma nutfah serta berperan sebagai alat penelitian pada bidang genetika dan bioteknologi ([Basri, 2016](#)). Keterampilan proses sains sangat penting dalam mata kuliah kultur jaringan karena setiap tahapan pengerjaannya membutuhkan keahlian dalam melakukan metode ilmiah seperti mengamati, menggunakan alat bahan,

merumuskan hipotesis, membuat rancangan percobaan dan lain sebagainya. Semua metode ilmiah tersebut dapat dilakukan jika mahasiswa memiliki keterampilan proses sains yang baik.

Untuk mengetahui tingkat KPS mahasiswa pada materi-materi kultur jaringan tersebut, maka peneliti membuat tes KPS awal yang berfokus pada materi konsep dasar kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan serta teknik bekerja aseptik. Berdasarkan data hasil tes KPS awal yang telah diberikan kepada 26 responden mahasiswa Jurusan Biologi stambuk 2020 dan 2021, dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat keterampilan proses sains mereka berada pada angka 49,26 dan masih termasuk dalam kategori sedang.

Tingkat keterampilan proses sains responden yang masih berada pada kategori sedang dapat disebabkan karena minimnya pelaksanaan kegiatan praktikum pada mata kuliah tersebut. [Siswono \(2017\)](#) menjelaskan bahwa kegiatan praktikum mampu mengajak siswa untuk lebih aktif selama mengikuti proses pembelajaran dan memungkinkan tumbuhnya keterampilan proses sains pada diri mereka. Oleh karena itu, minimnya kegiatan praktikum di dalam mata kuliah kultur jaringan tersebut dapat menjadi salah satu alasan rendahnya tingkat KPS para mahasiswa.

Selain itu, berdasarkan studi dokumentasi yang dilakukan di perpustakaan Universitas Negeri Medan, ditemukan sebanyak tujuh judul buku kultur jaringan yang berbeda. Semua buku tersebut memiliki penjelasan materi yang baik namun terdapat beberapa buku yang kurang lengkap dalam menjelaskan materi-materi dasar seperti konsep kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan dan teknik bekerja aseptik. Buku konvensional yang ditemukan selama proses studi dokumentasi cenderung hanya fokus pada teori tanpa mengajak mahasiswa untuk terlibat dalam proyek nyata sebagai penerapan terhadap materi yang sudah mereka pelajari sehingga hal tersebut membuat keterampilan proses sains mereka tidak berkembang. Sehingga, perlu dikembangkannya buku ajar kultur jaringan yang membahas materi-materi dasar secara lengkap serta sudah berbasis pada sebuah model pembelajaran yang dapat melatih keterampilan proses sains sehingga tingkat KPS mahasiswa yang membacanya dapat meningkat.

Salah satu model pembelajaran yang meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik adalah *Project Based Learning*. [Abidin \(2014\)](#) mendefinisikan model *Project Based Learning* (PjBL) sebagai suatu model pembelajaran yang mengajak peserta didik untuk terlibat langsung dalam kegiatan pembelajaran melalui aktivitas pengamatan atau eksperimen untuk menyelesaikan suatu proyek tertentu. Model *Project Based Learning* mampu mengajak siswa untuk terlibat aktif selama proses pembelajaran melalui kegiatan proyek yang sesuai dengan kehidupan nyata sehingga dapat meningkatkan pemahaman mereka secara teori sekaligus mengembangkan keterampilan proses sains mereka dalam indikator observasi, perencanaan percobaan, interpretasi dan lain sebagainya ([Nurtriana et al., 2024](#)).

Buku ajar kultur jaringan yang dikembangkan akan berfokus pada tiga materi dasar yaitu konsep dasar kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan dan teknik bekerja aseptik. Di mana

selain berisi berbagai penjelasan mengenai materi-materi tersebut, di dalam buku ini juga dilengkapi dengan berbagai macam gambar, Qr-Code yang mengarah kepada video pembelajaran, latihan berbasis keterampilan proses sains serta tugas proyek yang diimplementasikan ke dalam kegiatan praktikum. Dari hasil analisis kebutuhan mahasiswa yang telah dilakukan, 70% menjawab sangat setuju jika dilakukan pengembangan terhadap buku tersebut, sementara 30% lainnya menjawab setuju.

Sesuai dengan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, penelitian ini berupaya mengembangkan buku ajar kultur jaringan berbasis *project based learning* dan mengetahui bagaimana tingkat keefektifan buku ajar tersebut dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) di Universitas Negeri Medan. Penelitian ini dapat menjadi salah satu acuan bagi akademisi serta praktisi pendidikan yang juga ingin mengembangkan buku ajar berbasis *project based learning* sebagai upaya meningkatkan keterampilan proses sains para pembacanya.

METODE

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian pengembangan atau RnD (*Research and Development*) dan menggunakan model Four-D (4D) yang dikembangkan oleh Thiagarajan et al. (1974). Model pengembangan ini memiliki 4 tahapan yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Tahap pendefinisian terdiri dari 5 langkah yaitu analisis ujung depan, analisis siswa, analisis tugas, analisis konsep dan analisis tujuan pembelajaran. Tahap perancangan terdiri dari 4 langkah yaitu penyusunan standar tes, pemilihan media, pemilihan format dan desain awal produk. Tahap pengembangan terdiri dari 2 langkah yaitu validasi ahli dan uji coba produk sementara pada tahap penyebaran akan dilakukan uji efektivitas produk. Subjek dalam penelitian ini di antaranya yaitu ahli validator (validator materi, validator media dan desain), dosen kultur jaringan Universitas Negeri Medan dan mahasiswa program studi Biologi non dik kelas B 2022.

