

Manual Book

Model D-PjBL

DIGITAL - PROJECT BASED LEARNING

Untuk Meningkatkan Conceptual Understanding
dan Problem Solving Skill



Student-Centered



Project-Based



Digital-Integrated



Problem Solving Oriented



Authentic &
Collaborative

ATIP NURWAHYUNANI
WIWI ISNAENI
SITI ALIMAH
ADITYA MARIANTI

Manual book

MODEL *DIGITAL PROJECT BASED LEARNING* (D-PjBL)

Penulis : Atip Nurwahyunani
Wiwi Isnaeni
Siti Alimah
Aditya Marianti
Editor : Atip Nurwahyunani
Penata Letak : Atip Nurwahyunani
Desain Sampul : Atip Nurwahyunani
Email : atipnurwahyunan@upgris.ac.id
Website : <https://atipnurwahyunani.com>

HAK CIPTA

Hak cipta © 2026

oleh : Atip Nurwahyunani, Wiwi Isnaeni, Siti Alimah, dan Aditya Marianti

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang Republik Indonesia.

Dilarang memperbanyak, mendistribusikan, atau mentransmisikan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi, rekaman, atau sistem penyimpanan dan pengambilan informasi, tanpa izin tertulis dari penulis dan/atau penerbit.

Penerbit : (diisi saat pengajuan ISBN)

ISBN : (diajukan melalui Perpustakaan Nasional Republik Indonesia)

Cetakan pertama, 2026

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Hak cipta dilindungi undang-undang.

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil 'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga manual book ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Manual book ini disusun sebagai bagian dari pengembangan model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) yang dirancang khusus untuk mendukung pembelajaran pada umumnya, dan khususnya Fisiologi Hewan bagi mahasiswa calon guru Biologi.

Penyusunan model ini dilatarbelakangi oleh hasil pra-penelitian yang menunjukkan adanya kesulitan mahasiswa dan guru dalam memahami konsep-konsep abstrak Biologi, khususnya pada topik sistem saraf dan endokrin, serta rendahnya keterampilan pemecahan masalah yang menjadi salah satu kompetensi kunci abad ke-21. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran inovatif yang tidak hanya menekankan aspek konseptual, tetapi juga memberi ruang bagi mahasiswa untuk berkreasi, berkolaborasi, dan menghasilkan produk digital yang relevan dengan dunia pendidikan.

Manual book ini hadir sebagai panduan praktis bagi dosen, mahasiswa, dan guru dalam mengimplementasikan model D-PjBL di kelas. Di dalamnya memuat penjelasan tentang rasional pengembangan model, sintaks pembelajaran 6D (*Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate*), perangkat pembelajaran pendukung, contoh penerapan, serta instrumen penilaian yang digunakan.

Penulis menyadari bahwa manual book ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan model ini ke depan. Semoga manual book ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran di Perguruan Tinggi khususnya Biologi, sekaligus mendukung pencapaian kompetensi pedagogik, profesional, dan keterampilan abad ke-21 bagi calon guru Biologi.

Akhirnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada para promotor, penguji, rekan dosen, mahasiswa, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan berharga dalam penyusunan manual book ini.

“Didiklah anak-anakmu bukan seperti zamanmu, karena mereka diciptakan untuk zaman yang berbeda denganmu.” - **Ali bin Abi Thalib r.a.**

Semarang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Error! Bookmark not defined.

COVER.....	1
Manual book.....	ii
MODEL <i>DIGITAL PROJECT BASED LEARNING</i> (D-PjBL).....	ii
Isi di luar tanggung jawab percetakan.	ii
Hak cipta dilindungi undang-undang.	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
BAB 1. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang Pengembangan Model.....	1
Definisi Model Pembelajaran.....	1
Urgensi Pengembangan Model Baru.....	2
Tujuan Pengembangan Model D-PjBL.....	2
BAB 2. DASAR TEORI.....	4
Filosofi Pengembangan Model.....	4
a. Ontologi.....	4
b. Epistemologi.....	4
c. Aksiologi.....	5
Landasan Model.....	5
a. Teori Belajar Kognitif Piaget.....	6
b. Teori Konstruktivisme Sosial Vygotsky.....	7
c. Teori Experiential Learning Kolb.....	7
d. Teori Humanistik Rogers	8
e. Teori Model of Teaching (Joyce & Weil)	8
f. Teori <i>Multimedia Learning</i> (Mayer).....	9
g. Teori Pemecahan Masalah (<i>Problem Solving</i>)	9
h. Kerangka TPACK.....	10
BAB III. MODEL Digital Project Based Learning (D-PjBL).....	14
Pengembangan Model.....	14
Karakteristik Model Digital Project-Based Learning (D-PjBL)	17

Komponen Model D-PjBL.....	19
a. Sintaksmatik Model D-PjBL.....	19
b. Sistem Sosial dalam Model D-PjBL.....	21
c. Prinsip Reaksi dalam Model D-PjBL.....	22
d. Sistem Pendukung dalam Model D-PjBL.....	24
e. Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring.....	25
f. Keunggulan dan Kelemahan Model D-PjBL.....	27
BAB IV. PANDUAN IMPLEMENTASI MODEL Digital Project-Based Learning (D-PjBL).....	30
Pelaksanaan Implementasi Model D-PjBL.....	30
a. Persiapan.....	30
b. Perencanaan Tujuan Pembelajaran.....	30
c. Perencanaan Aktivitas Mahasiswa (berbasis sintaks 6D).....	31
d. Perencanaan Perangkat.....	31
e. Lingkungan Belajar dan Pengelolaan Kelas.....	32
f. Pelaksanaan Evaluasi.....	32
Perangkat Pembelajaran.....	33
Panduan Teknis Penggunaan Platform Digital.....	34
a. Platform Kolaborasi.....	34
b. Platform Pembuatan Produk Digital.....	34
c. Platform Presentasi dan Publikasi.....	35
BAB V. PENUTUP.....	38
Simpulan.....	38
Rekomendasi Penggunaan Model.....	38
Batasan Penggunaan Model.....	38
Harapan Pengembangan.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40

BAB 1. PENDAHULUAN

Latar Belakang Pengembangan Model

Pendidikan tinggi abad ke-21 menuntut mahasiswa tidak hanya menguasai pengetahuan, tetapi juga keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Hal ini sejalan dengan pandangan Trilling dan Fadel (2009) yang menyatakan bahwa kompetensi abad 21 meliputi *4Cs*: critical thinking, creativity, collaboration, dan communication. Mahasiswa calon guru biologi dituntut menguasai keterampilan ini agar mampu menghadapi tantangan global sekaligus menjadi tenaga pendidik yang adaptif.

Namun kenyataannya, praktik pembelajaran di perguruan tinggi masih cenderung teacher-centered, dengan dominasi ceramah dan transfer pengetahuan. Hasil penelitian Tondeur et al. (2017) menunjukkan bahwa mahasiswa pendidikan calon guru sering kali mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan teori ke dalam praktik nyata karena kurangnya pengalaman belajar berbasis proyek. Kondisi ini berdampak pada dangkalnya pemahaman konsep serta lemahnya keterampilan pemecahan masalah.

Model *Project-Based Learning* (PjBL) dikenal efektif untuk mendorong keterampilan abad 21 karena menuntut mahasiswa aktif menyelidiki masalah dan menghasilkan produk nyata (Thomas, 2000). Namun implementasi PjBL klasik sering menghadapi kendala, misalnya keterbatasan integrasi teknologi digital (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2013), minimnya budaya refleksi, serta produk mahasiswa yang kurang terdokumentasi dengan baik.

Era digital menghadirkan peluang untuk mengatasi kendala tersebut. Menurut Redecker (2017), teknologi digital dapat memperkuat proses pembelajaran melalui akses sumber belajar yang luas, kolaborasi daring, serta pengembangan produk berbasis multimedia. Akan tetapi, hasil pra-penelitian penulis menunjukkan bahwa mahasiswa cenderung menggunakan teknologi hanya untuk presentasi sederhana atau laporan, belum sampai pada penciptaan produk digital yang inovatif.

Berdasarkan hal tersebut, gagasan pengembangan model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) muncul sebagai solusi. Model ini mengintegrasikan keunggulan model PjBL dengan pemanfaatan teknologi digital secara sistematis. Tujuannya adalah memperdalam pemahaman konsep, meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, sekaligus menghasilkan produk digital yang relevan dengan kebutuhan pendidikan masa kini.

Definisi Model Pembelajaran

Joyce dan Weil (2014) mendefinisikan model pembelajaran sebagai rencana atau pola yang dapat digunakan untuk membentuk kurikulum, merancang bahan ajar, serta membimbing pembelajaran di kelas. Arends (2012) menegaskan bahwa model pembelajaran merupakan pola instruksional komprehensif yang tidak hanya mengatur metode, tetapi juga mencakup landasan teori, tujuan, serta struktur sosial pembelajaran.

Penting untuk membedakan model dengan metode dan strategi. Metode mengacu pada cara spesifik dalam mengajar, misalnya ceramah, diskusi, atau simulasi. Strategi lebih luas, yaitu pendekatan umum untuk mencapai tujuan, misalnya student-centered learning. Model,

sebagaimana dikemukakan Joyce, Weil, dan Calhoun (2014), lebih menyeluruh karena memuat rasional teoritis, sintaks, sistem sosial, serta dampak instruksional.

Dengan demikian, posisi D-PjBL jelas termasuk kategori model, karena memiliki fondasi filosofis konstruktivisme, langkah sintaks yang sistematis, serta sistem sosial berbasis kolaborasi digital. Model ini tidak sekadar memodifikasi metode, melainkan menghadirkan kerangka konseptual baru yang memperkuat PjBL klasik melalui integrasi teknologi digital.

Perbedaan lain yang mencolok, model PjBL konvensional menekankan produk nyata berupa laporan atau prototipe sederhana, sedangkan model D-PjBL mengarahkan mahasiswa menghasilkan produk digital inovatif seperti media interaktif, video animasi, atau e-modul. Hal ini sejalan dengan gagasan Mishra dan Koehler (2006) tentang pentingnya kompetensi teknologi bagi guru dalam kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK).

Dengan kerangka ini, D-PjBL hadir bukan sekadar metode tambahan, melainkan model pembelajaran baru yang teruji secara teoretis dan relevan dengan kebutuhan pendidikan di era digital.

Urgensi Pengembangan Model Baru

Joyce dan Weil (2014) menekankan bahwa model pembelajaran bersifat dinamis dan dapat dimodifikasi sesuai perkembangan kebutuhan. Inovasi model diperlukan ketika kondisi pembelajaran di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan antara teori dan praktik. Hasil pra-penelitian yang dilakukan penulis menemukan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan memahami konsep abstrak dan belum terbiasa menghasilkan produk digital sebagai bentuk solusi atas masalah nyata.

Secara pedagogis, mahasiswa calon guru memerlukan model yang membantu memahami konsep, sekaligus membantu mempraktikkan keterampilan pemecahan masalah. Penelitian oleh Krajcik dan Blumenfeld (2006) menunjukkan bahwa model PjBL efektif meningkatkan *conceptual understanding* jika disertai aktivitas investigasi dan refleksi. Namun, kelemahan umum model PjBL klasik adalah kurangnya arahan eksplisit dalam pemanfaatan teknologi.

Secara teknologi, Redecker (2017) menegaskan bahwa digitalisasi dapat memperkuat praktik belajar berbasis proyek, mulai dari pengumpulan data, kolaborasi virtual, hingga publikasi hasil belajar. Oleh karena itu, tanpa integrasi digital yang sistematis, potensi penuh model PjBL belumlah optimal.

Secara kontekstual, mahasiswa calon guru harus disiapkan menghadapi pembelajaran abad 21 yang sarat teknologi. Penelitian oleh Tondeur et al. (2017) menekankan pentingnya pengalaman langsung mahasiswa dalam merancang media digital, karena pengalaman itu menentukan kesiapan mereka menjadi guru yang inovatif.

Dengan latar ini, urgensi pengembangan model D-PjBL menjadi nyata. Model ini dibutuhkan untuk mengatasi kesenjangan antara kebutuhan (pemahaman konsep & keterampilan *problem solving* berbasis digital) dan praktik pembelajaran yang masih tradisional.

Tujuan Pengembangan Model D-PjBL

Pengembangan model D-PjBL bertujuan memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam dunia pendidikan. Tujuan utamanya adalah menghasilkan model pembelajaran berbasis proyek

yang terintegrasi dengan teknologi digital, sehingga mahasiswa mampu belajar secara lebih aktif, kolaboratif, dan kontekstual.

Secara khusus, ada beberapa tujuan yang ingin dicapai. Pertama, membantu mahasiswa membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam melalui investigasi dan desain proyek digital (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Kedua, melatih keterampilan pemecahan masalah mahasiswa melalui kegiatan proyek otentik yang membutuhkan analisis, sintesis, dan evaluasi (Hmelo-Silver, 2004).

Ketiga, memberikan panduan praktis bagi dosen/guru untuk melaksanakan pembelajaran proyek berbasis digital. Model ini dilengkapi dengan perangkat pembelajaran seperti RPS, LKPD, instrumen penilaian, dan rubrik sehingga dosen tidak hanya memiliki kerangka konseptual tetapi juga pedoman implementatif.

Keempat, memperkaya literatur pendidikan dengan model baru yang mengintegrasikan PjBL dengan teknologi digital. Hal ini menjadi kontribusi penting karena penelitian sebelumnya masih terbatas pada implementasi PjBL konvensional atau integrasi digital parsial.

Kelima, menghasilkan produk-produk pembelajaran digital inovatif yang dapat dijadikan contoh praktik baik bagi mahasiswa maupun dosen lain. Produk ini sekaligus menjadi bukti nyata bahwa pembelajaran dapat menghasilkan karya yang bermanfaat di luar ruang kelas.

