

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1. *Collaborative Problem Solving Skills*

a. Pengertian *Collaborative Problem Solving Skills*

Kemampuan CPS adalah gabungan dari keterampilan menyelesaikan masalah dan kemampuan berkolaborasi sehingga keterampilan ini termasuk kedalam bagian dari keterampilan abad 21 atau biasa dikenal dengan keterampilan 4C (*critical thinking, creativity, communication and collaboration*). Definisi CPS menurut PISA (2013) yaitu kapasitas seseorang untuk terlibat secara efektif dalam proses di mana dua atau lebih orang berusaha memecahkan masalah dengan berbagi pemahaman dan upaya yang diperlukan untuk menemukan solusi serta menyatukan pengetahuan, keterampilan, dan upaya mereka untuk mencapai solusi tersebut. *Collaborative problem solving* merupakan keterampilan dalam bekerja sama dan bertukar pikiran untuk menangani masalah secara responsif serta gabungan dari keterampilan berpikir kritis, pengambilan keputusan, pemecahan masalah, serta kemampuan berkolaborasi (Griffin & Esther, 2015). Disamping itu, OECD (2019) mendefinisikan CPS sebagai kemampuan peserta didik yang terlibat secara efektif dalam proses pembelajaran dengan dua atau lebih peserta didik yang memecahkan masalah dengan cara berbagi pemahaman dan usaha, mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah.

Keterampilan CPS terdiri dari domain kognitif dan domain sosial. Domain kognitif yakni *problem solving* yang berarti keadaan dimana peserta didik terdorong untuk melakukan aktivitas tertentu dalam mencapai suatu tujuan setelah mereka menyadari adanya perbedaan antara kondisi aktual dan kondisi yang diinginkan. Sedangkan *collaborative* sebagai domain sosial merupakan suatu kegiatan peserta didik dimana mereka bekerja sama dan disertai komunikasi serta kemampuan bereaksi sebagai komponennya (Hesse *et al.*, 2015). Dari pernyataan tersebut, maka untuk

menilai keberhasilan CPS bukan hanya dilihat dan ditentukan oleh seberapa baik kelompok tersebut menyelesaikan masalah saja, akan tetapi dilihat pula dari seberapa baik mereka dalam berkolaborasi (Nisa *et al.*, 2023).

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa CPS merupakan kemampuan untuk bekerja sama dengan orang lain yang melibatkan interaksi dan komunikasi dalam suatu kegiatan pemecahan masalah untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

b. Indikator *Collaborative Problem Solving Skills*

Menurut Hesse *et al* (2015), CPS terdiri dari domain sosial yang meliputi indikator partisipasi (*participation*), pengambilan perspektif (*perspective taking*), dan regulasi sosial (*social regulation*) serta domain kognitif yang terdiri dari regulasi tugas (*task regulation*), dan pembentukan pengetahuan dan keterampilan belajar (*learning and knowledge building*). Untuk selengkapnya, indikator CPS dituangkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Indikator Keterampilan CPS

Domain	Indikator	Deskripsi
Sosial	Partisipasi	Kemampuan peserta didik untuk berkontribusi aktif dan berinteraksi dalam kelompok untuk mendorong kontribusi anggota serta menyelesaikan tugas sesuai tanggung jawab masing-masing.
	Pengambilan Perspektif	Kemampuan peserta didik untuk memahami, menghargai, dan mempertimbangkan sudut pandang atau kontribusi anggota kelompok lain dalam upaya menemukan solusi terbaik secara bersama-sama.
	Regulasi Sosial	Kemampuan untuk mencapai kesepakatan bersama, mengenali kekuatan dan kelemahan diri serta anggota kelompok, dan memastikan kelompok dapat menyelesaikan tugas secara efektif.
Kognitif	Regulasi Tugas	Kemampuan untuk menganalisis masalah, menetapkan tujuan jelas, mengelola sumber daya dan anggota kelompok, memahami elemen tugas, serta mengimplementasikan solusi dan memonitor progresnya.