Teknik pengumpulan data pada penelitian pengembangan ini dilakukan dengan studi dokumentasi, wawancara, kuesioner atau angket dan tes. Studi dokumentasi bertujuan untuk melihat bagaimana isi dari buku-buku kultur jaringan yang tersedia di perpustakaan Universitas Negeri Medan. Adapun kisi-kisi lembar studi dokumentasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi lembar studi dokumentasi

Aspek	Indikator	Jumlah	Nomor
Ketersediaan	Jumlah Buku kultur jaringan di perpustakaan Unimed	1	1
Kesesuaian	Kesesuaian buku dengan materi yang ada di RPS	1	2
Kelengkapan	Kelengkapan isi yang disajikan di dalam buku	1	3
Keterampilan proses sains	Upaya buku dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa	1	4

Wawancara dilakukan kepada beberapa mahasiswa biologi untuk mengetahui buku kultur jaringan yang mereka miliki dan bagaimana kegiatan praktikum yang terlaksana di kelas. Adapun kisi-kisi lembar wawancara tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisi-kisi lembar wawancara

Aspek	Indikator	Jumlah	Nomor
Buku	Ketersediaan buku dalam proses pembelajaran	1	1
Sumber buku	Asal sumber dari buku yang dimiliki	1	2
Praktikum	Pelaksanaan praktikum	1	3

Kuesioner dilakukan dengan menyebarkan angket validasi kepada dosen ahli dan angket respon kepada dosen serta mahasiswa yang dilakukan pada tahap pengembangan. Validasi dosen ahli terdiri dari ahli materi serta ahli media dan desain. Kisi-kisi angket validasi ahli materi mencakup aspek kelayakan isi materi, pembelajaran PjBL, dan kelayakan penyajian. Sedangkan angket untuk ahli media desain mencakup aspek kelayakan penyajian, kelayakan kegrafikaan, kelayakan desain cover, dan kelayakan desain isi buku. Selain angket validasi, terdapat pula angket respon dosen yang mengukur aspek kelayakan isi buku dan ketertarikan. Sedangkan angket respon mahasiswa disusun dengan mengukur aspek kelayakan isi buku dan ketertarikan terhadap produk buku ajar. Teknik selanjutnya adalah tes yang digunakan untuk menguji tingkat keefektifan produk dengan memberikan *pretest* dan *posttest*. Tes berbentuk esai dan berbasis pada 10 indikator keterampilan proses sains. Adapun kisi-kisi tes keterampilan proses sains tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kisi-kisi tes keterampilan proses sains

Indikator	Sub indikator
Mengamati	Mengamati gambar perbedaan eksplan sebelum dan sesudah dikulturkan dan memberikan alasan mengapa hal tersebut bisa terjadi Mengamati gambar berbagai jenis keadaan eksplan lalu menuliskan apa yang terjadi pada semua eksplan tersebut
Mengelompokkan	Menentukan nama dari masing-masing ruangan berdasarkan ciri-ciri yang telah diberikan
Menafsirkan	Memberikan kesimpulan berdasarkan tabel yang berisi data hasil suatu penelitian
Meramalkan	Menyampaikan apa yang akan terjadi jika kelembaban ruangan kultur dibuat lebih tinggi ataupun kurang dari 70% Menyampaikan apa yang akan terjadi jika blower tidak dinyalakan selama bekerja menggunakan LAFC
Mengajukan pertanyaan	Membuat 3 pertanyaan berdasarkan pernyataan yang diberikan pada soal
Merumuskan hipotesis	Menuliskan 4 kemungkinan penyebab terjadinya kontaminasi pada eksplan
Merencanakan percobaan	Merancang prosedur sterilisasi eksplan berdasarkan bahan-bahan sterilan yang sudah ditentukan
Menggunakan alat atau bahan	Menjelaskan cara penggunaan autoklaf dengan benar
Menerapkan konsep	Menerapkan konsep yang telah dipelajari untuk menjelaskan alasan konsentrasi NaOCL dan lamanya perendaman yang digunakan pada tiap eksplan penelitian berbeda beda
Mengkomunikasikan	Mengubah penyajian data penelitian yang diberikan ke dalam bentuk tabel

Teknik analisis data pada penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

a. Analisis data angket

Langkah-langkah analisis data angket yang diperoleh pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Data *check list* yang diperoleh dari jawaban angket akan dihitung nilainya secara keseluruhan. Kriteria penilaian angket yang digunakan tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria penilaian angket

Skala	Nilai
Sangat layak	4
Layak	3
Cukup layak	2
Kurang layak	1

(Sugiyono, 2019)

2. Menghitung tingkat kelayakan produk dengan melihat presentase skor keseluruhan angket.

$$P = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100 \%$$

Keterangan: P = Presentase skor

3. Menarik kesimpulan akhir sesuai dengan kriteria persentase kelayakan buku yang tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria persentase kelayakan buku ajar

Interval presentase (%)	Kriteria	Deskripsi
82-100	Sangat layak	Produk buku dapat dimanfaatkan dilapangan dan tidak direvisi
63-81	Layak	Produk buku dapat dimanfaatkan dilapangan
44-62	Kurang layak	Merevisi buku dengan menyempurnakan kelemahan-kelemahan pada produk yang dikembangkan
25-43	Tidak layak	Produk dinyatakan gagal, sehingga perlu dilakukan revisi besar terhadap isi produk

(Nurmalasari, 2016)

b. Analisis data tes keterampilan proses sains mahasiswa

Analisis ini digunakan untuk mengetahui bagaimana tingkat keterampilan proses sains mahasiswa sebelum diberikan perlakuan (*pretest*) dan sesudah perlakuan (*post test*). Analisis KPS mahasiswa dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$P = \frac{\text{Nilai KPS yang diperoleh}}{\text{Jumlah maksimum}} \times 100 \%$$

Keterangan: P = Presentase skor

Hasil perhitungan yang diperoleh kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria yang tercantum pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria penilaian keterampilan proses sains

No	Presentase	Kriteria
1	$66,67\% \leq X$	Tinggi
2	$33,33\% \leq X < 66,67\%$	Sedang
3	$X < 33,33\%$	Rendah

(Fadillah, 2017)

c. Analisis data uji efektivitas buku

Uji efektivitas buku ajar yang dikembangkan dihitung menggunakan rumus N-Gain di bawah ini:

$$N - gain = \frac{Skor\ posttest - Skor\ pretest}{Skor\ maksimal - Skor\ pretest}$$

Sementara itu, kriteria peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa setelah diberikan perlakuan dapat dilihat berdasarkan kategori yang tercantum pada Tabel 7.