BAB 2. DASAR TEORI

Filosofi Pengembangan Model

a. Ontologi

Ontologi merupakan filsafat tentang hakikat keberadaan sesuatu, dalam konteks ini adalah keberadaan model pembelajaran sebagai sebuah realitas yang dapat dirancang, digunakan, dan dievaluasi. Menurut Joyce, Weil, & Calhoun (2014), model pembelajaran adalah pola atau rancangan konseptual yang digunakan untuk merancang kurikulum, mengatur materi pembelajaran, serta memberi panduan kepada dosen dan guru dalam mengajar. Dengan demikian, model pembelajaran tidak sekadar prosedur teknis, tetapi mengandung hakikat filosofis sebagai “kerangka berpikir” dalam mewujudkan proses pembelajaran yang bermakna.

Dalam konteks pengembangan model D-PjBL, ontologi menempatkan model ini sebagai inovasi yang menjembatani keterbatasan PjBL konvensional dengan kebutuhan pembelajaran abad 21 yang menuntut digitalisasi. Hakikat model D-PjBL adalah menyediakan pengalaman belajar berbasis proyek yang tidak hanya berorientasi pada produk fisik, tetapi juga produk digital yang relevan dengan konteks pendidikan sains di era teknologi (Redecker, 2017).

Lebih jauh, ontologi model ini juga berkaitan dengan pemahaman bahwa belajar bukanlah sekadar transfer pengetahuan, tetapi proses konstruksi makna melalui keterlibatan aktif mahasiswa dalam proyek. Pandangan ini sejalan dengan konstruktivisme Piaget dan Vygotsky, yang menekankan bahwa mahasiswa membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung, interaksi sosial, dan refleksi (Hmelo-Silver, 2004).

Dengan kata lain, keberadaan model D-PjBL secara ontologis adalah sebagai bentuk representasi konkret dari upaya menjembatani konsep abstrak (teori pembelajaran) dengan realitas praktis (kebutuhan lapangan). Ontologi model ini mengafirmasi bahwa pembelajaran yang bermakna harus berbasis aktivitas, digitalisasi, dan penyelesaian masalah nyata.

b. Epistemologi

Epistemologi menyoroti cara pengetahuan dibangun, dikonstruksi, dan divalidasi dalam konteks pembelajaran. Dalam pengembangan model D-PjBL, epistemologi mengacu pada bagaimana mahasiswa memperoleh pengetahuan sains melalui siklus proyek digital yang mencakup eksplorasi masalah, perencanaan, pengembangan, hingga refleksi dan publikasi.

Menurut Arends (2012), model pembelajaran mengatur alur interaksi dosen-mahasiswa sehingga pengetahuan dapat diperoleh melalui aktivitas yang terstruktur. Dengan model D-PjBL, mahasiswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga membangun pengetahuan melalui kegiatan investigatif, kolaboratif, dan reflektif. Hal ini selaras dengan epistemologi konstruktivisme sosial Vygotsky, yang menekankan pentingnya interaksi sosial dan penggunaan alat (tools), termasuk teknologi digital, dalam pembentukan pengetahuan (Tondeur et al., 2017).

Epistemologi model ini juga dikuatkan oleh pendekatan problem solving dalam sains, di mana mahasiswa belajar dengan cara mengidentifikasi masalah, mengembangkan hipotesis, dan menguji solusi. Melalui proyek digital, mahasiswa memperoleh kesempatan untuk mengintegrasikan teori dengan praktik sehingga menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam (Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Dengan demikian, epistemologi model D-PjBL bukan sekadar memindahkan metode PjBL ke ranah digital, melainkan mengubah cara mahasiswa membangun pengetahuan dengan memanfaatkan lingkungan digital sebagai medium untuk eksplorasi, kolaborasi, dan validasi ilmiah.

c. Aksiologi

Aksiologi menekankan nilai dan manfaat suatu model pembelajaran bagi peserta didik, dosen, dan masyarakat. Model D-PjBL secara aksiologis memiliki kontribusi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, serta literasi digital mahasiswa calon guru. Nilai ini sejalan dengan tuntutan keterampilan abad 21 (Trilling & Fadel, 2009).

Dalam konteks calon guru biologi, aksiologi model D-PjBL adalah mempersiapkan mereka tidak hanya menguasai konten sains, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi dalam praktik mengajar. Dengan demikian, manfaat model ini berlapis: (1) meningkatkan pemahaman konsep, (2) melatih keterampilan pemecahan masalah, dan (3) membekali calon guru dengan kompetensi digital untuk menghadapi tantangan pembelajaran masa depan (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2013).

Selain itu, nilai praktis model ini juga terlihat dalam produk digital yang dihasilkan mahasiswa, seperti infografis, video pembelajaran, atau simulasi interaktif. Produk ini tidak hanya berguna untuk mahasiswa itu sendiri, tetapi juga dapat dimanfaatkan dalam praktik mengajar mereka kelak. Dengan demikian, aksiologi model D-PjBL berimplikasi pada terciptanya efek ganda: peningkatan kompetensi individu sekaligus kontribusi nyata bagi komunitas belajar.

Akhirnya, secara aksiologis, model D-PjBL mendukung tujuan pendidikan nasional untuk mencetak generasi yang adaptif, inovatif, dan siap menghadapi tantangan abad 21.

Landasan Model

Pengembangan model D-PjBL memiliki dua landasan utama: teoretis dan empiris. Secara teoretis, model ini berakar pada Teori Piaget memberikan landasan kognitif tentang pentingnya konflik kognitif dan konstruksi pengetahuan individu, Teori Konstruktivisme Sosial Vygotsky memperkuat aspek sosial melalui scaffolding, ZPD, dan interaksi kelompok, Teori Experiential Learning Kolb menambahkan pentingnya siklus pengalaman belajar. Rogers menegaskan kebebasan, aktualisasi diri, dan pembelajaran bermakna. Kerangka TPACK Mishra & Koehler, menjelaskan integrasi konten, pedagogi, dan teknologi yang menjadi ciri utama model digital. Teori Model of Teaching Joyce & Weil menegaskan bahwa model pembelajaran harus berbasis kerangka konseptual dengan sintaks yang jelas. Mayer memberikan dasar kognitif penggunaan

multimedia dalam produk digital. Polya serta Bransford & Stein menjadikan problem solving sebagai kerangka berpikir yang menstrukturkan langkah-langkah sintaks. Teori ini memberi kerangka tentang bagaimana model dapat dirancang, termasuk aspek sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi, serta sistem pendukung.

Secara empiris, pengembangan model D-PjBL didasari hasil pra-penelitian terhadap guru biologi SMA dan mahasiswa PPG yang menunjukkan adanya kesulitan dalam memahami materi kompleks, keterbatasan dalam mengintegrasikan teknologi, serta kebutuhan model pembelajaran yang lebih aplikatif. Analisis gap ini menjadi dasar munculnya sintaks 6D sebagai penyempurnaan dari model PjBL umum.

Prinsip pengembangan model ini adalah integrasi literatur dan kebutuhan lapangan. Literasi akademik memberi validasi teoretik, sementara temuan lapangan memastikan model relevan dan fungsional. Dengan demikian, model ini tidak hanya sah secara akademis, tetapi juga kontekstual sesuai kebutuhan mahasiswa calon guru.

Filosofi sintaks 6D lahir dari adaptasi model PjBL konvensional, analisis gap lapangan, serta prinsip Models of Teaching. Setiap tahap 6D (*Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate*) dirancang untuk menjawab masalah spesifik yang ditemukan pada pra-penelitian: mulai dari kesulitan framing masalah, lemahnya perencanaan, kurangnya refleksi, hingga kebutuhan publikasi produk.

a. Teori Belajar Kognitif Piaget

Piaget memandang belajar sebagai proses aktif membangun pengetahuan melalui asimilasi, akomodasi, dan equilibration (Piaget, 1972). Proses ini menegaskan bahwa mahasiswa calon guru Biologi tidak cukup menerima informasi, melainkan harus mengalami konflik kognitif yang mendorong mereka menyesuaikan skema pengetahuan. Prinsip ini melahirkan pentingnya tahap *Define*, di mana mahasiswa menemukan masalah nyata yang dapat memicu konflik kognitif sebagai awal proses belajar.

Tahap perkembangan kognitif menurut Piaget menunjukkan bahwa mahasiswa pada tingkat perguruan tinggi telah mencapai tahap operasional formal, dengan kemampuan berpikir abstrak dan hipotetis (Piaget, 1952). Kemampuan ini menjadi landasan munculnya tahap *Design*, karena mahasiswa mampu merancang solusi proyek secara sistematis dengan berpikir reflektif dan logis.

Konsep disequilibrium dalam teori Piaget juga mendasari perlunya tahap *Develop*. Ketika mahasiswa menghadapi tantangan dalam mengembangkan produk digital, mereka dipaksa menyeimbangkan kembali pengetahuan lama dengan pengetahuan baru. Proses akomodasi ini terjadi melalui kegiatan pengembangan proyek yang nyata.

Dalam kerangka Piaget, pembelajaran bermakna harus memberi ruang eksplorasi aktif. Oleh karena itu, setelah produk dikembangkan, mahasiswa perlu menunjukkan pemahamannya melalui tahap *Demonstrate*. Aktivitas demonstrasi menegaskan bahwa pengetahuan telah benar-benar dibangun, bukan sekadar dihafal.

Akhirnya, teori Piaget menekankan pentingnya refleksi dalam pencapaian keseimbangan kognitif baru. Inilah dasar munculnya tahap *Debrief*, di mana mahasiswa merefleksikan

proses asimilasi-akomodasi. Tahap refleksi ini memperkuat pemahaman konseptual mereka dan menjadi pijakan bagi tahap akhir, *Disseminate*, agar pengetahuan yang telah matang dapat dibagikan kepada orang lain.

b. Teori Konstruktivisme Sosial Vygotsky

Vygotsky (1978) menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial, dengan konsep kunci *Zone of Proximal Development* (ZPD). Mahasiswa belajar efektif ketika menghadapi tantangan yang berada dalam ZPD mereka. Prinsip ini mengilhami tahap *Define*, karena masalah yang dipilih harus cukup menantang tetapi masih dapat dicapai melalui bimbingan dan kolaborasi.

Konsep scaffolding (Wood, Bruner, & Ross, 1976) menegaskan bahwa dukungan sementara diperlukan saat mahasiswa mulai merancang solusi. Inilah yang mendasari tahap *Design*, di mana dosen memberikan arahan awal dan mahasiswa menyusun rancangan proyek dengan bantuan kelompoknya.

Pembelajaran kolaboratif dalam teori Vygotsky memberikan dasar bagi tahap *Develop*. Mahasiswa bekerja sama, saling melengkapi dalam kelompok, dan memanfaatkan bahasa sebagai alat berpikir untuk mengembangkan produk digital. Interaksi sosial inilah yang menjadikan proses pengembangan lebih bermakna.

Teori Vygotsky juga menekankan pentingnya social mediation melalui diskusi dan presentasi. Oleh karena itu, setelah proyek selesai, mahasiswa perlu memasuki tahap *Demonstrate*, yakni mempresentasikan produk kepada audiens untuk memperoleh tanggapan. Tahap ini sekaligus memperluas interaksi sosial yang menjadi inti konstruktivisme sosial.

Akhirnya, refleksi bersama dalam kelompok mendasari lahirnya tahap *Debrief*, di mana mahasiswa saling bertukar pengalaman dan memperkuat pemahaman. Hasil refleksi tersebut kemudian dikomunikasikan ke masyarakat luas melalui tahap *Disseminate*, selaras dengan pandangan Vygotsky bahwa pengetahuan bersifat sosial dan harus dibagikan.

c. Teori Experiential Learning Kolb

Kolb (1984) menegaskan bahwa belajar adalah proses transformasi pengalaman melalui siklus: pengalaman konkret, refleksi, konseptualisasi abstrak, dan eksperimen aktif. Tahap pertama, pengalaman konkret, mendasari tahap *Define*, di mana mahasiswa terlibat langsung dalam situasi nyata dan mengenali masalah yang akan dijadikan dasar proyek.

Refleksi atas pengalaman konkret menjadi dasar bagi tahap *Design*. Mahasiswa merenungkan pengalaman mereka, mengidentifikasi kebutuhan, lalu merancang solusi yang sesuai. Proses refleksi ini memungkinkan mereka menghubungkan pengalaman dengan teori.

Tahap konseptualisasi abstrak dalam teori Kolb mendukung fase *Develop*, di mana mahasiswa mengubah ide-ide menjadi konsep yang terstruktur dalam bentuk produk digital. Proses ini melibatkan pengujian teori melalui aplikasi nyata.

Selanjutnya, eksperimen aktif dalam siklus Kolb memberikan dasar untuk tahap *Demonstrate*, di mana mahasiswa menguji produk mereka melalui presentasi atau uji coba kepada audiens. Proses ini memungkinkan mahasiswa melihat bagaimana ide mereka berfungsi dalam praktik nyata.

Akhirnya, siklus belajar Kolb menuntut refleksi berkelanjutan. Hal ini mendasari tahap *Debrief* untuk meninjau pengalaman, serta tahap *Disseminate* untuk membagikan hasil belajar kepada komunitas. Dengan demikian, keseluruhan sintaks 6D selaras dengan siklus experiential learning.

d. Teori Humanistik Rogers

Carl Rogers (1983) menekankan bahwa pembelajaran yang bermakna terjadi ketika mahasiswa terlibat secara personal dan diberi kebebasan untuk mengeksplorasi minatnya. Prinsip ini mendukung tahap *Define*, karena mahasiswa diberikan ruang untuk memilih masalah yang sesuai dengan minat dan kebutuhan mereka. Dalam kerangka humanistik, kebebasan merancang jalannya belajar mendasari tahap *Design*. Mahasiswa diberi tanggung jawab penuh untuk merancang proyek sesuai kreativitas, sementara dosen berperan sebagai fasilitator yang mendukung iklim belajar positif.