	Pembentukan Pengetahuan dan Keterampilan belajar	Kemampuan untuk memahami kaitan antar informasi, menggunakan sebab-akibat untuk merencanakan tindakan, dan menyesuaikan diri dengan perubahan situasi atau informasi.
--	--	---

Sumber: Hesse *et al* (2015) dan Nuraeni & Zahra (2021)

2.1.2 *Self Regulated Learning*

a. Pengertian *Self Regulated Learning*

Dalam bahasa Indonesia, istilah *self regulated learning* disebut juga sebagai kemampuan mengatur strategi belajar sendiri atau pengelolaan diri dalam belajar. Definisi *self regulated learning* menurut Pintrich & Groot (1990) yaitu proses dimana individu menggunakan strategi motivasional, metakognitif, dan kognitif untuk mengatur dan mengontrol proses belajar mereka sendiri. Sejalan dengan hal tersebut, Zimmerman (2002) mendefinisikan *self regulated learning* sebagai proses dimana individu mengatur dan mengarahkan strategi belajar mereka sendiri melalui cara yang sistematis dan terencana. Dalam SRL, peserta didik memulai dan mengarahkan cara belajar mereka sendiri daripada bergantung pada guru, orang tua, atau agen pengajaran lainnya (Zimmerman, 1989).

Menurut Valle *et al* (2008), SRL merupakan proses aktif di mana peserta didik menetapkan tujuan yang mengarahkan pembelajaran mereka, mencoba memonitor, mengatur, dan mengontrol kognisi, motivasi, dan perilaku mereka untuk mencapainya. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Sibuea *et al* (2022) yang menyatakan bahwa *self regulated learning* berarti peserta didik mempunyai kesadaran untuk belajar sendiri, mampu menentukan sendiri langkah-langkah belajarnya, memperoleh sumber belajarnya sendiri, serta melakukan evaluasi diri dan merefleksikan kegiatan belajarnya sendiri sehingga mereka akan mempunyai kepercayaan diri yang tinggi. *Self regulated learning* melibatkan tiga aspek penting yaitu: metakognisi (*metacognition*), motivasi (*motivation*) dan perilaku (*behavior*) (Zimmerman, 2008). Metakognisi meliputi kesadaran akan kekuatan dan kelemahan diri dalam menghadapi tantangan pembelajaran. Motivasi yakni keinginan untuk mencoba tugas-tugas yang lebih menantang dan percaya bahwa dengan usaha yang keras tugas-tugas tersebut akan terselesaikan. Sedangkan aspek perilaku meliputi kemampuan untuk mengelola strategi pembelajaran yang luas dan

dapat menyesuaikan strategi tersebut untuk memenuhi kebutuhan dari tugas-tugas pembelajaran (Brenner, 2022).

SRL peserta didik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Kristiyani (2016), SRL yang dimiliki peserta didik dapat dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Hal ini sesuai dengan pendapat Zimmerman (1989) yang menyatakan bahwa terdapat tiga faktor yang dapat mempengaruhi SRL, yang dikenal sebagai *triadic analysis of self regulated learning*. Ketiga faktor tersebut meliputi: 1) faktor pribadi (*person*), mencakup keyakinan diri (*self efficacy*), pengetahuan dan proses metakognitif; 2) faktor perilaku (*behavior*), melibatkan observasi diri, refleksi diri, dan reaksi emosional terhadap pencapaian; dan, 3) faktor lingkungan (*environment*), mencakup kondisi fisik tempat belajar, serta dukungan sosial baik dari guru, orang tua maupun teman.

b. Indikator *Self Regulated Learning*

Dalam penelitian ini, indikator yang digunakan dalam mengukur SRL yaitu menggunakan indikator berdasarkan teori SRL menurut Zimmerman (1990). Teori tersebut menjelaskan bahwa SRL terbagi atas tiga aspek, yaitu: 1) aspek perilaku yaitu siswa mampu mengendalikan tindakan mereka selama proses belajar, baik dalam memilih tempat maupun cara belajar, serta dapat memanfaatkan sumber daya di sekitarnya dengan optimal. 2) aspek motivasi yaitu peserta didik memiliki keyakinan bahwa mereka akan mencapai tujuan belajar mereka dengan motivasi yang mereka miliki, dan mereka juga dapat mengendalikan emosi dan hal-hal yang mempengaruhi perasaan mereka selama proses belajar. 3) aspek kognisi yaitu peserta didik dapat mengatur strategi kognitifnya dalam belajar sehingga mereka dapat mencapai tujuan belajar serta menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan sebelumnya (Faruq *et al.*, 2021). Indikator SRL diuraikan dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Indikator *Self Regulated Learning*

Aspek	Indikator	Deskripsi
Perilaku	Pengelolaan waktu belajar	Merencanakan, mengatur, dan memonitor waktu yang digunakan dalam kegiatan belajar.