Tabel 73. Kriteria N-Gain

Skor	Kriteria
$0,7 \leq g \leq 1$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$0 < g < 0,3$	Rendah
$g = 0$	Tidak ada peningkatan
$-1 \leq g < 0$	Terjadi penurunan

(Sukarelawan et al., 2024)

Selanjutnya, kriteria keefektifan penerapan buku ajar yang dikembangkan terhadap peningkatan KPS mahasiswa dapat dilihat berdasarkan kategori yang tercantum pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria penentuan tingkat keefektifan buku ajar

Persentase (%)	Kriteria
< 40	Tidak efektif
40-55	Kurang efektif
56-75	Cukup efektif
> 76	Efektif

(Sukarelawan et al., 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian pengembangan ini menggunakan model 4D (*Define, Desig, Develop, Disseminate*). Berikut di bawah ini pemaparan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

a. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahapan ini memiliki 5 langkah yaitu di antaranya analisis ujung depan, analisis siswa, analisis tugas, analisis konsep dan analisis tujuan pembelajaran. Berdasarkan analisis ujung depan, produk yang akan dikembangkan adalah buku ajar berbasis *Project Based Learning* untuk meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa biologi pada materi kultur jaringan di Universitas Negeri Medan. Analisis siswa dilakukan dengan memberikan angket analisis

kebutuhan kepada beberapa mahasiswi biologi stambuk 2020 dan 2021. Hasilnya, sebanyak 70% menjawab sangat setuju dan 30% lainnya menjawab setuju bahwa buku ajar tersebut perlu dikembangkan. Berdasarkan tes KPS yang telah diberikan pada analisis ujung depan, maka capaian pembelajaran yang masih harus dipenuhi oleh mahasiswa yaitu CP-MK 1: Mahasiswa memahami konsep, teori tentang sel dan konsep totipotensi serta CP-MK 2: Mahasiswa memahami dan menjelaskan tentang prinsip-prinsip dasar kultur jaringan, persyaratan bahan, alat, sterilisasi dan kondisi umum yang dibutuhkan dalam teknik kultur jaringan. Pokok bahasan/bahan kajian yang harus dikembangkan yaitu di antaranya: 1) Pendahuluan: Teori sel dan konsep totipotensi dan 2) persyaratan laboratorium, alat, sterilisasi dan kondisi umum teknik kultur jaringan. Sesuai dengan dua pokok bahasan tersebut, maka buku yang akan dikembangkan dibagi menjadi 3 bab yaitu konsep dasar kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan dan teknik bekerja aseptik. Sementara itu, tujuan pembelajaran akan disesuaikan dengan setiap bab di buku ajar yang dikembangkan.

b. Perancangan (*Design*)

Pada tahap perancangan terdapat 4 proses yaitu penyusunan standar tes, pemilihan media, pemilihan format dan desain awal produk. Penyusunan standar tes dilakukan sesuai dengan hasil dari analisis siswa dan tujuan pembelajaran. Tes yang disusun adalah tes keterampilan proses sains yang berisi 10 soal essay dalam bentuk *pretest* dan *posttest*. Tes ini disusun berdasarkan 10 indikator KPS yaitu di antaranya mengamati, mengelompokkan, menafsirkan, meramalkan, mengajukan pertanyaan, membuat hipotesis, merancang percobaan, menggunakan alat atau bahan, menerapkan konsep dan mengkomunikasikan. Dalam penelitian ini, materi yang akan dikembangkan terbagi menjadi 3 bab yaitu di antaranya konsep dasar kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan dan teknik bekerja aseptik. Media yang dipilih yaitu buku ajar kultur jaringan berbasis *project based learning*. Di dalam buku ajar tersebut akan berisi penjelasan materi, gambar-gambar pendukung, QR-Code yang berisi video pembelajaran dari *platform* youtube, latihan berbasis keterampilan proses sains, serta kegiatan proyek berbasis praktikum.

Adapun format yang digunakan terdiri dari format sampul buku, format sistematika buku, dan format penyajian buku. Format sampul buku terdiri dari judul, sub judul, nama penulis beserta dosen pembimbing skripsi, logo universitas, sinopsis buku serta gambar pendukung terkait kultur jaringan. Format sistematika buku ajar menjadi 3 bagian yaitu pendahuluan, isi dan penutup. Pendahuluan buku ajar berisi sampul buku, pengantar, daftar isi, daftar gambar, petunjuk penggunaan buku dan pendahuluan. Pada bagian isi terdapat penjelasan materi yang dibagi menjadi 3 bab yaitu konsep dasar kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan dan teknik bekerja aseptik. Setelah bab 3 selesai di bahas, terdapat pula tugas proyek yang harus dikerjakan oleh para mahasiswa. Sementara itu, bagian penutup buku ajar terdiri dari glosarium, index, daftar pustaka dan tentang penulis. Format penyajian buku ajar yang dipilih terdiri dari ukuran buku, jenis huruf,

ukuran huruf, tata letak, serta pemilihan komponen warna. Rancangan buku ajar yang sudah disusun dapat dilihat pada link <https://shorturl.at/DZ83A>. Tampilan dari desain awal buku ajar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan buku ajar yang dikembangkan

c. Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan dilakukan dengan 2 tahapan yaitu validasi ahli dan uji coba produk.