Tahap *Develop* lahir dari gagasan Rogers bahwa belajar harus memberi peluang aktualisasi diri. Mahasiswa diberi kebebasan untuk mengembangkan produk digital sesuai dengan potensi mereka, sehingga proyek yang dihasilkan menjadi cerminan identitas dan minat pribadi.

Teori humanistik juga menekankan pentingnya ekspresi diri. Oleh karena itu, tahap *Demonstrate* memberi ruang mahasiswa untuk mengekspresikan hasil karyanya di depan orang lain, sehingga mereka memperoleh kepuasan personal dan penghargaan sosial.

Akhirnya, refleksi dan diseminasi produk selaras dengan nilai humanistik. Tahap *Debrief* memperkuat kesadaran diri mahasiswa tentang makna pengalaman belajar, sedangkan tahap *Disseminate* memungkinkan mereka berkontribusi kepada masyarakat dengan membagikan hasil karya yang bermanfaat.

e. Teori Model of Teaching (Joyce & Weil)

Joyce, Weil, dan Calhoun (2015) menjelaskan bahwa model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang sistematis untuk merancang kurikulum, bahan ajar, dan strategi pembelajaran. Model pembelajaran bukan sekadar metode, tetapi pola konseptual yang dapat digunakan untuk mengorganisasi pengalaman belajar. Dengan pandangan ini, pengembangan *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) dapat dipahami sebagai model yang memiliki landasan teoritis, sintaks tertentu, sistem sosial, serta dampak instruksional dan pengiring.

Menurut Joyce et al. (2015), model pembelajaran dibangun berdasarkan teori belajar tertentu yang melandasi pola hubungan antar unsur di dalamnya. Oleh karena itu, sintaks 6D dalam D-PjBL merupakan implementasi nyata dari prinsip bahwa model pembelajaran harus memiliki langkah-langkah sistematis. *Define* dan *Design* mewakili perencanaan awal

yang logis; *Develop* dan *Demonstrate* menekankan implementasi proyek; sementara *Debrief* dan *Disseminate* mencerminkan refleksi dan penguatan dampak penguatan.

Dalam kerangka ini, dosen diposisikan sebagai fasilitator yang mengarahkan proses sesuai sintaks model, sedangkan mahasiswa sebagai subjek aktif yang mengembangkan pengetahuan. Hal ini menegaskan bahwa model D-PjBL tidak hanya sebuah strategi, tetapi struktur konseptual yang memiliki daya jelajah lebih luas dalam pembelajaran Biologi.

Landasan teori model pembelajaran juga menekankan pentingnya sistem sosial yang terbangun di kelas. Dalam model D-PjBL, interaksi kolaboratif antar mahasiswa serta hubungan mahasiswa-dosen merupakan bagian integral yang membentuk dinamika sosial sesuai prinsip Joyce & Weil.

Dengan demikian, teori *Model of Teaching* memperkuat argumentasi bahwa sintaks 6D dalam D-PjBL bukan langkah acak, melainkan struktur konseptual yang lahir dari integrasi teori belajar, kebutuhan pembelajaran, dan peran sosial dalam pendidikan.

f. Teori *Multimedia Learning* (Mayer)

Mayer (2009) melalui teori *Multimedia Learning* menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif jika informasi disajikan melalui kombinasi teks, gambar, suara, dan animasi. Prinsip utama teori ini adalah dual channel processing, di mana manusia memproses informasi melalui saluran visual-piktorial dan saluran verbal-auditorial. Oleh karena itu, penggunaan multimedia dapat meningkatkan kapasitas pemahaman peserta didik.

Dalam model D-PjBL, teori ini mendasari tahap *Develop*, karena mahasiswa mengintegrasikan konten Biologi ke dalam produk digital berbasis multimedia. Misalnya, membuat video tentang sistem saraf, animasi hormonal, atau modul interaktif berbasis aplikasi. Produk multimedia ini membantu mahasiswa maupun audiens memahami konsep abstrak secara lebih mudah.

Prinsip multimedia principle (kombinasi teks dan gambar lebih efektif daripada teks saja) serta modality principle (penjelasan verbal lebih efektif disajikan secara audio daripada teks tertulis) (Mayer, 2009) memberi arah pada tahap *Design*. Mahasiswa perlu mempertimbangkan prinsip kognitif dalam merancang proyek multimedia agar sesuai dengan cara kerja memori manusia.

Tahap *Demonstrate* dan *Disseminate* juga sangat terkait dengan teori Mayer, karena mahasiswa mempresentasikan produk digital mereka menggunakan media visual-auditori. Dengan demikian, penyampaian hasil proyek tidak hanya akurat secara konten, tetapi juga efektif secara kognitif.

Dengan landasan ini, teori *Multimedia Learning* memperkuat model D-PjBL sebagai model yang relevan dengan tuntutan era digital, di mana keterampilan mengolah dan menyajikan informasi dalam bentuk multimedia menjadi kompetensi penting bagi calon guru.

g. Teori Pemecahan Masalah (*Problem Solving*)

Polya (1973) dalam karyanya *How to Solve It* menyatakan bahwa pemecahan masalah terdiri dari empat langkah utama: (1) memahami masalah, (2) merencanakan strategi, (3) melaksanakan rencana, dan (4) mengevaluasi hasil. Langkah-langkah ini secara langsung paralel dengan sintaks model D-PjBL: *Define* (memahami masalah), *Design* (merencanakan), *Develop* (melaksanakan), dan *Debrief* (mengevaluasi).

Bransford & Stein (1993) menambahkan konsep IDEAL problem solver (*Identify, Define, Explore, Act, Look back*), yang sejalan dengan prinsip PjBL. Mahasiswa calon guru Biologi diajak untuk mengidentifikasi masalah nyata, mengeksplorasi solusi digital, melaksanakan tindakan melalui proyek, dan merefleksikan hasil. Dengan demikian, teori pemecahan masalah menjadi landasan langsung bagi struktur sintaks model D-PjBL.

Tahap *Demonstrate* dan *Disseminate* dalam D-PjBL juga selaras dengan prinsip problem solving. Hasil pemecahan masalah tidak berhenti pada individu atau kelompok, melainkan perlu diuji, dipresentasikan, dan dibagikan agar dapat memberikan manfaat lebih luas.

Landasan *problem solving* sangat relevan dengan pembelajaran Biologi, karena konsep yang kompleks (misalnya interaksi sistem saraf-endokrin) menuntut mahasiswa tidak hanya menghafal, tetapi menganalisis masalah nyata, merancang solusi, dan mengkomunikasikan hasil secara ilmiah.

Dengan demikian, teori pemecahan masalah menegaskan bahwa model D-PjBL merupakan model yang berorientasi pada keterampilan berpikir kritis, analitis, dan reflektif, yang sangat diperlukan bagi calon guru Biologi di abad ke-21.

h. Kerangka TPACK

Kerangka TPACK (Mishra & Koehler, 2006) menegaskan bahwa pembelajaran abad ke-21 menuntut integrasi konten (CK), pedagogi (PK), dan teknologi (TK). Integrasi ini mendasari setiap tahap dalam sintaks 6D. Pada tahap *Define*, mahasiswa menggunakan teknologi digital untuk mengidentifikasi masalah pembelajaran Biologi yang relevan.

Pada tahap *Design*, TPACK menuntut mahasiswa memadukan konten Biologi dengan strategi model PjBL dan pemilihan teknologi yang tepat. Perencanaan proyek menjadi kesempatan mahasiswa untuk berlatih merancang pembelajaran yang selaras dengan kebutuhan zaman.

Tahap *Develop* mengharuskan mahasiswa menggunakan teknologi sebagai sarana produksi sekaligus integrasi konten Biologi. Produk digital yang dihasilkan merupakan wujud nyata implementasi TPACK.

Pada tahap *Demonstrate*, mahasiswa mengkomunikasikan produk melalui teknologi presentasi, konferensi daring, atau media digital lain, yang mencerminkan integrasi PK, CK, dan TK.

Tahap *Debrief* dan *Disseminate* memperkuat dimensi TPACK, karena mahasiswa melakukan refleksi berbasis teknologi (misalnya e-portfolio) dan menyebarkan hasil karya melalui media digital. Dengan demikian, TPACK menjadi kerangka teoretis yang menjelaskan bagaimana sintaks 6D dapat berjalan efektif.

Tabel 2.1 Hubungan Teori Belajar dan Pendukung dengan Sintaks 6D Model D-PjBL

Teori	Pokok Gagasan Teori	Sintaks 6D yang Didukung	Keterangan
Piaget (Teori Kognitif)	Belajar melalui <i>asimilasi</i> , <i>akomodasi</i> , dan <i>equilibration</i> (Piaget, 1972).	<i>Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate</i>	Menjelaskan konflik kognitif saat <i>Define</i> , berpikir abstrak saat <i>Design</i> , akomodasi saat <i>Develop</i> , pembuktian saat <i>Demonstrate</i> , refleksi saat <i>Debrief</i> , dan berbagi hasil saat <i>Disseminate</i> .
Vygotsky (Konstruktivisme Sosial)	Pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial; konsep ZPD dan <i>scaffolding</i> (Vygotsky, 1978).	<i>Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate</i>	Masalah dipilih sesuai ZPD, desain proyek dengan scaffolding, pengembangan lewat kolaborasi, presentasi sebagai mediasi sosial, refleksi kelompok, serta diseminasi hasil ke masyarakat.
Kolb (Experiential Learning)	Siklus pengalaman konkret, refleksi, konseptualisasi, eksperimen aktif (Kolb, 1984).	<i>Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate</i>	<i>Define</i> = pengalaman konkret; <i>Design</i> = refleksi pengalaman; <i>Develop</i> = konseptualisasi; <i>Demonstrate</i> = eksperimen aktif; <i>Debrief</i> = refleksi; <i>Disseminate</i> = berbagi pengalaman belajar.
Rogers (Humanistik)	Belajar bermakna, kebebasan, aktualisasi diri, dan ekspresi personal (Rogers, 1983).	<i>Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate</i>	Mahasiswa memilih masalah sesuai minat (<i>Define</i>), merancang proyek kreatif (<i>Design</i>), mengembangkan produk sebagai aktualisasi diri (<i>Develop</i>),

			mengekspresikan hasil (<i>Demonstrate</i>), refleksi personal (<i>Debrief</i>), berbagi karya (<i>Disseminate</i>).
TPACK (Mishra & Koehler)	Integrasi konten (CK), pedagogi (PK), teknologi (TK) (Mishra & Koehler, 2006).	<i>Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate</i>	Teknologi membantu <i>Define</i> , integrasi CK-PK-TK di <i>Design</i> , produksi digital di <i>Develop</i> , komunikasi dengan media digital di <i>Demonstrate</i> , refleksi berbasis teknologi di <i>Debrief</i> , dan penyebaran online di <i>Disseminate</i> .
Model of Teaching (Joyce & Weil)	Model pembelajaran adalah pola konseptual untuk merancang kurikulum, bahan ajar, dan pembelajaran (Joyce et al., 2015).	<i>Define, Design, Develop, Demonstrate</i>	Menjadi dasar konseptual bagi struktur model D-PjBL. <i>Define & Design</i> mengikuti prinsip desain model; <i>Develop</i> fokus produk sebagai outcome; <i>Demonstrate</i> memastikan efektivitas model.
Multimedia Learning (Mayer)	Belajar lebih efektif dengan kombinasi teks, gambar, animasi, audio; <i>dual channel processing</i> (Mayer, 2009).	<i>Develop, Demonstrate, Disseminate</i>	Menjadi dasar pengembangan produk digital (<i>Develop</i>), presentasi hasil dengan multimedia (<i>Demonstrate</i>), dan penyebaran digital (<i>Disseminate</i>).
Pemecahan Masalah (Polya; Bransford & Stein)	Langkah pemecahan masalah: memahami masalah, merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi (Polya, 1973).	<i>Define, Design, Develop, Debrief</i>	<i>Define</i> = memahami masalah; <i>Design</i> = menyusun rencana solusi; <i>Develop</i> = melaksanakan; <i>Debrief</i> = mengevaluasi. Sintaks D-PjBL

			paralel dengan langkah problem solving.
--	--	--	---

Berdasarkan dasar-dasar teori tersebut, menunjukan bahwa sintaks 6D (*Define – Design – Develop – Demonstrate – Debrief – Disseminate*) merupakan hasil sintesis dari berbagai teori pendidikan dan pembelajaran. Dengan demikian, sintaks 6D bukanlah susunan acak, melainkan hasil sintesis teoritis yang kokoh, memiliki landasan teoretis yang kaya dan integratif, sehingga layak dijadikan model pembelajaran inovatif bagi calon guru Biologi.

- *Define* (berakar pada Piaget, Kolb, Problem Solving),
- *Design* (Vygotsky, Rogers, TPACK, Mayer),
- *Develop* (Piaget, Kolb, TPACK, Mayer),
- *Demonstrate* (Vygotsky, Joyce & Weil, Mayer),
- *Debrief* (Piaget, Kolb, Problem Solving, Rogers),
- *Disseminate* (Vygotsky, TPACK, Rogers, Mayer).

BAB III. MODEL Digital Project Based Learning (D-PjBL)

Pengembangan Model

Langkah-langkah pengembangan model D-PjBL berikut ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses dikembangkannya model, mulai dari identifikasi masalah pembelajaran hingga penyusunan manual book yang dapat digunakan sebagai panduan implementasi.