Aspek	Indikator	Deskripsi
	Usaha mengerjakan tugas	Aktif dan konsisten berusaha menyelesaikan tugas yang diberikan, disiplin, tekun dan berkomitmen dalam menjalankan proses belajar.
	Pengkondisian lingkungan belajar	Mengatur lingkungan yang mendukung proses belajar dengan memilih tempat yang tenang dan meminimalkan gangguan agar dapat fokus dan produktif dalam belajar.
	Pengoptimalan sumber daya dalam proses belajar	Memanfaatkan sumber daya yang dapat mendukung pencapaian tujuan belajar secara efektif.
Motivasi	Keyakinan atas kemampuan diri yang dimiliki	Yakin dan percaya diri dalam mengelola dan mengatasi tugas atau tantangan belajar.
	Orientasi tujuan belajar	Menetapkan tujuan belajar yang jelas dan spesifik serta fokus untuk mencapai tujuan tersebut menggunakan strategi yang tepat.
	Pemberian penghargaan pada diri	Memberikan apresiasi atau penghargaan kepada diri sendiri atas pencapaian atau kemajuan yang telah diraih dalam proses pembelajaran.
Kognisi	Kesadaran diri	Mengenali kekuatan dan kelemahan diri, memahami cara belajar yang paling efektif bagi diri sendiri, serta mengontrol emosi dan motivasi dalam proses pembelajaran
	Perencanaan belajar	Merencanakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan belajar.
	Evaluasi hasil belajar	Menilai pemahaman dan kemajuan belajar.

Sumber: Zimmerman (1990) dan Faruq *et al* (2021)

2.1.3 Model Pembelajaran

a. Definisi Model Pembelajaran

Joyce *et al* (1980) mendefinisikan model pembelajaran sebagai pola atau rencana yang dapat digunakan untuk menentukan kurikulum atau pengajaran,

memilih materi pelajaran dan membimbing kegiatan guru. Secara lebih luas, model pembelajaran diartikan sebagai suatu pola atau perencanaan yang digunakan sebagai pedoman untuk mengatur pelajaran di kelas serta untuk menentukan perangkat pembelajaran seperti buku, film, komputer, kursus, dan lainnya (Joyce *et al.*, 1980).

Sejalan dengan definisi tersebut, Sagala (2017) juga menjelaskan bahwa model pembelajaran adalah kerangka konseptual yang menggambarkan cara-cara sistematis dalam mengatur pengalaman belajar peserta didik untuk mencapai tujuan belajar tertentu, serta berfungsi sebagai pedoman guru dalam merancang dan melaksanakan aktivitas pembelajaran. Menurut Helmiati (2007), model pembelajaran adalah bentuk pembelajaran yang tergambar dari awal sampai akhir yang disajikan secara khas oleh guru, serta merupakan bungkus atau bingkai dari penerapan suatu pendekatan, metode, strategi, dan teknik pembelajaran.

b. Model *Project Based Learning* berbasis *Bioentrepreneurship*

1. Pengertian Model *Project Based Learning*

Definisi model *project based learning* menurut *lucas educational research* (2021) adalah suatu pendekatan pendidikan berbasis inkuiri dimana peserta didik mengeksplorasi permasalahan di dunia nyata melalui proyek individu dan kelompok. Dalam *Lucas Educational Research* (2021) juga dijelaskan bahwa model pembelajaran ini dapat mendorong peserta didik untuk memahami mengapa suatu materi bermanfaat dan bagaimana materi tersebut dapat diterapkan dalam bidang kehidupan. Sejalan dengan definisi tersebut, Sofiah *et al* (2021) juga mengartikan model PjBL sebagai suatu pengajaran yang mengaitkan antara teknologi dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan erat dengan peserta didik ataupun dengan suatu proyek sekolah. Pada model ini, guru berperan sebagai fasilitator dan membantu mempersiapkan hal-hal yang dibutuhkan selama proses pembelajaran.