1. Validasi ahli

Buku ajar yang sudah disusun kemudian dinilai dan divalidasi oleh ahli materi serta ahli media dan desain. Hasil analisis penilaian dari ahli materi terhadap buku ajar dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisis data validasi buku ajar berdasarkan penilaian ahli materi

Aspek	Frekuensi				Jumlah soal	Jumlah skor	Skor maks	Rata-rata (%)	Kriteria
	4	3	2	1					
Kelayakan Isi Materi	4	4	0	0	8	28	32	87,5	Sangat layak
Kelayakan Pembelajaran PjBL	1	2	0	0	3	10	12	83,3	Sangat layak
Kelayakan Penyajian	4	0	0	0	4	16	16	100	Sangat layak
Total					15	54	60	90,26	Sangat layak

Berdasarkan Tabel 9, dapat dilihat bahwa persentase rata-rata yang diperoleh produk adalah 90,26% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Ahli tersebut menyimpulkan bahwa buku ajar berbasis PjBL yang telah dikembangkan sangat layak untuk digunakan pada tahap selanjutnya sesuai dengan revisi yang diberikan. Selanjutnya, hasil analisis penilaian dari ahli media dan desain terhadap buku ajar dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 4. Analisis data validasi buku ajar berdasarkan penilaian ahli media dan desain

Aspek	Frekuensi				Jumlah soal	Jumlah skor	Skor maks	Rata-rata (%)	Kriteria
	4	3	2	1					
Kelayakan penyajian	5	0	0	0	5	20	20	100	Sangat layak
Kelayakan kegrafikan	2	0	0	0	2	8	8	100	Sangat layak
Kelayakan desain cover	6	0	0	0	6	24	24	100	Sangat layak
Kelayakan desain isi buku	7	2	0	0	9	34	36	94,4	Sangat layak
Total					22	86	88	98,6	Sangat layak

Sesuai dengan data pada Tabel 10, dapat dilihat bahwa persentase rata-rata yang diperoleh produk adalah 98,6% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Ahli tersebut menyimpulkan bahwa buku ajar berbasis PjBL yang telah dikembangkan sangat layak untuk digunakan pada tahap selanjutnya tanpa adanya revisi.

2. Uji coba produk (*Development testing*)

Proses uji coba produk dilakukan dengan menyebarkan angket respon yang diberikan kepada dosen dan mahasiswa. Hasil analisis respon dosen terhadap buku ajar dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 5. Respon dosen terhadap buku ajar

Aspek	Frekuensi				Jumlah soal	Jumlah skor	Skor maks	Rata-rata (%)	Kriteria
	4	3	2	1					
Kelayakan isi buku	1	7	0	0	8	25	32	78,12	Sangat layak
Ketertarikan	2	0	0	0	2	8	8	100	Sangat layak
Total					22	33	40	89,06	Sangat layak

Tabel 8 menunjukkan bahwa aspek kelayakan isi buku ajar masuk ke dalam kategori layak dan aspek ketertarikan masuk ke dalam kategori sangat layak. Dari kedua aspek tersebut, maka persentase rata-rata yang diperoleh adalah 89,06% dan termasuk ke dalam kategori sangat layak.

Selain diujicobakan kepada dosen, buku ajar yang telah dinilai oleh para dosen ahli juga perlu diuji coba kepada para mahasiswa dalam tiga tahapan, yaitu uji coba perorangan menggunakan 3 responden, uji coba kelompok kecil menggunakan 10 responden dan uji coba kelompok besar menggunakan 47 responden yang dilakukan di kelas Biologi non dik kelas B stambuk 22. Hasil analisis respon yang diberikan mahasiswa pada tahap uji coba perorangan mendapatkan kriteria sangat layak (Tabel 12).

Tabel 6. Hasil analisis data uji coba perorangan

Aspek	Frekuensi				Jumlah soal	Jumlah skor	Skor maks	Rata-rata (%)	Kriteria
	4	3	2	1					
Kelayakan isi buku	12	9	0	0	21	75	84	89,28	Sangat layak
Ketertarikan	8	1	0	0	9	35	36	97,22	Sangat layak
Total					30	110	120	91,66	Sangat layak

Pasca dilakukan uji perorangan, produk selanjutnya melalui uji coba kelompok kecil yang dilakukan kepada mahasiswa mendapatkan hasil analisis respon dengan kriteria sangat layak, seperti yang terlihat pada Tabel 13.

Tabel 7. Hasil analisis uji coba kelompok kecil

Aspek	Frekuensi				Jumlah soal	Jumlah skor	Skor maks	Rata-rata (%)	Kriteria
	4	3	2	1					
Kelayakan isi buku	37	33	0	0	70	247	280	88,21	Sangat layak
Ketertarikan	21	9	0	0	30	111	120	92,5	Sangat layak
Total					100	358	400	89,5	Sangat layak

Dapat dilihat pada Tabel 13 bahwa persentase rata-rata yang diperoleh pada uji coba kelompok kecil tersebut adalah 89,5% dengan kategori sangat layak. Terakhir, hasil analisis respon yang diberikan mahasiswa pada tahap uji coba kelompok besar yang juga memperoleh kriteria sangat layak dengan persentase rata-rata 90,21 seperti yang terlihat pada Tabel 14.