Langkah 1: Studi Pendahuluan dan Analisis Kebutuhan

Pengembangan model pembelajaran perlu didasarkan pada analisis kebutuhan dan kajian literatur yang kuat agar model yang dihasilkan tidak hanya relevan dengan kondisi lapangan, tetapi juga memiliki landasan ilmiah yang sahih. Hasil studi pendahuluan yang melibatkan mahasiswa calon guru Biologi, guru Biologi SMA, dan forum MGMP Biologi menunjukkan adanya kesenjangan (*gap*) antara kondisi aktual pembelajaran dengan tuntutan ideal abad ke-21.

Untuk memperkuat analisis ini, dilakukan telaah terhadap sejumlah artikel ilmiah bereputasi (terindeks Scopus) dalam 10 tahun terakhir yang membahas implementasi model *Project-Based Learning* (PjBL) dan variannya dalam pembelajaran IPA/Biologi. Artikel-artikel tersebut memperlihatkan temuan penting terkait keberhasilan PjBL, sekaligus kelemahan atau keterbatasannya dalam penerapan di lapangan. Dari hasil kajian pustaka ini kemudian dilakukan analisis gap yang menjadi dasar lahirnya rancangan model hipotetik Digital Project-Based Learning (D-PjBL). Ringkasan hasil kajian, analisis gap, serta solusi yang ditawarkan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Analisis Gap Kebutuhan Pengembangan Model D-PjBL

Judul Artikel & Link	Hasil Kajian	Analisis Gap	Solusi yang Ditawarkan (Rancangan Model Hipotetik)
Wahyuni, R. et al. (2025). <i>Project-based learning (PjBL) green pedagogy E-module in improving creative thinking and digital literacy</i> . Link	PjBL berbantuan <i>e-module</i> meningkatkan kreativitas & literasi digital mahasiswa.	Mahasiswa calon guru Biologi di Indonesia masih menunjukkan literasi digital yang terbatas & produk proyek sederhana.	D-PjBL dirancang untuk mengintegrasikan proyek digital (video, animasi, e-modul) agar mahasiswa terbiasa berinovasi dengan teknologi.
Savitri, I. R., & Susanti, R. (2024). <i>Learning ecosystem material with</i>	PjBL pada materi ekosistem meningkatkan	PjBL efektif meningkatkan kreativitas, tapi	D-PjBL memperluas PjBL konvensional menjadi berbasis digital

<i>PjBL to improve science process skills and creativity.</i> Link	keterampilan proses sains & kreativitas siswa.	implementasi masih terbatas pada level sekolah tanpa dukungan digital penuh.	sehingga hasil proyek lebih kreatif, autentik, dan bisa diseminasi luas.
Sadikin, A. et al. (2024). <i>Improving teaching quality: Development of the PjBL microteaching model for prospective biology teachers.</i> Link	Model microteaching berbasis PjBL efektif meningkatkan kualitas pengajaran calon guru Biologi.	PjBL masih fokus pada aspek pedagogi, belum optimal mengintegrasikan aspek digital (TPACK).	D-PjBL mengintegrasikan TPACK ke dalam microteaching berbasis proyek, sehingga calon guru terlatih dalam penguasaan konten, pedagogi, dan teknologi.
Istiqomah, N. et al. (2022). <i>Implementation of PjBL integrated practicum on critical thinking skills.</i> Link	PjBL terintegrasi praktikum efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.	PjBL meningkatkan <i>critical thinking</i> , tapi jarang dikombinasikan dengan teknologi digital dalam pengembangan produk.	D-PjBL menggabungkan PjBL dan teknologi digital untuk memperkuat keterampilan berpikir kritis sekaligus melahirkan produk digital inovatif.
Simbolon, R., & Koeswanti, H. D. (2020). <i>Comparison of PjBL and Problem-Based Learning to determine learning outcomes and motivation.</i> Link	PjBL lebih unggul dibanding PBL dalam meningkatkan motivasi & hasil belajar siswa.	Motivasi siswa meningkat dengan PjBL, tetapi tidak semua guru siap menerapkannya, terutama terkait keterampilan digital.	D-PjBL memberikan panduan sintaks 6D yang lebih sistematis dan berbasis digital, agar guru lebih mudah mengimplementasikannya.
Rahmawati, I., Sudarmin, & Sumarni, W. (2022). <i>Development of a digital project-based learning model to support Merdeka Curriculum.</i> Link	Model PjBL digital mendukung Kurikulum Merdeka dan literasi digital siswa.	Belum banyak model PjBL digital teruji dan terdokumentasi sebagai pedoman implementasi.	D-PjBL hadir sebagai model hipotetik terstruktur (manual book) untuk mendukung kurikulum dan literasi digital calon guru Biologi.

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa meskipun model PjBL telah terbukti efektif dalam meningkatkan kreativitas, keterampilan berpikir kritis, motivasi, dan hasil belajar (Wahyuni et al., 2025; Istiqomah et al., 2022; Simbolon & Koeswanti, 2020), implementasinya di lapangan masih menghadapi keterbatasan. Produk proyek yang dihasilkan mahasiswa atau

siswa cenderung sederhana, integrasi teknologi digital masih minim, serta belum tersedia model yang terstruktur dan siap pakai bagi guru maupun calon guru.

Analisis gap tersebut menegaskan perlunya model pembelajaran baru yang lebih sesuai dengan tantangan era digital. Oleh karena itu, rancangan model hipotetik D-PjBL disusun untuk menjawab permasalahan tersebut melalui sintaks 6D yang menekankan pada: (1) pemilihan masalah autentik, (2) perencanaan proyek digital, (3) pengembangan produk berbasis teknologi, (4) demonstrasi hasil, (5) refleksi kritis, dan (6) diseminasi luas melalui platform digital. Dengan demikian, model D-PjBL diharapkan mampu menutup kesenjangan antara teori dan praktik, serta memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi di perguruan tinggi dan sekolah.

Langkah 2: Kajian Teoretis dan Sintesis Literatur

Tahap ini dilakukan dengan menelaah teori-teori pembelajaran yang relevan sebagai dasar konseptual pengembangan model. Teori kognitif (Piaget), konstruktivisme sosial (Vygotsky), *experiential learning* (Kolb), humanistik (Rogers), integrasi TPACK (Mishra & Koehler), *Model of Teaching* (Joyce & Weil), *multimedia learning* (Mayer), serta *problem solving* (Polya; Bransford & Stein) disintesis untuk membentuk kerangka konseptual model. Hasil sintesis teori ini diwujudkan dalam rancangan sintaks enam langkah (6D: *Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate*) yang menjadi ciri utama model D-PjBL.

Langkah 3: Perancangan Model Awal (Prototype)

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan sintesis teori, disusunlah prototype model D-PjBL. Rancangan awal ini memuat: (a) sintaks 6D, (b) sistem sosial pembelajaran yang bersifat kolaboratif dan demokratis, (c) prinsip reaksi dosen sebagai fasilitator, (d) sistem pendukung berupa sumber belajar dan infrastruktur digital, serta (e) dampak instruksional dan pengiring yang diharapkan. Model awal ini dipresentasikan dalam bentuk bagan konseptual dan manual instruksi singkat agar mudah dipahami dan diuji lebih lanjut.

Langkah 4: Validasi Ahli (Expert Judgment)

Model awal selanjutnya divalidasi oleh pakar pendidikan IPA, ahli PjBL, serta praktisi teknologi pendidikan. Proses validasi dilakukan melalui telaah dokumen model dan diskusi intensif untuk menilai kejelasan sintaks, kesesuaian sistem sosial, kelayakan prinsip reaksi, relevansi sistem pendukung, dan kebermanfaatan model bagi pembelajaran Biologi. Masukan dari para pakar menjadi dasar perbaikan agar model lebih sah secara akademis dan layak untuk diterapkan.

Langkah 5: Revisi dan Penyempurnaan Model

Hasil validasi ahli digunakan untuk memperbaiki model. Beberapa perbaikan yang dilakukan antara lain penajaman redaksi sintaks agar lebih operasional, penambahan komponen refleksi dalam tahap *Debrief*, serta penguatan aspek diseminasi melalui media digital. Proses revisi ini bertujuan agar model tidak hanya kokoh secara teoretis, tetapi juga praktis untuk digunakan oleh dosen dan mahasiswa.

Langkah 6: Uji Coba Terbatas

Model hasil revisi kemudian diujicobakan dalam lingkup terbatas pada mata kuliah Biologi tertentu. Uji coba ini berfokus pada keterlaksanaan sintaks, respon mahasiswa, efektivitas kerja kelompok, serta kualitas produk digital yang dihasilkan. Data diperoleh melalui observasi, angket, dan penilaian produk. Uji coba ini memberikan gambaran awal mengenai kepraktisan dan potensi efektivitas model.

Langkah 7: Finalisasi Model

Berdasarkan hasil uji coba terbatas, dilakukan penyempurnaan akhir untuk menghasilkan model D-PjBL final. Model ini kemudian disusun dalam bentuk manual book yang lengkap, mencakup: sintaks pembelajaran, karakteristik model, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak instruksional dan pengiring, serta analisis kelebihan dan kelemahan. Manual book ini disiapkan sebagai panduan implementasi bagi dosen, mahasiswa, maupun guru Biologi agar dapat menerapkan model D-PjBL secara konsisten dan efektif.

Karakteristik Model Digital Project-Based Learning (D-PjBL)

Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) memiliki karakteristik khusus yang berbeda dari model *Project-Based Learning* (PjBL) konvensional. Karakteristik ini muncul dari hasil sintesis teori, analisis kebutuhan, dan uji validasi, serta menjadi dasar penerapannya dalam pembelajaran Biologi.

Pertama, model D-PjBL berkarakter berbasis proyek digital. Proyek yang dihasilkan mahasiswa bukan sekadar laporan atau presentasi, melainkan produk digital yang inovatif dan aplikatif, seperti video edukasi, animasi interaktif, modul elektronik, aplikasi mobile learning, hingga simulasi berbasis virtual reality. Produk-produk ini tidak hanya berfungsi sebagai bukti hasil belajar, tetapi juga sebagai kontribusi nyata yang dapat digunakan kembali oleh guru, siswa, maupun masyarakat luas.

Kedua, model D-PjBL menekankan pada masalah autentik sebagai titik awal pembelajaran. Mahasiswa diajak untuk mengidentifikasi isu nyata dalam konteks Biologi, baik fenomena alam maupun masalah kehidupan sehari-hari, misalnya gangguan sistem saraf akibat gaya hidup atau dampak pencemaran terhadap sistem hormonal. Dengan cara ini, mahasiswa tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga mengembangkan kemampuan pemecahan masalah yang kontekstual.

Ketiga, model D-PjBL memiliki karakteristik kolaboratif dan interaktif. Proses belajar dilakukan dalam kelompok, dengan peran aktif setiap anggota. Kolaborasi tidak hanya terbatas pada ruang kelas tatap muka, tetapi juga diperluas melalui platform digital seperti Google Workspace, Padlet, Miro, atau *Learning Management System* (LMS). Hal ini memperkuat keterampilan komunikasi, kepemimpinan, dan tanggung jawab bersama dalam menyelesaikan proyek.

Keempat, model ini bercirikan integratif dan reflektif. Integratif, karena model D-PjBL menggabungkan konten Biologi, pendekatan pedagogis berbasis proyek, dan pemanfaatan teknologi digital secara terpadu. Reflektif, karena mahasiswa diajak untuk secara sistematis meninjau kembali proses dan hasil belajarnya melalui tahap *Debrief*, sehingga pembelajaran tidak hanya menekankan hasil akhir, tetapi juga proses dan perbaikan berkelanjutan.

Kelima, model D-PjBL bersifat diseminatif dan berorientasi sosial. Produk yang dihasilkan tidak hanya dipresentasikan di kelas, tetapi juga disebarluaskan melalui media sosial, website, seminar, atau publikasi ilmiah sederhana. Diseminasi ini menumbuhkan rasa tanggung jawab sosial mahasiswa, meningkatkan motivasi intrinsik, sekaligus menjadikan pembelajaran lebih bermakna karena hasilnya bermanfaat untuk masyarakat.

Dengan karakteristik-karakteristik tersebut, model D-PjBL hadir sebagai model pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan abad ke-21, yaitu menghasilkan calon guru Biologi yang kritis, kreatif, kolaboratif, melek teknologi, dan peduli terhadap permasalahan sosial.

Tabel 3.2 Karakteristik Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL)

Karakteristik	Deskripsi	Implikasi dalam Pembelajaran Biologi
Berbasis Proyek Digital	Proyek menghasilkan produk digital (video, animasi, e-modul, aplikasi, simulasi VR).	Mahasiswa terbiasa menggunakan teknologi untuk mengembangkan media pembelajaran yang kreatif dan inovatif.
Masalah Autentik	Proyek diawali dengan identifikasi isu nyata dalam kehidupan atau fenomena Biologi.	Mahasiswa terlatih memecahkan masalah kontekstual dan mengaitkan konsep Biologi dengan kehidupan sehari-hari.
Kolaboratif dan Interaktif	Mahasiswa bekerja dalam kelompok kecil, berinteraksi tatap muka dan daring (LMS, Google Workspace, Padlet, dsb.).	Menumbuhkan keterampilan komunikasi, kolaborasi, kepemimpinan, serta tanggung jawab sosial.
Integratif dan Reflektif	Menggabungkan konten Biologi, pedagogi proyek, dan teknologi digital; serta refleksi melalui tahap <i>Debrief</i> .	Mahasiswa memahami konten lebih mendalam, mengembangkan <i>critical thinking</i> , dan memperbaiki pembelajaran secara berkelanjutan.
Diseminatif dan Berorientasi Sosial	Produk dipublikasikan melalui media sosial, web, atau forum ilmiah sederhana.	Hasil proyek bermanfaat bagi masyarakat luas, meningkatkan motivasi intrinsik dan tanggung jawab sosial mahasiswa.