Model PjBL merupakan model yang berpusat pada peserta didik, sehingga partisipasi aktif dari peserta didik sangat dibutuhkan. Pada model ini, peserta didik dituntut untuk terlibat secara aktif dalam pembuatan proyek atau karya yang dapat meningkatkan pemahaman mereka mengenai konsep yang dipelajari. Hal ini sesuai

dengan pernyataan dari Pratiwi & Setyaningtyas (2020) bahwa PjBL merupakan pembelajaran berbasis proyek dimana peserta didik dibimbing untuk eksplorasi, menilai, interpretasi, sistesi dan informasi secara berkelompok yang kemudian dipresentasikan sehingga dapat berguna untuk proses pembelajaran mereka.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa model PjBL adalah model pembelajaran yang menekankan pada eksplorasi dan pemecahan masalah nyata melalui proyek, baik individu maupun kelompok, dengan keterlibatan aktif peserta didik. Model ini mengintegrasikan pembelajaran dengan masalah-masalah kehidupan nyata yang relevan, mendorong peserta didik untuk memahami manfaat dan penerapan materi dalam kehidupan sehari-hari.

2. Sintaks Model *Project Based Learning*

Lucas (2021) mengembangkan langkah-langkah atau tahapan dalam model *project based learning*, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.3 Sintaks dan Aktivitas dalam Model *Project Based Learning*

Sintaks/Tahapan	Aktivitas
Merumuskan Pertanyaan Mendasar	Pada tahap ini, guru merumuskan pertanyaan esensial yaitu pertanyaan yang dapat memberi penugasan peserta didik dalam melakukan suatu aktivitas.
Merencanakan Perencanaan Proyek	Dengan mempertimbangkan bahan dan sumber belajar yang tersedia, peserta didik berkolaborasi untuk menentukan dan menyusun rencana yang sesuai dalam proyek <i>bioentrepreneurship</i> . Sementara itu, guru mendampingi aktivitas peserta didik.
Menyusun Jadwal Pengerjaan Proyek	Peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Meliputi pembuatan <i>timeline</i> dan menentukan <i>deadline</i> pengerjaan proyek tersebut. Guru membantu membimbing dan mengarahkan jika terdapat tahapan yang kurang sesuai.
Monitoring Pengerjaan Proyek	Pada tahap ini guru melakukan monitoring atau mengecek realisasi perkembangan proyek serta membimbing apabila mengalami kesulitan dari proyek yang dibuat.
Pengujian Hasil	Peserta didik melakukan penilaian hasil proyek dengan menganalisis kelebihan dan kekurangan dari proyek tersebut. Guru melakukan penilaian yang meliputi penguasaan dan keaktifan peserta didik selama pengerjaan proyek.

Sintaks/Tahapan	Aktivitas
Evaluasi Pengalaman	Pada akhir proses pembelajaran, peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas pengerjaan proyek yang telah dilakukan. Sementara itu, guru mengembangkan proses diskusi Bersama peserta didik hingga ditemukannya temuan baru yang dapat menjawab pertanyaan esensial diawal.

Sumber: Lucas (2021)

3. Kelebihan dan Kelemahan Model *Project Based Learning*

Setiap model pembelajaran tentunya mempunyai kelebihan dan kelemahannya masing-masing. Menurut Djamarah & Zein (2014), kelebihan dari model PjBL yaitu sebagai berikut:

- 1) melatih peserta didik untuk memperluas pemikiran mereka tentang masalah yang harus diterima dalam kehidupan sehari-hari;
- 2) memberikan pelatihan langsung kepada peserta didik dengan mengasah keahlian mereka dalam berpikir kritis dan keahlian yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari; dan
- 3) menyesuaikan diri dengan prinsip kontemporer melalui peningkatan keahlian peserta didik dalam teori, praktik, dan pengaplikasiannya.