Tabel 8. Hasil analisis uji coba kelompok besar

Aspek	Frekuensi				Jumlah soal	Jumlah skor	Skor maks	Rata-rata (%)	Kriteria
	4	3	2	1					
Kelayakan isi buku	197	130	1	0	328	1.180	1.312	89,93	Sangat layak
Ketertarikan	90	52	0	0	142	516	568	90,84	Sangat layak
Total					100	1.696	1.880	90,21	Sangat layak

d. Penyebaran (*Dissemination*)

Tahap penyebaran dilakukan dengan uji efektivitas produk untuk mengetahui apakah buku ajar kultur jaringan berbasis PjBL yang dikembangkan sudah efektif atau belum dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa biologi di Unimed. Uji efektivitas ini dilakukan melalui pemberian *pretest* dan *posttest* dengan kepada 47 mahasiswa Biologi non dik kelas B stambuk 22. Hasil dari uji efektivitas yang diperoleh kemudian di analisis dengan melalui 2 tahapan yaitu analisis data tes keterampilan proses sains mahasiswa dan analisis data uji efektivitas buku.

1. Analisis data tes keterampilan proses sains mahasiswa

Berdasarkan hasil analisis data *pretest* dan *posttest*, dapat dilihat bahwa persentase rata-rata nilai KPS dari 47 mahasiswa meningkat dari kriteria sedang dengan nilai 53,1% pada saat *pretest* dan berubah menjadi kriteria tinggi dengan nilai 82,27% pada saat *posttest*. Untuk lebih jelasnya, hasil rata-rata nilai KPS dari para mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 9. Hasil rata-rata tingkat keterampilan proses sains mahasiswa

Indikator Keterampilan		Pretest		Posttest	
Proses Sains	Rata-rata nilai (%)	Kriteria	Rata-rata nilai (%)	Kriteria	
Mengamati	53,82	Sedang	87,02	Tinggi	
Mengelompokkan/klasifikasi	85,53	Tinggi	100	Tinggi	
Menafsirkan	40	Sedang	68,51	Tinggi	
Meramalkan	56,38	Sedang	88,93	Tinggi	
Mengajukan pertanyaan	80,42	Tinggi	94,04	Tinggi	
Merumuskan hipotesis	76,59	Tinggi	85,53	Tinggi	
Merencanakan percobaan	37,44	Sedang	73,61	Tinggi	
Menggunakan alat atau bahan	41,27	Sedang	82,12	Tinggi	
Menerapkan konsep	40,85	Sedang	76,17	Tinggi	
Mengkomunikasikan	18,72	Rendah	66,8	Tinggi	
Rata-rata KPS mahasiswa	53,1	Sedang	82,27	Tinggi	

Berdasarkan Tabel 15, dapat diketahui bahwa persentase rata-rata semua indikator KPS para mahasiswa setelah diberikan buku ajar kultur jaringan berbasis PjBL yang telah dikembangkan termasuk dalam kategori tinggi.

2. Analisis data uji efektifitas buku

Hasil analisis uji N-Gain yang diperoleh oleh seluruh mahasiswa Biologi non dik kelas B 22 tercantum pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil uji N-Gain keterampilan proses sains mahasiswa

Klasifikasi N-Gain	Jumlah	Rata-rata N-Gain	Kriteria
Tinggi	18	0,6	Sedang
Sedang	24		
Rendah	5		

Sesuai dengan data pada Tabel 14, dapat dilihat bahwa peningkatan KPS pada 18 orang mahasiswa masuk dalam kategori tinggi, 24 orang mahasiswa masuk dalam kategori sedang dan 5 orang mahasiswa lainnya masuk dalam kategori yang rendah. Secara keseluruhan, rata-rata peningkatan keterampilan proses sains pada 47 mahasiswa Biologi non dik kelas B stambuk 22 mencapai angka 0,6 dan termasuk dalam kategori sedang. Kemudian, hasil analisis uji N-Gain KPS mahasiswa per indikator dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil uji N-Gain keterampilan proses sains mahasiswa per indikator

No	Indikator Keterampilan	Rata-rata		N-Gain	Kriteria
		Pretest	Post test		
	Proses Sains				
1	Mengamati	53,82	87,02	0,72	Tinggi
2	Mengelompokkan/klasifikasi	85,53	100	1	Tinggi
3	Menafsirkan	40	68,51	0,48	Sedang
4	Meramalkan	56,38	88,93	0,75	Tinggi
5	Mengajukan pertanyaan	80,42	94,04	0,7	Tinggi
6	Merumuskan hipotesis	76,59	85,53	0,38	Sedang
7	Merencanakan percobaan	37,44	73,61	0,58	Sedang
8	Menggunakan alat atau bahan	41,27	82,12	0,7	Tinggi
9	Menerapkan konsep	40,85	76,17	0,6	Sedang
10	Mengkomunikasikan	18,72	66,8	0,59	Sedang
	Total rata-rata	53,1	82,27	0,65	Sedang

Tabel 17 menunjukkan bahwa indikator mengamati, mengelompokkan, meramalkan, mengajukan pertanyaan dan menggunakan alat atau bahan mengalami peningkatan pada kategori yang tinggi. Sementara itu, untuk indikator menafsirkan, merumuskan hipotesis, merencanakan percobaan, menerapkan konsep dan mengkomunikasikan mengalami peningkatan pada kategori sedang. Total rata-rata peningkatan seluruh indikator KPS pada 47 mahasiswa Biologi non dik kelas B stambuk 22 mencapai angka 0,65 dan berada pada kategori sedang. Efektivitas penggunaan buku ajar kultur jaringan berbasis PjBL dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa menunjukkan capaian rata-rata N-Gain 65%, hal ini mengindikasikan bahwa produk yang dikembangkan cukup efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa.

Pembahasan

Tahapan pendefinisian digunakan untuk menemukan landasan dalam mengembangkan buku ajar kultur jaringan berbasis *Project Based Learning*. Berdasarkan hasil pada tahapan ini, maka produk yang akan dikembangkan adalah buku ajar kultur jaringan berbasis PjBL yang di dalamnya berisi 3 bab yaitu konsep dasar kultur jaringan, persyaratan kultur jaringan dan teknik bekerja aseptik. Dipilihnya model pembelajaran *project based learning* karena model tersebut dapat mengajak siswa untuk membuat perencanaan, mengimplementasikan serta melakukan evaluasi terhadap kegiatan proyek yang telah dilakukan di dalam kehidupan nyata sehingga dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam melaksanakan berbagai metode ilmiah yang ada di dalam indikator keterampilan proses sains (Afifi et al., 2016).