Komponen Model D-PjBL

a. Sintaks Model D-PjBL

Sintaks model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) dirancang dalam enam tahap utama (6D). Setiap tahap memiliki tujuan, kegiatan utama, dan hasil belajar yang spesifik. Berikut penjelasan rinci tiap tahap:

1. *Define* (Identifikasi Masalah Autentik)

Tahap ini dimulai dengan menggali isu atau permasalahan nyata yang relevan dengan materi Biologi. Dosen memfasilitasi diskusi kelas untuk menstimulasi mahasiswa menemukan topik yang kontekstual, terkait materi yang dipelajari.

Mahasiswa kemudian mengidentifikasi masalah yang layak dijadikan proyek, memastikan masalah tersebut autentik, menantang, dan memungkinkan solusi berbasis digital. Hasil akhir tahap ini adalah rumusan masalah proyek yang jelas serta tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

2. *Design* (Perancangan Proyek Digital)

Setelah masalah ditentukan, mahasiswa bekerja dalam kelompok untuk merancang proyek. Rancangan mencakup tujuan, bentuk produk digital yang akan dibuat (misalnya video animasi, e-modul, aplikasi pembelajaran, infografis interaktif), pembagian peran antaranggota, sumber daya yang dibutuhkan, serta jadwal pelaksanaan.

Pada tahap ini dosen berperan sebagai mentor, memberi masukan agar rancangan realistis namun tetap menantang. Produk desain dituangkan dalam proposal singkat yang berfungsi sebagai peta jalan pelaksanaan proyek.

3. *Develop* (Pengembangan Produk Digital)

Mahasiswa mulai mengembangkan produk digital sesuai rancangan. Mereka menggunakan berbagai perangkat teknologi, seperti Canva, CapCut, Adobe Premiere, PhET Simulation, LMS untuk menghasilkan produk yang kreatif dan berkualitas.

Dosen memberikan pendampingan teknis dan pedagogis, serta memastikan proses pengembangan tetap sesuai tujuan pembelajaran Biologi. Tahap ini menekankan kerja kolaboratif, pemecahan masalah, dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.

4. *Demonstrate* (Presentasi dan Unjuk Karya)

Produk digital yang telah selesai kemudian dipresentasikan di hadapan dosen dan teman sebaya. Presentasi dapat berupa pemutaran video, demo aplikasi, atau simulasi interaktif. Setiap kelompok menjelaskan proses pengembangan, tantangan yang dihadapi, dan solusi yang ditemukan.

Tahap ini memberikan ruang bagi mahasiswa untuk melatih keterampilan komunikasi ilmiah, kepercayaan diri, dan kemampuan menyampaikan ide secara meyakinkan. Selain itu, audiens juga dapat memberikan masukan untuk penyempurnaan produk.

5. *Debrief* (Refleksi Kritis)

Debrief merupakan tahap refleksi, di mana mahasiswa secara sistematis meninjau kembali pengalaman belajar mereka. Refleksi dilakukan melalui diskusi kelompok, umpan balik dosen, dan self-assessment.

Mahasiswa diajak menganalisis kekuatan dan kelemahan produk, efektivitas kerja sama tim, serta pembelajaran apa yang mereka peroleh. Tahap ini penting untuk membangun

kesadaran metakognitif, sehingga mahasiswa mampu memperbaiki diri di proyek berikutnya.

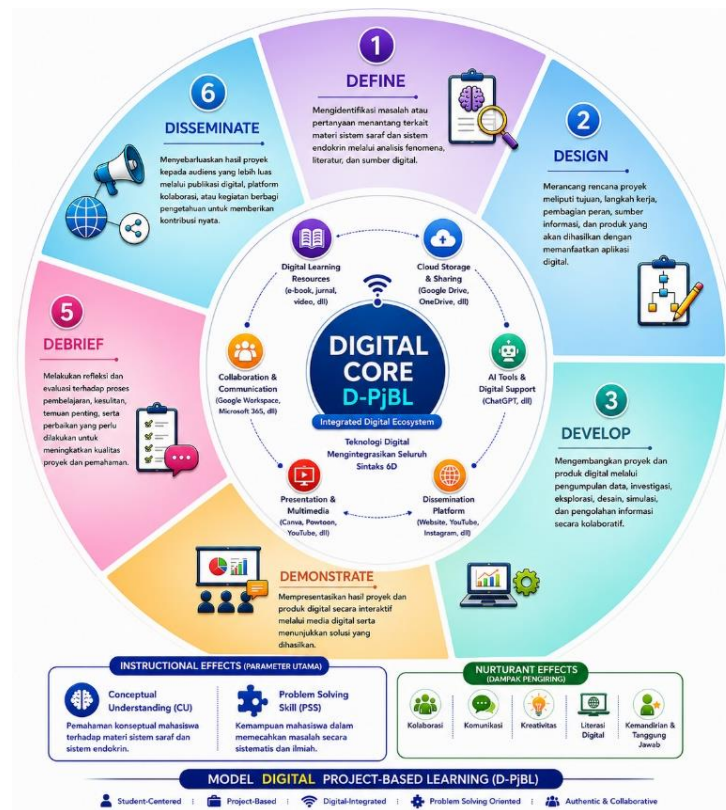
6. *Disseminate* (Diseminasi Produk)

Tahap akhir adalah diseminasi hasil proyek. Mahasiswa mempublikasikan produk digital mereka melalui platform online (YouTube, media sosial, website, e-journal mahasiswa), forum ilmiah, atau pameran karya di kampus/sekolah.

Dengan diseminasi, proyek tidak hanya bermanfaat bagi pembuatnya, tetapi juga dapat memberikan kontribusi nyata kepada masyarakat. Tahap ini menumbuhkan rasa tanggung jawab sosial, sekaligus mengapresiasi karya mahasiswa sebagai bagian dari kontribusi akademik.

Tabel 3.4 Sintaksmatik Model D-PjBL (6D)

Tahap (6D)	Aktivitas Utama	Peran Dosen	Hasil yang Diharapkan
<i>Define</i>	Identifikasi masalah autentik dalam Biologi.	Memfasilitasi diskusi & memberi stimulus masalah.	Rumusan masalah proyek yang jelas & tujuan belajar.
<i>Design</i>	Menyusun rencana proyek digital: produk, peran, sumber daya, jadwal.	Memberi arahan & masukan agar rancangan realistis.	Proposal/desain proyek digital.
<i>Develop</i>	Mengembangkan produk digital berbasis teknologi.	Membimbing teknis & pedagogis, memberi umpan balik.	Produk digital kreatif & sesuai tujuan.
<i>Demonstrate</i>	Presentasi & unjuk karya proyek.	Memberi kesempatan unjuk karya & mengelola diskusi.	Keterampilan komunikasi & produk yang siap diuji.
<i>Debrief</i>	Refleksi pengalaman belajar & hasil proyek.	Memfasilitasi refleksi & memberi umpan balik.	Kesadaran metakognitif, perbaikan berkelanjutan.
<i>Disseminate</i>	Publikasi produk melalui media digital/forum ilmiah.	Mendorong & memfasilitasi diseminasi karya.	Produk bermanfaat bagi masyarakat & menumbuhkan tanggung jawab sosial.



Gambar 3.2 Alur Sintak 6D dalam Model D-PjBL

b. Sistem Sosial dalam Model D-PjBL

Sistem sosial dalam model pembelajaran menggambarkan pola interaksi antar pelaku pembelajaran. Pada model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL), sistem sosial yang dikembangkan bersifat kolaboratif, demokratis, partisipatif, dan berorientasi hasil nyata.

Pertama, sistem sosial menekankan hubungan horizontal antara dosen dan mahasiswa. Dosen tidak lagi menjadi pusat pengetahuan tunggal, melainkan berperan sebagai fasilitator, mentor, dan coach yang mendukung proses belajar mahasiswa. Temuan Sadikin et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan model PjBL dalam microteaching calon guru Biologi efektif ketika dosen berperan sebagai fasilitator, bukan instruktur dominan.

Kedua, sistem sosial dalam model D-PjBL bersifat kolaboratif dan berbasis tim. Mahasiswa bekerja dalam kelompok kecil yang heterogen, sehingga terjadi pembagian peran sesuai potensi masing-masing anggota. Kerja tim ini tidak terbatas pada tatap muka, melainkan juga memanfaatkan platform digital kolaboratif seperti Google Workspace, Padlet, Miro, atau LMS. Menurut Wahyuni et al. (2025), penggunaan e-module berbasis PjBL yang didukung platform digital meningkatkan keterampilan kolaborasi dan literasi digital mahasiswa.

Ketiga, sistem sosial mendorong demokrasi dalam pengambilan keputusan. Setiap mahasiswa berhak menyampaikan pendapat, mengusulkan ide, dan memberikan masukan dalam kelompok. Hal ini sejalan dengan penelitian Simbolon & Koeswanti (2020) yang menemukan bahwa motivasi belajar siswa lebih tinggi dalam model PjBL ketika diberi kebebasan dalam mengelola peran kelompok.

Keempat, sistem sosial memunculkan interaksi multi-arrah. Mahasiswa tidak hanya berinteraksi dengan dosen dan teman sebaya, tetapi juga dengan sumber belajar digital, komunitas profesional, bahkan masyarakat luas saat diseminasi produk. Menurut Rahmawati et al. (2022), pembelajaran berbasis proyek digital yang melibatkan interaksi dengan komunitas menghasilkan pengalaman belajar lebih autentik dan berdampak sosial.

Dengan demikian, sistem sosial model D-PjBL dirancang untuk membentuk iklim pembelajaran yang sehat, partisipatif, dan kolaboratif. Hal ini diharapkan mampu mengembangkan kompetensi akademik, sosial, dan profesional mahasiswa calon guru Biologi, sehingga mereka siap menghadapi tantangan abad ke-21.

Tabel 3.5 Sistem Sosial Dalam Model D-PjBL

Aspek	Deskripsi Sistem Sosial	Implikasi	Rujukan
Peran Dosen	Fasilitator, mentor, pemberi umpan balik, pengarah jalannya proyek.	Mahasiswa lebih mandiri dan percaya diri, namun tetap terarah.	Sadikin et al. (2024)
Peran Mahasiswa	Aktor utama, kreator, pengambil keputusan, pengembang produk digital.	Mahasiswa aktif, kreatif, dan bertanggung jawab pada proses belajar.	Wahyuni et al. (2025)
Pola Interaksi	Horizontal, kolaboratif, demokratis, multi-arrah (dosen ↔ mahasiswa ↔ teman sebaya ↔ komunitas).	Meningkatkan keterampilan komunikasi, kolaborasi, dan kepemimpinan.	Simbolon & Koeswanti (2020)
Media Kolaborasi	Tatap muka dan daring (Google Workspace, LMS, Padlet, Miro, dll).	Pembelajaran lebih fleksibel, adaptif, dan mendukung literasi digital.	Wahyuni et al. (2025)
Iklim Pembelajaran	Demokratis, terbuka, menghargai perbedaan, berorientasi hasil nyata.	Membentuk sikap positif, empati, dan kemampuan kerja sama lintas perbedaan.	Rahmawati et al. (2022)

c. Prinsip Reaksi dalam Model D-PjBL

Prinsip reaksi dalam model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) menekankan pentingnya cara dosen merespons aktivitas mahasiswa selama enam tahap sintaks (6D). Reaksi dosen yang tepat akan memotivasi, mengarahkan, sekaligus menjaga dinamika pembelajaran agar tetap bermakna.

Pertama, pada tahap *Define*, dosen berperan memberi stimulus masalah nyata yang memantik rasa ingin tahu mahasiswa. Menurut Thomas (2000), model PjBL efektif ketika dosen mampu memberikan masalah yang bersifat autentik dan terbuka untuk dieksplorasi. Reaksi dosen berupa pertanyaan pemicu (*trigger questions*) membantu mahasiswa mengidentifikasi isu yang tepat untuk dijadikan proyek.

Kedua, pada tahap *Design*, dosen memberikan umpan balik konstruktif terhadap rancangan proyek yang disusun mahasiswa. Hmelo-Silver (2004) menegaskan bahwa scaffolding sangat diperlukan pada tahap perencanaan, agar mahasiswa mampu menyusun strategi penyelesaian masalah yang realistis dan terukur. Prinsip reaksi yang diterapkan adalah memberikan arahan tanpa mendikte, sehingga mahasiswa tetap memiliki otonomi dalam merancang proyek.

Ketiga, pada tahap *Develop*, dosen merespons kesulitan mahasiswa dengan bimbingan teknis maupun pedagogis. Penelitian Wahyuni et al. (2025) menunjukkan bahwa dukungan dosen dalam penggunaan perangkat digital mendorong mahasiswa lebih percaya diri menghasilkan produk berbasis teknologi. Reaksi dosen bersifat adaptif: memberi bantuan seperlunya, sambil tetap mendorong mahasiswa untuk berinisiatif mencari solusi.

Keempat, pada tahap *Demonstrate*, prinsip reaksi diwujudkan dalam bentuk apresiasi dan umpan balik formatif. Menurut Sadikin et al. (2024), mahasiswa calon guru yang mendapat apresiasi atas karyanya lebih termotivasi untuk meningkatkan kualitas proyek berikutnya. Dosen berperan mengarahkan diskusi, memberi klarifikasi konsep, sekaligus mendorong audiens (teman sebaya) untuk aktif memberi masukan.

Kelima, pada tahap *Debrief*, dosen memfasilitasi refleksi kritis mahasiswa. Reaksi dosen berupa pertanyaan reflektif (“apa yang paling menantang dalam proyek ini?”, “bagaimana cara kelompok Anda mengatasinya?”) membantu mahasiswa mengembangkan kesadaran metakognitif. Hal ini sesuai dengan pandangan Kolb (2015) bahwa pembelajaran akan bermakna ketika mahasiswa merefleksikan pengalaman konkret yang dialami.