Sedangkan kelemahan pada model PjBL menurut Zulhana & Usman (2017), yaitu:

- 1) membutuhkan banyak waktu untuk pembuatan produk;
- 2) membutuhkan biaya lebih;
- 3) membutuhkan guru yang terampil;
- 4) membutuhkan fasilitas, peralatan dan bahan yang memadai; dan
- 5) kesulitan melibatkan semua peserta didik dalam kerja kelompok.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa model PjBL memiliki kelebihan dalam melatih peserta didik berpikir kritis dan luas terhadap masalah nyata, serta mengasah keterampilan praktis yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Namun, PjBL juga memiliki kelemahan, yaitu memerlukan waktu dan biaya yang lebih, guru yang terampil, fasilitas yang memadai, serta tantangan dalam melibatkan seluruh peserta didik secara aktif dalam kerja kelompok.

4. Pendekatan *Bioentrepreneurship*

Bioentrepreneurship merupakan pengintegrasian *entrepreneurship* dengan pembelajaran biologi. Definisi *bioentrepreneurship* menurut Brown & Kant (2009) adalah pemanfaatan dari suatu makhluk hidup yang dapat diolah menjadi produk bisnis dan dipasarkan sehingga dapat menghasilkan ekonomi yang produktif. *Bioentrepreneurship* adalah pembelajaran yang menggabungkan kewirausahaan dan biologi secara inovatif, kontekstual, dan kreatif dengan memanfaatkan makhluk hidup untuk menciptakan produk bernilai ekonomis yang dapat dipasarkan (Innayah, 2023). Menurut Innayah (2023) menyatakan bahwa salah satu karakteristik dari pembelajaran *bioentrepreneurship* yaitu dengan memanfaatkan lingkungan sekitar dan membekali peserta didik dengan keterampilan pengolahan produk sehingga pembelajaran tersebut menjadi lebih bermakna dan menyenangkan. Menurut Prihatiningrum *et al* (2019) menyebutkan bahwa pembelajaran *bioentrepreneurship* dapat membekali peserta didik dengan kemampuan kewirausahaan. Kemampuan ini dapat berguna sebagai salah satu bekal dalam menghadapi tantangan di dunia kerja. Selain itu, pembelajaran ini juga diharapkan dapat memberi pengetahuan mengenai kewirausahaan yang inovatif dan kreatif. Pembelajaran berbasis *bioentrepreneurship* ini dapat menciptakan suasana yang nyaman dan tidak jenuh bagi peserta didik.

Seperti halnya dengan pendekatan pembelajaran yang lain, pendekatan *bioentrepreneurship* juga mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pendekatan ini dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan sikap dan keterampilan kewirausahaan yang berfokus pada peningkatan kreativitas, produktivitas, dan kerja keras (Innayah, 2023). Sedangkan kelemahan dari pendekatan *bioentrepreneurship* yaitu membutuhkan kesabaran karena dalam pelaksanaannya akan memakan waktu yang cukup lama. Selain itu, beberapa percobaan tidak selalu menghasilkan hasil yang diharapkan karena faktor-faktor tertentu yang berada di luar kemampuan atau keterampilan seseorang (Innayah, 2023).

Pada penelitian ini, peneliti mengintegrasikan pendekatan *bioentrepreneurship* dengan model PjBL dengan berfokus pada materi bioteknologi.

Berikut merupakan tahapan atau fase dari pelaksanaan pembelajaran PjBL berbasis *bioentrepreneurship* yang diadaptasi dari Machin (2012). Tahapan serta aktivitas dari model PjBL berbasis *bioentrepreneurship* dituangkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tahapan Model *Project Based Learning* Berbasis *Bioentrepreneurship*