Setelah selesai melakukan tahap pendefinisian, maka tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah tahap perancangan. Pada tahap perancangan, hal yang dilakukan adalah menyusun tes keterampilan proses sains dan memilih media serta format yang sesuai dalam mengembangkan buku ajar yang akan disusun. Tes KPS yang telah disusun kemudian divalidasi terlebih dahulu oleh dosen yang ahli dalam bidang tersebut. Kemudian, selanjutnya dilakukan desain awal buku ajar sesuai dengan media serta format yang telah ditentukan. Desain awal tersebut terlebih dahulu diserahkan kepada dosen pembimbing untuk direview dan diberikan masukan.

Tahapan selanjutnya adalah tahap pengembangan. Pada tahapan ini dilakukan proses validasi ahli dan uji coba produk. Validasi buku ajar yang dikembangkan dilakukan oleh ahli materi serta ahli media dan desain. Validasi pertama dilakukan oleh ahli materi. Berdasarkan penilaian dari ahli materi, diketahui bahwa aspek kelayakan isi materi memperoleh persentase rata-rata sebesar 87,5%, aspek kelayakan pembelajaran PjBL sebesar 83,3% dan aspek kelayakan penyajian sebesar 100%. Ketiga aspek tersebut berada pada kategori sangat layak. Sementara itu, untuk persentase rata-rata penilaian ahli materi terhadap buku ajar berada pada angka 90,26% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Sesuai dengan penilaian dari dosen ahli materi tersebut, diperoleh beberapa saran perbaikan seperti penambahan materi mengenai media kultur, penambahan materi mengenai teknik-teknik pada kultur jaringan dan penambahan kegiatan refleksi pada tugas proyek.

Validasi kedua yang dilakukan adalah validasi oleh ahli media dan desain. Berdasarkan penilaian dari ahli tersebut, diketahui bahwa aspek kelayakan penyajian, kelayakan kegrafikan dan kelayakan desain cover memperoleh persentase rata-rata sebesar 100%. Sementara untuk aspek kelayakan desain isi buku memperoleh rata-rata sebesar 94,4%. Semua aspek tersebut berada pada kategori sangat layak. Sementara itu, untuk persentase rata-rata penilaian ahli media dan desain terhadap buku ajar 98,6% dengan kategori sangat layak. Selama proses penilaian, tidak terdapat saran ataupun masukan yang diberikan oleh dosen ahli tersebut terhadap buku ajar kultur jaringan berbasis PjBL sehingga aspek media dan desain pada produk ini tidak perlu direvisi.

Setelah buku dinilai valid dan sudah dilakukan revisi sesuai dengan masukan dari para dosen ahli, maka selanjutnya dilakukan uji coba produk. Produk tersebut diuji cobakan kepada dosen dan mahasiswa untuk melihat bagaimana respon mereka terhadap buku ajar yang dikembangkan. Berdasarkan respon yang diberikan oleh dosen kultur jaringan, diketahui bahwa aspek kelayakan isi buku memperoleh persentase rata-rata sebesar 78,12% dengan kategori layak dan aspek ketertarikan sebesar 100% dengan kategori sangat layak. Sementara itu, untuk persentase rata-rata respon dosen terhadap buku ajar yang dikembangkan adalah 89,06% dengan kategori sangat layak. Tahapan selanjutnya adalah meminta respon mahasiswa yang dibagi menjadi 3 uji yaitu uji coba perorangan, uji coba kelompok kecil dan uji coba kelompok besar.

Respon mahasiswa dilakukan berdasarkan dua aspek penilaian yaitu isi buku dan ketertarikan. Persentase rata-rata respon mahasiswa terhadap buku ajar yang dikembangkan pada uji coba perorangan adalah 91,66%, uji coba kelompok kecil sebesar 89,5% dan uji coba kelompok besar sebesar 90,21%. Seluruh respon dari ketiga uji tersebut masuk dalam kategori sangat layak.

Setelah selesai melakukan tahap pengembangan, maka tahapan terakhir yang dilakukan adalah tahap penyebaran. Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan uji efektivitas produk. Uji efektivitas tersebut bertujuan untuk melihat kemampuan buku kultur jaringan berbasis PjBL yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa biologi di Unimed. Sesuai dengan hasil analisis data yang dilakukan, diketahui persentase rata-rata KPS mahasiswa pada saat *pretest* adalah 53,1% dengan kategori sedang dan persentase rata-rata KPS mahasiswa pada saat *posttest* adalah 82,27% dengan kategori tinggi. Sesuai dengan hasil yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa buku ajar tersebut mampu meningkatkan keterampilan proses sains para mahasiswa secara keseluruhan.

Kemudian, analisis data KPS mahasiswa per indikator mengamati mengalami peningkatan persentase rata-rata dari angka 53,82% (*pretest*) menjadi angka 87,02% (*posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa tugas proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam mengamati suatu objek. Hal ini dikarenakan pada saat melaksanakan tugas proyek, mereka dapat melihat secara langsung berbagai macam komponen dalam kultur jaringan di laboratorium. Hasil tersebut kemudian diperkuat oleh penelitian [Nawawi & Antika \(2017\)](#) yang mengatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang dilakukan oleh siswa melibatkan keterampilan mengamati dengan menggunakan pikiran. Pada indikator mengelompokkan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 85,53% (*Pretest*) menjadi angka 100% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa sebelum diberikan buku ajar, para mahasiswa sudah memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengelompokkan berbagai hal sesuai dengan cirinya masing-masing, namun kemampuan tersebut semakin meningkat ketika mereka menggunakan buku ajar yang telah dikembangkan.