Keenam, pada tahap *Disseminate*, prinsip reaksi berwujud dukungan penuh terhadap publikasi karya mahasiswa. Rahmawati et al. (2022) menekankan bahwa pembelajaran berbasis proyek digital akan lebih berdampak jika hasilnya dipublikasikan secara luas. Reaksi dosen di tahap ini berupa fasilitasi akses (misalnya membantu unggah ke YouTube, seminar kampus, atau jurnal mahasiswa) serta pengakuan terhadap kontribusi mahasiswa bagi masyarakat.

Tabel 3.6 Prinsip Reaksi dalam D-PjBL

Tahap Sintaks (6D)	Prinsip Reaksi Dosen	Rujukan
<i>Define</i>	Memberikan stimulus masalah autentik melalui pertanyaan pemicu.	Thomas (2000)
<i>Design</i>	Memberi <i>scaffolding</i> & umpan balik konstruktif tanpa mendikte rancangan mahasiswa.	Hmelo-Silver (2004)
<i>Develop</i>	Membimbing teknis & pedagogis secara adaptif; mendorong inisiatif mahasiswa.	Wahyuni et al. (2025)
<i>Demonstrate</i>	Mengapresiasi karya & memberi umpan balik formatif; mengarahkan diskusi kelas.	Sadikin et al. (2024)
<i>Debrief</i>	Memfasilitasi refleksi kritis melalui pertanyaan reflektif & diskusi.	Kolb (2015)
<i>Disseminate</i>	Mendukung & memfasilitasi publikasi karya mahasiswa ke masyarakat.	Rahmawati et al. (2022)

Dengan demikian, prinsip reaksi dalam D-PjBL berorientasi pada pemberdayaan mahasiswa: memberi arahan awal, scaffolding saat dibutuhkan, apresiasi karya, memfasilitasi refleksi, serta mendukung diseminasi. Semua ini dirancang agar mahasiswa menjadi subjek aktif yang kreatif, kritis, dan berdaya dalam pembelajaran Biologi.

d. Sistem Pendukung dalam Model D-PjBL

Sistem pendukung merupakan segala sumber, sarana, dan prasyarat yang diperlukan agar model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) dapat diimplementasikan secara efektif. Tanpa dukungan yang memadai, model ini sulit berjalan sesuai sintaks, karena menuntut integrasi konten Biologi, pedagogi proyek, dan teknologi digital.

Pertama, sistem pendukung mencakup sumber belajar. Mahasiswa perlu mengakses buku teks Biologi, jurnal ilmiah mutakhir, artikel dari database bereputasi (Scopus, Springer, ScienceDirect), serta materi digital terbuka (open educational resources). Menurut Suryawati et al. (2024), ketersediaan sumber belajar yang berkualitas merupakan faktor penting keberhasilan calon guru dalam merancang proyek berbasis sains.

Kedua, sistem pendukung berupa infrastruktur teknologi. D-PjBL membutuhkan perangkat komputer atau laptop, koneksi internet yang stabil, serta perangkat lunak pengolah konten digital seperti Canva, Adobe Premiere, CapCut, atau aplikasi simulasi (PhET, BioVR). Penelitian Wahyuni et al. (2025) menegaskan bahwa ketersediaan sarana digital sangat berpengaruh terhadap literasi digital mahasiswa dan kualitas produk proyek.

Ketiga, sistem pendukung terkait platform kolaborasi. Model ini menggunakan LMS, Google Workspace, Padlet, atau Miro untuk memfasilitasi kerja sama daring. Hal ini memungkinkan mahasiswa berkolaborasi lintas waktu dan tempat, serta mendokumentasikan setiap perkembangan proyek. Sadikin et al. (2024) melaporkan bahwa pemanfaatan LMS dalam microteaching model PjBL meningkatkan keterampilan komunikasi dan kerja tim calon guru Biologi.

Keempat, sistem pendukung berupa dukungan dosen dan pendampingan akademik. Peran dosen sebagai fasilitator tidak hanya memberikan bimbingan pedagogis, tetapi juga dukungan teknis terkait pemanfaatan teknologi digital. Menurut Rahmawati et al. (2022), kehadiran dosen sebagai mentor dalam PjBL digital mendorong mahasiswa lebih percaya diri dan terarah dalam menghasilkan produk berkualitas.

Kelima, sistem pendukung meliputi lingkungan akademik dan kelembagaan. Kampus atau sekolah perlu menyediakan kebijakan dan dukungan manajerial, misalnya waktu yang cukup dalam jadwal perkuliahan, akses ruang multimedia, serta penghargaan terhadap karya mahasiswa. Lingkungan yang kondusif akan memperkuat keberlanjutan implementasi model.

Dengan dukungan sumber belajar, infrastruktur teknologi, platform kolaborasi, pendampingan dosen, serta kebijakan kelembagaan, model D-PjBL dapat diimplementasikan dengan optimal dan memberikan hasil belajar yang signifikan bagi mahasiswa calon guru Biologi.

Tabel 3.7 Sistem Pendukung Model D-PjBL

Kategori	Deskripsi Sistem Pendukung	Rujukan
Sumber Belajar	Buku teks Biologi, jurnal ilmiah, artikel Scopus, <i>open educational resources</i> .	Suryawati et al. (2024)
Infrastruktur Teknologi	Laptop/komputer, internet stabil, perangkat lunak (Canva, CapCut, Adobe, PhET, BioVR).	Wahyuni et al. (2025)
Platform Kolaborasi	LMS, Google Workspace, Padlet, Miro, forum daring.	Sadikin et al. (2024)
Pendampingan Dosen	Fasilitasi pedagogis & teknis, mentoring digital, umpan balik formatif.	Rahmawati et al. (2022)
Lingkungan Akademik	Dukungan kebijakan kampus/sekolah, ruang multimedia, jadwal yang fleksibel, penghargaan karya.	Joyce & Weil (2015)

e. Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring

Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) dirancang untuk menghasilkan dua jenis dampak utama, yaitu dampak instruksional (*direct instructional effects*) dan dampak pengiring (*nurturant effects*). Kedua dampak ini saling melengkapi, sehingga pembelajaran tidak hanya berfokus pada aspek kognitif, tetapi juga membangun keterampilan sosial, afektif, dan profesional mahasiswa calon guru Biologi.

1. Dampak Instruksional

Dampak instruksional merupakan capaian langsung dari proses pembelajaran menggunakan D-PjBL. Dampak ini terkait dengan pencapaian tujuan pembelajaran Biologi yang dirumuskan secara eksplisit. Beberapa dampak instruksional yang dihasilkan, antara lain:

- 1) Peningkatan pemahaman konsep Biologi: Mahasiswa memperoleh pemahaman lebih mendalam karena mereka belajar melalui eksplorasi masalah nyata dan mengaitkannya dengan teori. Savitri & Susanti (2024) menunjukkan bahwa PjBL meningkatkan pemahaman konsep ekosistem sekaligus keterampilan proses sains.
- 2) Keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah: Dengan menghadapi masalah autentik dan menghasilkan solusi berbasis digital, mahasiswa terlatih berpikir kritis. Istiqomah et al. (2022) menegaskan bahwa PjBL terintegrasi praktikum efektif melatih *critical thinking*.
- 3) Keterampilan kolaborasi dan komunikasi: Kerja tim dalam D-PjBL menuntut mahasiswa berinteraksi intensif, baik tatap muka maupun daring. Sadikin et al. (2024) melaporkan bahwa microteaching berbasis PjBL memperkuat keterampilan komunikasi dan kerja sama calon guru.
- 4) Penguasaan literasi digital: Produk proyek berbentuk media digital melatih mahasiswa dalam penggunaan teknologi pembelajaran. Wahyuni et al. (2025) menemukan bahwa *e-module* berbasis PjBL meningkatkan literasi digital mahasiswa.

2. Dampak Pengiring

Dampak pengiring adalah hasil yang muncul sebagai efek samping positif, meskipun tidak dirumuskan secara eksplisit dalam tujuan pembelajaran. Dampak pengiring dari D-PjBL meliputi:

- 1) Pengembangan kreativitas: Mahasiswa ditantang menghasilkan produk inovatif (video, aplikasi, modul digital). Hal ini mendorong munculnya ide-ide kreatif yang relevan dengan pembelajaran Biologi.
- 2) Kepemimpinan dan tanggung jawab: Dalam kelompok, mahasiswa belajar mengelola konflik, berbagi peran, dan bertanggung jawab terhadap hasil proyek.
- 3) Motivasi intrinsik: Proyek yang bermakna dan hasil yang dipublikasikan meningkatkan kebanggaan dan motivasi mahasiswa untuk belajar lebih lanjut (Simbolon & Koeswanti, 2020).
- 4) Kesadaran sosial dan kebermanfaatan: Melalui tahap Disseminate, mahasiswa belajar bahwa karya mereka bisa memberi manfaat bagi masyarakat luas, sehingga menumbuhkan empati dan kepedulian sosial (Rahmawati et al., 2022).
- 5) Sikap reflektif: Tahap Debrief melatih mahasiswa untuk mengevaluasi pengalaman belajar, sehingga meningkatkan kesadaran metakognitif (Kolb, 2015).

Tabel 3.8 Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring model D-PjBL

Jenis Dampak	Deskripsi	Rujukan
Instruksional	Peningkatan pemahaman konsep Biologi melalui eksplorasi masalah autentik.	Savitri & Susanti (2024)
Instruksional	Keterampilan berpikir kritis & pemecahan masalah melalui proyek digital.	Istiqomah et al. (2022)
Instruksional	Keterampilan kolaborasi & komunikasi dalam kerja tim PjBL.	Sadikin et al. (2024)
Instruksional	Penguasaan literasi digital & penggunaan teknologi pembelajaran.	Wahyuni et al. (2025)
Pengiring	Kreativitas melalui pengembangan produk digital inovatif.	Wahyuni et al. (2025)
Pengiring	Kepemimpinan & tanggung jawab sosial dalam kelompok.	Simbolon & Koeswanti (2020)
Pengiring	Motivasi intrinsik karena proyek bermakna & hasil dipublikasikan.	Simbolon & Koeswanti (2020)
Pengiring	Kesadaran sosial melalui publikasi hasil proyek ke masyarakat.	Rahmawati et al. (2022)
Pengiring	Sikap reflektif & kesadaran metakognitif melalui <i>Debrief</i> .	Kolb (2015)

f. Keunggulan dan Kelemahan Model D-PjBL

1. Keunggulan Model D-PjBL

Setiap model pembelajaran memiliki kekuatan dan keterbatasan yang perlu dipahami agar implementasinya dapat berlangsung secara realistis dan efektif. Demikian pula dengan model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) yang dikembangkan dalam penelitian ini. Model ini lahir dari analisis kebutuhan lapangan, sintesis teori pembelajaran, serta kajian empiris terkini, sehingga memiliki keunggulan dibandingkan model konvensional.

Namun, keunggulan tersebut tidak meniadakan adanya tantangan dalam penerapannya. Sebagaimana ditegaskan Joyce & Weil (2015), tidak ada model pembelajaran yang sempurna untuk semua konteks; setiap model hanya akan efektif bila diimplementasikan sesuai karakteristik peserta didik, tujuan, dan dukungan lingkungan belajar. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi kelebihan dan kelemahan model D-PjBL secara objektif, agar pengguna model baik dosen, guru, maupun calon guru dapat memahami potensi sekaligus keterbatasannya. Kelebihan Model D-PjBL. Uraian berikut menyajikan kelebihan yang menjadi kekuatan utama D-PjBL serta kelemahan yang perlu diantisipasi dalam implementasi.

Pertama, D-PjBL menghasilkan produk nyata berbasis digital yang dapat digunakan kembali sebagai sumber belajar. Mahasiswa tidak hanya memahami konsep Biologi, tetapi juga menghasilkan karya kreatif berupa video edukasi, e-modul, animasi, atau aplikasi interaktif. Penelitian Wahyuni et al. (2025) membuktikan bahwa proyek berbasis digital meningkatkan kreativitas sekaligus literasi digital mahasiswa.

Kedua, model ini mendorong penguasaan keterampilan abad 21 (4C: *Critical thinking, Creativity, Collaboration, Communication*). Melalui tahapan 6D, mahasiswa dilatih mengidentifikasi masalah nyata, menyusun rancangan, berkolaborasi, mengembangkan solusi, serta menyajikan hasil secara komunikatif. Sadikin et al. (2024) menekankan bahwa microteaching berbasis PjBL memperkuat keterampilan komunikasi dan kerja sama calon guru Biologi.

Ketiga, D-PjBL menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual karena berangkat dari masalah autentik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Simbolon & Koeswanti (2020) menegaskan bahwa PjBL mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar karena siswa merasa terlibat dalam situasi nyata.

Keempat, model ini memperkuat sikap reflektif dan metakognitif melalui tahap *Debrief*. Mahasiswa diajak merefleksikan proses belajar, sehingga mampu mengenali kekuatan dan kelemahannya untuk perbaikan berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan teori *Experiential Learning* Kolb (2015).

Kelima, D-PjBL mendorong diseminasi dan kontribusi sosial. Produk mahasiswa tidak berhenti di kelas, tetapi dipublikasikan melalui media digital atau forum ilmiah, sehingga bermanfaat bagi masyarakat. Rahmawati et al. (2022) menemukan bahwa PjBL digital memperkuat kepedulian sosial mahasiswa sekaligus meningkatkan kebermaknaan pembelajaran.

2. Kelemahan Model D-PjBL

Di sisi lain, penerapan D-PjBL juga menghadapi sejumlah tantangan. Pertama, membutuhkan waktu yang lebih panjang dibanding metode konvensional. Proses dari

perencanaan, pengembangan, hingga publikasi proyek menuntut alokasi waktu yang cukup.