No.	Fase/Tahapan	Aktivitas
1.	Merumuskan Pertanyaan Mendasar	<i>Exploring Question</i> Guru merumuskan pertanyaan esensial untuk mendorong peserta didik untuk menemukan produ yang dapat dijadikan peluang usaha. Peserta didik dapat mencari informasi dari berbagai literatur untuk menciptakan produk yang inovatif dan bernilai ekonomis.
2.	Merencanakan Perencanaan Proyek	<i>Planning</i> Guru membantu peserta didik dalam membuat rencana proyek pembuatan produk <i>bioentrepreneurship</i> . Perencanaan terdiri atas pembuatan <i>timeline</i> dan menentukan <i>deadline</i> pengerjaan proyek, persiapan dana proyek, alur proses kegiatan penyelesaian proyek, pembagian tugas antar-anggota kelompok, serta merencanakan tindak lanjut dari proyek <i>bioentrepreneurship</i> tersebut..
3.	Menyusun Jadwal Pengerjaan Proyek	
4.	Monitoring Pengerjaan Proyek	<i>Monitoring-Producing</i> Tahapan ini juga meliputi pelaksanaan dari pembuatan produk bioteknologi berdasarkan pada perencanaan proyek yang telah disusun. Guru melakukan monitoring atau mengecek realisasi perkembangan pembuatan produk bioteknologi serta membimbing apabila peserta didik mengalami kesulitan dari proyek yang dibuat.
5.	Pengujian Hasil	<i>Communicating</i> Hasil produk yang telah selesai dapat dipromosikan dan di presentasikan apa saja kelebihan dan kekurangannya. Sementara itu, guru melakukan penilaian yang mencakup penguasaan dan keaktifan peserta didik selama pengerjaan proyek.
6.	Evaluasi Pengalaman	<i>Reflecting</i> Peserta didik melakukan refleksi atau evaluasi terhadap aktivitas pengerjaan proyek <i>bioentrepreneurship</i> yang telah dilakukan. Disamping itu, guru mengembangkan proses

No.	Fase/Tahapan	Aktivitas
		diskusi untuk menemukan temuan baru yang dapat menjawab pertanyaan esensial diawal.

Sumber: Innayah (2023) dan Machin (2012)

2.1.4 Deskripsi Materi Bioteknologi

Istilah bioteknologi pertama kali diperkenalkan oleh Karl Ereky pada tahun 1919 yang merupakan sarjana pertanian asal Hongaria. Istilah bioteknologi awalnya digunakan untuk menghasilkan suatu produk dari bahan baku dengan bantuan organisme hidup. Bioteknologi berasal dari bahasa latin, yaitu *bio* (hidup), *teknos* (teknologi) dan *logos* (ilmu). Dengan kata lain bahwa bioteknologi adalah ilmu yang mempelajari penerapan prinsip-prinsip biologi. *European federation of biotechnology* mendefinisikan bioteknologi sebagai integrasi ilmu pengetahuan alam dan rekayasa yang bertujuan untuk meningkatkan aplikasi organisme hidup, sel atau bagian dari organisme untuk menghasilkan barang dan jasa (Prasetya, 2021). Sedangkan menurut KBBI, bioteknologi merupakan teknologi yang menyangkut jasad hidup, mencakup teknik-teknik yang menggunakan organisme hidup untuk memproduksi barang dan jasa. Terdapat dua macam bioteknologi yaitu bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

1. Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional merupakan jenis bioteknologi yang fokus pada proses seleksi alam mikroba yang digunakan modifikasi lingkungan untuk menghasilkan produk yang optimal, seperti tape, tempe, roti, keju, dll (Wusqo, 2014). Bioteknologi konvensional hanya berfokus pada fermentasi mikroorganisme utuh tanpa rekayasa genetik, sehingga hasilnya sangat bergantung pada sifat alami mikroorganisme yang digunakan.

Bioteknologi konvensional dapat dimanfaatkan pada beberapa bidang, diantaranya yaitu:

a. Bidang Produksi Pangan

Menurut Wusqo (2014), penggunaan bioteknologi konvensional bertujuan untuk meningkatkan nilai gizi dan cita rasa dari suatu bahan pangan. Dalam pemanfaatannya, bioteknologi konvensional pada bidang pangan berfokus pada

bantuan mikroorganisme untuk menghasilkan berbagai produk makanan maupun minuman melalui proses yang disebut fermentasi.