Pada indikator menafsirkan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 40% (*Pretest*) menjadi angka 68,51% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam menafsirkan suatu hasil pengamatan. Pada indikator meramalkan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 56,38% (*Pretest*) menjadi angka 88,93% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam memprediksi suatu hal yang akan terjadi berdasarkan pengetahuan dan pengalaman yang mereka dapatkan dari kegiatan praktikum tersebut.

Pada indikator mengajukan pertanyaan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 80,42% (*Pretest*) menjadi angka 94,04% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa sebelum diberikan buku ajar, para mahasiswa sudah memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengajukan pertanyaan sesuai dengan materi yang ditentukan, namun kemampuan tersebut semakin meningkat ketika mereka menggunakan buku ajar yang telah dikembangkan. Pada indikator merumuskan hipotesis, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 76,59% (*Pretest*) menjadi angka 85,53% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa sebelum diberikan buku ajar, para mahasiswa sudah memiliki kemampuan yang tinggi dalam merumuskan berbagai kemungkinan penjelasan dari suatu peristiwa, namun kemampuan tersebut semakin meningkat ketika mereka menggunakan buku ajar yang telah dikembangkan.

Pada indikator merencanakan percobaan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 37,44% (*Pretest*) menjadi angka 73,61% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam merencanakan prosedur percobaan yang berkaitan dengan teknik kultur jaringan. Hal ini terjadi karena pada saat kegiatan praktikum dilaksanakan, semua mahasiswa terlibat langsung dalam melakukan tahap-tahap prosedur kultur jaringan di laboratorium sehingga membuat mereka lebih mudah memahami serta mampu merancang percobaan yang serupa. Dengan adanya peningkatan keterampilan proses sains mereka pada indikator merencanakan percobaan diharapkan mahasiswa mampu merancang serta melaksanakan eksperimen yang tidak hanya terbatas pada materi kultur jaringan saja melainkan pada semua materi di perkuliahan.

Pada indikator menggunakan alat atau bahan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 41,27% (*Pretest*) menjadi angka 82,12 % (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam mengetahui cara menggunakan suatu alat kultur jaringan. Hal ini dikarenakan pada saat melakukan kegiatan praktikum, semua mahasiswa memiliki kesempatan untuk mengetahui cara penggunaan suatu alat sekaligus menggunakannya secara langsung sehingga ilmu yang mereka miliki tidak hanya sekedar bacaan atau hafalan saja.

Pada indikator menerapkan konsep, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 40,85% (*Pretest*) menjadi angka 76,17% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam menerapkan konsep atau pengetahuan yang telah dipelajari pada kondisi yang baru. Pada indikator mengkomunikasikan, terjadi peningkatan persentase rata-rata dari angka 18,72% (*Pretest*) menjadi angka 66,8% (*Posttest*). Dari angka tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan proyek berbasis praktikum yang mereka lakukan mampu meningkatkan kemampuan mereka dalam mengkomunikasikan suatu hasil penelitian ke dalam bentuk yang lain guna membuat para pembaca mudah memahaminya.

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa semua indikator KPS meningkat dengan cukup signifikan sehingga semua indikator tersebut sudah masuk dalam kategori tinggi. Dari hasil tersebut, maka dapat diketahui bahwa buku ajar berbasis PjBl yang dikembangkan mampu meningkatkan setiap indikator KPS para mahasiswa. Hasil ini sejalan dengan penelitian [Chasanah et al. \(2016\)](#) yang mengatakan bahwa model PjBL secara langsung mampu mengembangkan dan melatih keterampilan proses sains para peserta didik. [Maghfiroh et al. \(2016\)](#), juga menjelaskan bahwa model pembelajaran PjBL mampu membawa pengaruh baik terhadap peningkatan keterampilan proses sains para siswa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [Andriyani et al. \(2018\)](#), dijelaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat mengajak siswa untuk melakukan aktivitas yang merangsang mereka untuk mengaplikasikan pengetahuan serta menggunakan keterampilan yang mereka punya sehingga efektif jika digunakan sebagai upaya dalam meningkatkan keterampilan proses yang mereka miliki.

Tahapan analisis terakhir yang dilakukan adalah analisis uji efektivitas produk menggunakan N-Gain. Sesuai dengan analisis data yang dilakukan, dapat dilihat bahwa peningkatan KPS 18 orang mahasiswa masuk dalam kategori tinggi, 24 orang mahasiswa masuk dalam kategori sedang dan 5 orang lainnya masuk dalam kategori rendah. Jika dihitung secara keseluruhan, maka rata-rata N-gain atau rata-rata peningkatan keterampilan proses sains pada 47 mahasiswa Biologi non dik kelas B stambuk 22 mencapai angka 0,6 dan masuk dalam kategori sedang. Sementara itu, total rata-rata peningkatan seluruh indikator KPS pada 47 mahasiswa Biologi non dik kelas B stambuk 22 mencapai angka 0,65 dan berada pada kategori sedang. Adanya peningkatan KPS para mahasiswa disebabkan karena model pembelajaran *project based learning* (PjBL) yang terintegrasikan di dalam buku ajar yang dikembangkan mampu membuat mereka terlibat aktif selama proses pembelajaran berlangsung, mereka jauh lebih aktif dalam mencari pengetahuannya sendiri serta memiliki peluang untuk langsung berinteraksi dengan objek yang sedang mereka pelajari sehingga hal tersebut mampu mengembangkan berbagai macam indikator keterampilan proses sains pada mereka ([Fitriyani et al., 2018](#)). Pentingnya keterampilan proses sains tersebut dikarenakan keterampilan ini sangat berperan penting dalam

mengembangkan kemampuan peserta didik dalam berbagai macam aspek ilmiah seperti observasi, perumusan hipotesis, menganalisis informasi, mengumpulkan data hingga membuat suatu kesimpulan berdasarkan data empiris dan bersumber pada fakta yang relevan (Novianto, 2023).