Kedua, model ini memerlukan infrastruktur teknologi yang memadai, termasuk perangkat komputer, akses internet stabil, dan perangkat lunak pengolah konten digital. Keterbatasan fasilitas dapat menghambat kelancaran pembelajaran (Wahyuni et al., 2025).

Ketiga, kesenjangan keterampilan digital antar mahasiswa dapat menjadi kendala. Sebagian mahasiswa mungkin sudah mahir, sementara yang lain masih minim pengalaman, sehingga dosen perlu menyeimbangkan.

Keempat, dosen dituntut memiliki kesiapan pedagogis dan teknologis yang tinggi. Tanpa kompetensi TPACK yang memadai, penerapan D-PjBL bisa tidak efektif (Suryawati et al., 2024).

Kelima, evaluasi hasil belajar relatif kompleks, karena melibatkan penilaian terhadap produk digital, proses kolaborasi, kreativitas, serta capaian konsep Biologi. Hal ini menuntut dosen menyiapkan rubrik penilaian yang komprehensif.

Tabel 3.9 Keunggulan dan Kelemahan Model D-PjBL

Aspek	Keunggulan	Kelemahan	Rujukan
Produk Belajar	Menghasilkan karya digital inovatif (video, modul, aplikasi).	Membutuhkan fasilitas digital yang memadai.	Wahyuni et al. (2025)
Keterampilan 4C	Mengembang-kan <i>critical thinking, creativity, collaboration, communication</i> .	Kesulitan bagi mahasiswa dengan literasi digital rendah.	Sadikin et al. (2024)
Kontekstualitas	Berangkat dari masalah autentik sehingga bermakna & memotivasi.	Membutuhkan waktu panjang untuk eksplorasi & penyelesaian proyek.	Simbolon & Koeswanti (2020)
Refleksi	Melatih metakognisi & sikap reflektif melalui <i>Debrief</i> .	Butuh fasilitasi intensif dari dosen.	Kolb (2015)
Diseminasi	Publikasi karya memperkuat kontribusi sosial & motivasi.	Belum semua institusi mendukung publikasi karya mahasiswa.	Rahmawati et al. (2022)
Kompetensi Dosen	Dosen sebagai fasilitator & mentor yang mendorong kreativitas.	Dosen harus memiliki kompetensi TPACK yang tinggi.	Suryawati et al. (2024)

Dari uraian di atas dapat dipahami bahwa model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) memiliki kekuatan utama dalam mengintegrasikan konten Biologi dengan pendekatan berbasis proyek dan teknologi digital, sehingga menghasilkan pembelajaran yang lebih kontekstual, kreatif, dan bermakna. Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa penerapan PjBL berbasis digital mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21, literasi digital, serta motivasi belajar mahasiswa calon guru (Wahyuni et al., 2025; Sadikin et al., 2024).

Meskipun demikian, kelemahan yang terkait dengan keterbatasan waktu, ketersediaan infrastruktur, kesiapan dosen, serta kesenjangan keterampilan digital antar mahasiswa tidak dapat diabaikan. Faktor-faktor ini perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaan, agar penerapan model tidak menemui hambatan berarti. Joyce & Weil (2015) menekankan bahwa keberhasilan suatu model sangat dipengaruhi oleh kesiapan sistem pendukung, sehingga mitigasi terhadap kelemahan perlu menjadi bagian integral dalam implementasi.

Dengan mengidentifikasi secara jelas kelebihan dan kelemahan Model D-PjBL, diharapkan pengguna model memiliki pemahaman komprehensif dan dapat menyesuaikan penerapannya sesuai dengan kondisi riil di lapangan.

BAB IV. PANDUAN IMPLEMENTASI MODEL Digital Project-Based Learning (D-PjBL)

Panduan implementasi berisi petunjuk teknis penggunaan model D-PjBL dalam perkuliahan. Panduan mencakup perencanaan tujuan pembelajaran, aktivitas mahasiswa, perangkat pembelajaran (RPS, SAP, LKM, Media pembelajaran, Instrumen penilaian). Selain itu, disajikan pula rubrik penilaian produk digital, panduan teknis penggunaan platform digital, dan contoh produk digital mahasiswa. Dengan demikian, bab ini memandu pengguna dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan, serta evaluasi pembelajaran berbasis proyek digital.

Pelaksanaan Implementasi Model D-PjBL

a. Persiapan

Sebelum melaksanakan pembelajaran dengan model D-PjBL (*Digital Project-Based Learning*) dosen perlu melakukan beberapa langkah persiapan berikut:

1. Perencanaan RPS (Rencana Pembelajaran Semester) yang terintegrasi dengan sintak 6D. RPS harus mencantumkan capaian pembelajaran (CPMK), indikator, kegiatan pembelajaran, serta instrumen penilaian.
2. Pemilihan topik atau tema proyek sesuai materi perkuliahan. Misalnya, pada mata kuliah Fisiologi Hewan dapat dipilih tema “Sistem Saraf dan Endokrin”.
3. Sarana dan prasarana digital, seperti LMS, platform kolaboratif (LMS, Moodle, MS Teams), serta media pendukung (Padlet, Canva, Edmodo, Quizziz, e-diagnostic web).
4. Perangkat pembelajaran berupa LKM (Lembar Kerja Mahasiswa), rubrik penilaian, instrumen evaluasi, serta contoh produk digital yang dapat dijadikan inspirasi bagi mahasiswa.
5. Pembentukan kelompok proyek, terdiri dari 3–5 mahasiswa, agar memungkinkan kerja kolaboratif.

b. Perencanaan Tujuan Pembelajaran

Perencanaan tujuan pembelajaran disusun dengan mempertimbangkan CPL dan CPMK mata kuliah Fisiologi Hewan. Tujuan utama diarahkan agar mahasiswa:

1. Mampu memahami konsep sistem saraf hewan (perbedaan saraf invertebrata vs vertebrata, mekanisme impuls saraf, refleksi).
2. Mampu memahami konsep sistem endokrin hewan (hormon pertumbuhan, reproduksi, metabolisme, dan stres).
3. Mampu memecahkan masalah nyata melalui kajian kasus fisiologi hewan sehari-hari.
4. Mampu memanfaatkan teknologi digital dalam merancang proyek edukatif.

Contoh rumusan tujuan pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu menganalisis mekanisme refleksi pada kucing dan menyajikannya dalam bentuk animasi digital.
2. Mahasiswa mampu mengidentifikasi peran hormon tiroksin pada metamorfosis katak dan mengembangkan video edukasi untuk siswa SMA.

c. Perencanaan Aktivitas Mahasiswa (berbasis sintaks 6D)

Tabel 4.1 . Perencanaan Aktivitas Mahasiswa dalam Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) Berbasis Sintaks 6D

Sintaks 6D	Aktivitas Mahasiswa	Contoh Studi Kasus Fisiologi Hewan	Luaran/ Produk
<i>Define</i>	Mengidentifikasi masalah autentik terkait saraf & endokrin	- Lebah kehilangan orientasi akibat pestisida (sistem saraf) - Refleks kucing saat disentuh (saraf refleks) - Metamorfosis katak terganggu akibat polusi air (endokrin)	Rumusan masalah proyek
<i>Design</i>	Menyusun rencana proyek digital	- Proposal animasi impuls saraf ikan - Rancangan video edukasi metamorfosis katak	Proposal proyek digital
<i>Develop</i>	Mengembangkan produk digital	- Membuat animasi jalur impuls saraf pada hewan - video edukasi metamorfosis katak terganggu akibat pestisida”	Produk digital (video, poster, modul, animasi)
<i>Demonstrate</i>	Presentasi produk digital di kelas/seminar	- Presentasi animasi saraf katak - Menayangkan poster/ video animasi	Produk diuji melalui presentasi & diskusi
<i>Debrief</i>	Refleksi individu & kelompok	- Menulis catatan refleksi (apa yang dipelajari, tantangan, solusi)	Catatan & laporan refleksi
<i>Disseminate</i>	Publikasi produk digital ke masyarakat luas	- Unggah video metamorfosis katak ke YouTube - Publikasi poster ke media sosial	Produk digital terdokumentasi & dipublikasikan

d. Perencanaan Perangkat

Untuk mendukung aktivitas berbasis 6D, perangkat yang perlu dipersiapkan meliputi:

1. Dokumen pembelajaran: RPS, SAP yang terintegrasi dengan sintaks 6D.
2. Instrumen evaluasi: tes pemahaman konsep dan pemecahan masalah pada materi sistem saraf hewan dan sistem endokrin hewan, LKM, rubrik proyek digital, lembar refleksi, lembar keterlaksanaan, lembar penilaian presentasi.
3. Bahan ajar:
Utama : Modul Ajar Fisiologi Hewan (Sistem Saraf dan Endokrin) yang tersedia di Web.

Pendamping : Buku Teks *Animal Physiology* (Hill, Wyse & Anderson), jurnal tentang sistem saraf & endokrin hewan, video dokumenter, artikel ilmiah.

4. Media digital: web, laptop, TV, internet, aplikasi (Canva, CapCut, Adobe, Google Workspace).

e. Lingkungan Belajar dan Pengelolaan Kelas

Dalam pelaksanaan pembelajaran, keberhasilan model sangat ditentukan oleh bagaimana lingkungan belajar dirancang serta bagaimana kelas dikelola. Lingkungan belajar harus mendukung keterlibatan aktif mahasiswa, memfasilitasi kolaborasi, serta memberikan ruang untuk eksplorasi dan refleksi. Oleh karena itu, pembelajaran dirancang dengan pendekatan blended learning yang memadukan tatap muka dan pemanfaatan *Learning Management System* (LMS). Selain itu, pengelolaan kelas dilakukan secara terstruktur agar aktivitas proyek berjalan konsisten dan terpantau dengan baik.

1. Lingkungan belajar: berbasis blended learning (tatap muka + LMS).
2. Pengelolaan kelas:
 - Mahasiswa dibagi kelompok heterogen (3–5 orang).
 - Setiap kelompok memilih kasus berbeda agar variasi proyek lebih kaya.
 - Ada laporan perkembangan proyek di setiap pertemuan untuk menjaga konsistensi.

f. Pelaksanaan Evaluasi

Untuk memastikan efektivitas pembelajaran dan pencapaian tujuan, diperlukan mekanisme evaluasi yang terencana. Evaluasi tidak hanya berfokus pada hasil akhir proyek, tetapi juga memperhatikan proses yang dilalui mahasiswa serta dampak pembelajaran terhadap pengembangan keterampilan mereka. Dengan demikian, evaluasi berperan sebagai alat refleksi sekaligus dasar untuk perbaikan berkelanjutan. Evaluasi mencakup produk, proses, dan dampak.

1. Evaluasi produk:
 - Akurasi konsep Fisiologi Hewan (sistem saraf & endokrin).
 - Kreativitas & kualitas produk digital.
 - Relevansi produk dengan kasus nyata.
2. Evaluasi proses:
 - Observasi aktivitas kelompok.
 - Peer assessment untuk menilai kontribusi masing-masing anggota.
3. Evaluasi dampak instruksional:
 - Tes pemahaman konsep → sistem saraf hewan.
 - Tes keterampilan pemecahan masalah → sistem endokrin hewan.
4. Evaluasi dampak pengiring:
 - Kreativitas, literasi digital, sikap reflektif, kepedulian lingkungan.

Perangkat Pembelajaran

Implementasi model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) dalam mata kuliah Fisiologi Hewan memerlukan perangkat pembelajaran yang terencana secara sistematis. Perangkat ini tidak hanya berupa dokumen formal seperti silabus dan RPS, tetapi juga instrumen penilaian, bahan ajar, media digital, dan panduan refleksi yang terintegrasi dengan sintaks 6D (*Define – Design – Develop – Demonstrate – Debrief – Disseminate*). Dengan demikian, perangkat yang digunakan bukan hanya menjadi penuntun administratif, tetapi juga berfungsi sebagai pedoman operasional yang memudahkan dosen dan mahasiswa dalam melaksanakan pembelajaran.

Perangkat pembelajaran pertama yang harus disiapkan adalah dokumen akademik tingkat perguruan tinggi, yaitu Rencana Pembelajaran Semester (RPS), dan Satuan Acara Perkuliahan (SAP). RPS menguraikan secara lebih detail tujuan, bahan kajian, metode pembelajaran, serta bentuk evaluasi berbasis proyek digital. Sementara itu, SAP memberikan arah teknis setiap pertemuan yang disesuaikan dengan sintaks 6D, sehingga dosen memiliki acuan operasional yang jelas untuk melaksanakan kegiatan perkuliahan.

Selanjutnya, perangkat yang tidak kalah penting adalah instrumen penilaian. Karena model ini berbasis proyek digital, maka diperlukan rubrik yang menilai aspek pemahaman konsep, keterampilan pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan kualitas produk digital. Instrumen tambahan berupa tes pemahaman konsep untuk topik sistem saraf hewan serta tes keterampilan pemecahan masalah untuk topik sistem endokrin hewan digunakan untuk mengukur dampak instruksional dari penerapan model. Di samping itu, lembar refleksi individu dan kelompok menjadi perangkat untuk menilai proses pembelajaran serta mengembangkan kesadaran metakognitif mahasiswa.

Untuk mendukung substansi perkuliahan, perangkat berupa bahan ajar juga harus disediakan. Bahan ajar utama mencakup buku teks fisiologi hewan seperti *Animal Physiology* (Hill, Wyse, & Anderson), *Comparative Animal Physiology* (Prosser), serta artikel jurnal internasional terbaru yang relevan dengan sistem saraf dan endokrin. Bahan ajar ini dilengkapi dengan artikel populer, video dokumenter, dan sumber digital yang dapat dijadikan acuan mahasiswa dalam mengembangkan proyek.

Sejalan dengan karakteristik D-PjBL, mahasiswa juga membutuhkan media dan teknologi digital. Perangkat keras seperti laptop, LCD, dan jaringan internet menjadi sarana dasar, sedangkan perangkat lunak yang digunakan mencakup aplikasi desain grafis (Canva), editing video (CapCut, Adobe Premiere), simulasi digital (PhET untuk neuron, animasi metamorfosis), serta platform kolaborasi (Google Workspace, Padlet, Trello). Pemanfaatan media ini diharapkan dapat meningkatkan literasi digital mahasiswa sekaligus memperkuat keterampilan abad ke-21.

Terakhir, perangkat pembelajaran dilengkapi dengan panduan refleksi dan diseminasi. Lembar refleksi membantu mahasiswa melakukan evaluasi diri dan kelompok terhadap proses serta hasil proyek. Panduan diseminasi berfungsi untuk mengarahkan mahasiswa dalam memublikasikan karya digital mereka melalui platform resmi seperti LMS, YouTube, atau forum akademik. Dengan adanya perangkat ini, proses publikasi produk digital tidak hanya bernilai akademik, tetapi juga memberikan kontribusi nyata bagi masyarakat luas.

Dengan demikian, perangkat pembelajaran dalam model D-PjBL ini tidak hanya berfungsi sebagai dokumen administratif, tetapi juga sebagai sistem pendukung utama yang memastikan setiap tahapan pembelajaran berjalan sesuai sintaks 6D.

Panduan Teknis Penggunaan Platform Digital

Model D-PjBL menekankan integrasi teknologi digital dalam pembelajaran. Oleh karena itu, dosen dan mahasiswa perlu menggunakan platform digital yang mendukung proses kolaborasi, pembuatan produk, presentasi, hingga publikasi. Berikut adalah panduan teknis penggunaan platform digital yang dapat digunakan sesuai sintak 6D.

a. Platform Kolaborasi

Platform kolaborasi digunakan pada tahap *Define* dan *Design* untuk brainstorming dan perencanaan proyek.

Tabel 4.2. Platform Digital yang Digunakan dalam Implementasi Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) pada tahap *Define* dan *Design*

Platform	Kegunaan	Panduan Singkat
LMS Universitas	Manajemen kelas, distribusi materi, pengumpulan tugas	Dosen membuat kelas → membagikan kode → mahasiswa bergabung → materi & instruksi proyek diunggah.
Padlet	Kolaborasi ide & diskusi	Dosen membuat board → mahasiswa menuliskan ide proyek, referensi, timeline → diskusi terbuka dapat dilakukan di board.

b. Platform Pembuatan Produk Digital

Platform Pembuatan Produk Digital digunakan pada tahap *develop* dan *demonstrate* untuk membuat konten proyek (misalnya animasi, video, infografis).

Tabel 4.3. Platform Digital yang Digunakan dalam Implementasi Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) Pada Tahap *Develop* Dan *Demonstrate*

Platform	Kegunaan	Panduan Singkat
Canva	Desain infografis, poster digital, presentasi	Mahasiswa memilih template → menambahkan teks, gambar, ilustrasi sistem saraf/endokrin → menyimpan hasil sebagai poster/slide.
Canva	Animasi dan presentasi interaktif	Mahasiswa membuat animasi sederhana jalur refleksi atau mekanisme hormon → diunggah ke YouTube atau LMS.
PhET Simulation	Simulasi interaktif sains	Mahasiswa mengeksplorasi simulasi sinyal saraf/hormon sederhana → hasil eksplorasi digunakan sebagai bahan presentasi proyek.

c. Platform Presentasi dan Publikasi

Platform presentasi dan publikasi digunakan pada tahap *demonstrate – debrief – disseminate* untuk mempresentasikan dan menyebarkan hasil proyek digital.

Tabel 4.4. Platform Digital yang Digunakan dalam Implementasi Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) Pada Tahap *Demonstrate – Debrief – Disseminate*

Platform	Kegunaan	Panduan Singkat
Zoom/Google Meet	Presentasi daring	Mahasiswa mempresentasikan produk digital → diskusi dengan dosen & teman.
YouTube/IG	Publikasi produk digital	Mahasiswa mengunggah hasil video/animasi proyek → dibagikan ke audiens lebih luas.

Tabel 4.5. Contoh Integrasi Platform Digital pada Setiap Sintak 6D dalam Model D-PjBL

Sintak 6D	Platform yang Disarankan	Contoh Aktivitas
<i>Define</i>	LMS Universitas, Padlet	Mahasiswa brainstorming topik proyek sistem saraf/endokrin.
<i>Design</i>	Trello, Canva	Mahasiswa membuat rancangan proyek digital (alur kerja, storyboard).
<i>Develop</i>	Canva, Powtoon, PhET	Mahasiswa membuat produk digital (poster, animasi, simulasi).
<i>Demonstrate</i>	Zoom, LMS Universitas,	Mahasiswa mempresentasikan hasil proyek di kelas.
<i>Debrief</i>	Padlet, LMS Universitas	Diskusi reflektif setelah presentasi proyek.
<i>Disseminate</i>	YouTube, Blog, Sosial Media	Produk digital dipublikasikan untuk audiens luas.

Contoh Output Produk Digital Mahasiswa

- Poster Digital (Canva) – Sistem Saraf Hewan
 - Judul: *Jalur Refleks pada Katak*
 - Konten utama:
 - ⇒ Stimulus (sentuhan pada kaki katak).
 - ⇒ Reseptor (kulit/korpuskel sensorik).
 - ⇒ Interneuron (sumsum tulang belakang).
 - ⇒ Efektor (otot kaki → gerakan menendang).
 - Desain:
 - ⇒ Diagram alur sederhana dengan panah.

- ⇒ Warna kontras (biru untuk neuron sensorik, merah untuk neuron motorik).
- ⇒ Dilengkapi ilustrasi katak dengan label jalur refleks.

Produk bisa dibuat mahasiswa di Canva dalam waktu singkat menggunakan template poster infografis.

2. Infografis Digital (Canva) – Sistem Endokrin Hewan

- Judul: *Peran Tiroksin dalam Metamorfosis Katak*
- Konten utama:
 - ⇒ Gambar urutan metamorfosis (berudu → katak muda → katak dewasa).
 - ⇒ Penjelasan singkat peran tiroksin di tiap fase.
 - ⇒ Ikon pencemaran (limbah/pestisida) → efek: metamorfosis gagal.
- Desain:
 - ⇒ Timeline visual metamorfosis dengan ikon hewan.
 - ⇒ Warna hijau alami + simbol pencemaran.
 - ⇒ Teks ringkas, maksimal 3–4 poin per gambar.

Membantu mahasiswa mengaitkan fisiologi dengan isu lingkungan nyata.

3. Animasi/Video (Powtoon/Genially) – Sistem Saraf

- Judul: *Potensial Aksi pada Neuron Ikan*
- Konten:
 - ⇒ Adegan animasi sederhana memperlihatkan aliran ion Na^+ dan K^+ .
 - ⇒ Label “Depolarisasi – Repolarisasi – Hiperpolarisasi”.
 - ⇒ Narasi suara mahasiswa menjelaskan tahapan.
- Durasi: 1–2 menit (cukup singkat untuk presentasi kelas).

Produk ini meningkatkan keterampilan komunikasi sains mahasiswa.

4. Publikasi Digital (YouTube/Blog)

- Judul: *Dampak Pestisida pada Sistem Saraf Lebah*
- Format: Video 3 menit berisi:
 - ⇒ Fakta ilmiah: pestisida mengganggu enzim asetilkolinesterase.
 - ⇒ Dampak: disorientasi, penurunan populasi, ancaman ekosistem.
 - ⇒ Ajakan konservasi: “Selamatkan Lebah, Selamatkan Ekosistem.”
- Platform:
 - ⇒ Diunggah ke Sosial Media dengan deskripsi & sumber pustaka.
 - ⇒ Link dibagikan via LMS

Produk digital yang dihasilkan mahasiswa tidak dibatasi pada contoh di atas. Dosen dapat mendorong mahasiswa menggunakan platform lain (misalnya podcast, blog ilmiah, atau media sosial edukasi) sesuai kreativitas dan relevansi dengan tujuan pembelajaran.

BAB V. PENUTUP

Simpulan

Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) dengan sintak 6D (*Define, Design, Develop, Demonstrate, Debrief, Disseminate*) merupakan inovasi pembelajaran yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa calon guru Biologi. Melalui integrasi teori belajar (kognitif, konstruktivisme, Kolb, Vygotsky, Bruner, Rogers, multimedia learning, problem solving, dan model of teaching) serta dukungan platform digital, model ini mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik pembelajaran.

D-PjBL tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga mengembangkan soft skills mahasiswa, seperti kolaborasi, komunikasi, kreativitas, tanggung jawab, serta literasi digital. Produk-produk digital yang dihasilkan mahasiswa, baik berupa poster, infografis, animasi, maupun publikasi, menjadi bukti nyata bahwa pembelajaran berbasis proyek digital dapat menghadirkan pengalaman belajar yang bermakna, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21.

Rekomendasi Penggunaan Model

Model *Digital Project-Based Learning* (D-PjBL) yang dikembangkan dalam penelitian ini direkomendasikan untuk digunakan dalam pembelajaran di Perguruan Tinggi/Sekolah, khususnya pada Program Studi Kependidikan Sains/Biologi. Model ini dapat diterapkan pada mata kuliah yang menuntut pengembangan pemahaman konseptual sekaligus *problem solving skill* mahasiswa melalui kegiatan berbasis proyek digital.

D-PjBL direkomendasikan digunakan oleh dosen dengan memperhatikan:

1. Konteks Mata Kuliah : model ini lebih efektif untuk mata kuliah yang memiliki ruang bagi aktivitas proyek, kolaborasi, dan eksplorasi pemecahan masalah.
2. Kesiapan Dosen: dosen berperan sebagai fasilitator, sehingga perlu menyiapkan perangkat pembelajaran (RPS, SAP, bahan ajar, LKM, instrumen penilaian, dan media digital) sesuai sintaks D-PjBL.
3. Kesiapan Mahasiswa: mahasiswa diharapkan mampu bekerja dalam kelompok, memanfaatkan teknologi digital, dan aktif melakukan refleksi.
4. Dukungan Infrastruktur: implementasi membutuhkan dukungan perangkat digital, akses internet, serta platform kolaboratif yang memadai.

Dengan memenuhi prasyarat tersebut, D-PjBL diyakini dapat menjadi strategi pembelajaran inovatif untuk meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan abad 21 (4C's), dan kemampuan pemecahan masalah kompleks pada mahasiswa calon guru.

Batasan Penggunaan Model

Model ini dikembangkan untuk mata kuliah Fisiologi Hewan dengan fokus topik sistem saraf dan sistem endokrin. Namun, dapat diadaptasi pada materi lain, implementasinya

memerlukan penyesuaian dengan karakteristik materi, alokasi waktu, dan fasilitas pendukung yang tersedia. Penggunaan platform digital memerlukan kesiapan literasi digital mahasiswa dan ketersediaan akses internet yang memadai.

Harapan Pengembangan

Manual book ini diharapkan dapat menjadi panduan praktis bagi dosen, guru, dan mahasiswa dalam mengimplementasikan model D-PjBL. Ke depan, model ini dapat dikembangkan lebih lanjut.

Selain itu, model ini diharapkan dapat memperkuat kolaborasi antara perguruan tinggi, sekolah, dan komunitas MGMP, sehingga pembelajaran Biologi tidak hanya meningkatkan capaian akademik, tetapi juga membentuk generasi yang kritis, kreatif, kolaboratif, komunikatif, serta berdaya saing global.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Badan Standar Nasional Pendidikan. (2006). *Instrumen penilaian buku teks pelajaran*. BSNP.
- Badan Standar Nasional Pendidikan. (2010). *Instrumen penilaian kelayakan buku teks pelajaran*. BSNP.
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The ideal problem solver: A guide for improving thinking, learning and creativity* (2nd ed.). W. H. Freeman.
- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2013). Removing obstacles to the pedagogical changes required by Jonassen's vision of authentic technology-enabled learning. *Computers & Education*, 64(1), 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.008>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2015). *Models of teaching* (9th ed.). Pearson Education.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–333). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.
- Piaget, J. (1972). *The psychology of the child*. Basic Books.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational design research – Part A: An introduction*. SLO.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Rahmawati, I., Sudarmin, & Sumarni, W. (2022). Development of a digital project-based learning model to support Merdeka Curriculum. *Journal of Science Education Research*, 6(3), 201–213.
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>

- Riduwan. (2016). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.
- Rogers, C. R. (1983). *Freedom to learn for the 80s*. Charles E. Merrill.
- Sadikin, A., Rusdi, M., Hasibuan, M. H. E., & Siburian, J. (2024). Improving teaching quality: Development of the PjBL microteaching model for prospective biology teachers. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 17(2), 523–532.
- Simbolon, R., & Koeswanti, H. D. (2020). Comparison of PjBL (project-based learning) models with PBL (problem-based learning) models to determine student learning outcomes and motivation. *International Journal of Elementary Education*, 4(4), 519–529.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian dan pengembangan (Research and Development)*. Alfabeta.
- Suryawati, E., Linggasari, M. N., & Arnentis, A. (2024). Technological pedagogical and content knowledge of biology prospective teachers. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 16(1), 25–36.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation.
- Tondeur, J., Scherer, R., Baran, E., Siddiq, F., Valtonen, T., & Sointu, E. (2017). Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 479–491. <https://doi.org/10.1111/bjet.12344>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- van den Akker, J. (1999). Principles and methods of development research. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 1–14). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_1
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*. MIT Press.
- Wahyuni, R., Firdaus, L. N., Putra, R. A., Linggasari, M. N., Wulandari, P. A., & Fadilah, M. (2025). Project-based learning (PjBL) green pedagogy E-module in improving creative thinking and digital literacy. *Journal of Educational Sciences*, 9(2), 876–885.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100.