Persentase N-Gain KPS per indikator berada pada angka 65%. Kedua nilai persentase ini berada pada kategori cukup efektif. Sesuai dengan hasil tersebut maka dapat diketahui bahwa penggunaan buku ajar kultur jaringan berbasis PjBL cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa biologi di Unimed.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa buku ajar kultur jaringan berbasis *Project Based Learning* yang dikembangkan sudah cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa biologi di Universitas Negeri Medan dengan persentase N-Gain KPS per indikator sebesar 65%.

REFERENSI

- Abidin, Y. (2014). *Desain sistem pembelajaran dalam konteks kurikulum 2013*. Refika Aditama.
- Afifi, R., Hindriana, A. F., & Soetisna, U. (2016). Implementasi Project Based Learning Berbasis Praktikum Terhadap Keterampilan Dan Kesadaran Metakognitif Mahasiswa Calon Guru Biologi (Project Based Learning Methode Based Practice Implementation To Prospective Biology Teachers Metacognitive Skills And Met. *Bioedusiana*, 1(1), 29–45. <https://doi.org/10.34289/277900>
- Afriadi, R., & Yuni, R. (2018). Pengembangan jiwa bioentrepreneur mahasiswa biologi. *Jurnal Biolokus*, 1(2), 123–127. <https://doi.org/10.30821/biolokus.v1i2.353>
- Andriyani, R., Shimizu, K., & Widiyatmoko, A. (2018). The effectiveness of Project-based Learning on students' science process skills: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/3/032121>
- Avianti, R., & Yonata, B. (2015). Keterampilan Proses Sains Siswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Materi Asam Basa Kelas Xi Sman8 Surabaya. *UNESA Journal of Chemical Education*, 4(2), 224–231.
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan dalam Perbanyakan Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensi*, 10(1), 64–73.
- Budi, R. A., Sugiharto, B., & Santosa, S. (2022). Development of a science process skills-based interactive website 'bioenial' on environmental pollution material. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 15(2), 263–279. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.25347>
- Chasanah, A. R. U., Khoiri, N., & Nuroso, H. (2016). Efektivitas model project based learning terhadap keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir kreatif siswa pada pokok bahasan kalor kelas X SMAN 1 Wonosegoro tahun pelajaran 2014/2015. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 7(1), 19–24. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v7i1.1149>
- Elvanisi, A., Hidayat, S., & Fadillah, E. N. (2018). Analisis keterampilan proses sains siswa sekolah menengah atas. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(2), 245–252. <http://dx.doi.org/10.21831/jipi.v4i2.21426>

- Fadillah, E. N. (2017). Pengembangan Instrumen Penilaian Untuk Mengukur Keterampilan Proses Sains Siswa Sma. *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 1(2), 123–134. <https://doi.org/10.32502/dikbio.v1i2.770>
- Fitriyani, L. O., Koderi, & Anggraini, W. (2018). Project Based Learning: Pengaruhnya terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik di Tanggamus. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 1(3), 243–253. <https://doi.org/10.24042/ijisme.v1i3.3599>
- Harahap, F., Hasanah, A., Harahap, N. K., Pinem, M. D., Edi, S., Sipahutar, H., & Silaban, R. (2019). *Kultur Jaringan Nanas*. Media Sahabat Cendekia.
- Maghfiroh, N., Susilo, H., & Gofur, A. (2016). Pengaruh project based learning terhadap keterampilan proses sains siswa kelas X SMA Negeri Sidoarjo. *Jurnal Pendidikan : Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 1(8), 1588—1593. <http://doi.org/10.17977/jp.v1i8.6673>
- Nawawi, S., & Antika, R. N. (2017). Pengaruh Model Project Based Learning Pada Mata Kuliah Seminar Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(1), 72–79.
- Novianto, E. (2023). Improving Students' Science Process Skills Through PjBL Learning Assisted by Collaborative Project LKPD. *Reflection Journal*, 3(1), 88–95. <https://doi.org/10.36312/rj.v3i2.1849>
- Nurmalasari, N. (2016). *Analisis kelayakan buku teks kimia SMA/MA kelas XII materi benzena dan turunannya berdasarkan kriteria tahap seleksi dari 4s tmd*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Nurtriana, I., Maharani, E. T. W., & Yuliyanto, E. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based learning (PjBL) terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik kelas V Sekolah Dasar pada Materi IPA. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 5(9), 783–797. <https://doi.org/10.59141/japendi.v5i9.4302>
- Simarmata, R. N., Sigit, D. V., & Miarsyah, M. (2022). Meta-Analisis Pembelajaran berbasis Materi Lokal Indonesia terhadap Keterampilan Proses Sains. *Bioedusiana*, 7(1), 184–191. <https://doi.org/10.37058/bioed.v7i1.4336>
- Siswono, H. (2017). Analisis pengaruh keterampilan proses sains terhadap penguasaan konsep fisika siswa. *Momentum: Physics Education Journal*, 1(2), 83–90. <https://doi.org/10.21067/mpej.v1i2.1967>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.
- Sukarelawan, I., Indratno, T. K., & Ayu, S. M. (2024). *N-Gain vs Stacking*. Penerbit Suryacahya.
- Suryaningsih, Y. (2017). Pembelajaran Berbasis Praktikum Sebagai Sarana Siswa Untuk Berlatih Menerapkan Keterampilan Proses Sains Dalam Materi Biologi. *Jurnal Bio Educatio*, 2(2), 49–57. <https://doi.org/10.31949/be.v2i2.759>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. National Center for Improvement Educational System.