Berikut merupakan beberapa produk pangan hasil bioteknologi konvensional yang dibuat melalui proses fermentasi:

1) Tempe

Dalam pembuatannya, tempe difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp, yaitu *Rhizopus chlamidosporus*, *Rhizopus oryzae*. Prosesnya dimulai dengan pencampuran kedelai dengan ragi tempe yang mengandung spora *rhizopus*. Dari spora tersebut akan terbentuk benang-benang yang nantinya mengikat biji kedelai sehingga menjadi tempe. Fermentasi tempe mampu meningkatkan nilai gizi dari kedelai yakni dengan menurunkan kadar asam fitat yang memudahkan penyerapan mineral oleh tubuh. Tempe juga dipercaya kaya akan protein serta dari proses fermentasi tersebut menghasilkan senyawa bioaktif sebagai antioksidan dan antibiotik yang bermanfaat bagi kesehatan.

2) Kecap

Kecap juga merupakan produk fermentasi bioteknologi di mana mikroorganisme, terutama jamur seperti *Aspergillus* dan *Rhizopus* yang bekerja dengan kedelai sehingga menghasilkan kecap. Di Indonesia, kecap sudah terkenal sebagai bumbu masakan atau penyedap makanan. Namun tidak hanya itu, kecap juga dapat meningkatkan nilai gizi dari kedelai dengan mengurangi anti-nutrisi dan kaya akan asam amino, vitamin, mineral serta senyawa bioaktif lainnya.

3) Yoghurt

Yoghurt merupakan hasil fermentasi susu yang melibatkan bakteri asam laktat, yakni *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*. Kedua bakteri ini berperan dalam proses fermentasi dengan cara mengubah laktosa (gula dalam susu) menjadi asam laktat. *Streptococcus thermophilus* berperan penting dalam membentuk cita rasa khas pada yoghurt, sedangkan *Lactobacillus bulgaricus* lebih berkontribusi pada pembentukan aroma. Asam laktat yang dihasilkan menyebabkan yoghurt memiliki rasa asam yang khas, serta berperan dalam pengentalan susu dan membuat tekstur yoghurt menjadi lebih kental. Yoghurt mempunyai beberapa manfaat bagi kesehatan, diantaranya yaitu untuk mengurangi

gejala dari gangguan pencernaan, membantu meningkatkan sistem imun, dan mengandung vitamin D yang baik bagi kesehatan tulang.

4) Keju

Keju merupakan salah satu produk olahan susu yang dibuat dengan menggumpalkan protein oleh enzim renin, sehingga terbentuk dadih dan air dadih. Dadih tersebut kemudian dikeringkan, dipadatkan serta diproses lebih lanjut melalui tahap pematangan untuk menciptakan rasa, aroma dan tekstur yang khas kemudian menjadi keju. Keju mempunyai kandungan yang tinggi, seperti protein, lemak, kalsium dan vitamin B.

5) Roti

Roti adalah produk fermentasi yang dibuat dari campuran tepung, air, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), dan bahan lainnya. Selama fermentasi, ragi menguraikan gula dalam adonan menjadi alkohol dan gas karbon dioksida. Gas ini membuat adonan mengembang dan menghasilkan tekstur berongga dan lembut pada roti. Selain itu, fermentasi juga memberikan rasa khas pada roti. Lamanya proses fermentasi dapat bervariasi tergantung pada jenis roti yang dibuat. Roti mengandung karbohidrat yang cukup tinggi sehingga makanan ini sering dijadikan sebagai sumber energi selain nasi.

6) Tape

Tape merupakan salah satu produk fermentasi tradisional. Biasanya terbuat dari singkong atau beras ketan. Proses fermentasinya melibatkan ragi jenis *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus* yang merupakan bakteri asam laktat. Kedua mikroorganisme tersebut akan menguraikan karbohidrat dari singkong maupun beras ketan menjadi gula sederhana, alkohol serta asam organik. Dari proses ini dihasilkan tape yang mempunyai rasa manis sedikit asam dan beraroma alkohol yang cukup khas. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* berperan dalam menciptakan alkohol pada tape, sedangkan asam laktat berperan dalam menciptakan rasa asam pada tape. Asam laktat tersebut berguna dalam membantu meningkatkan imunitas atau daya tahan tubuh agar tidak mudah terpapar virus penyakit.

b. Bidang Pertanian

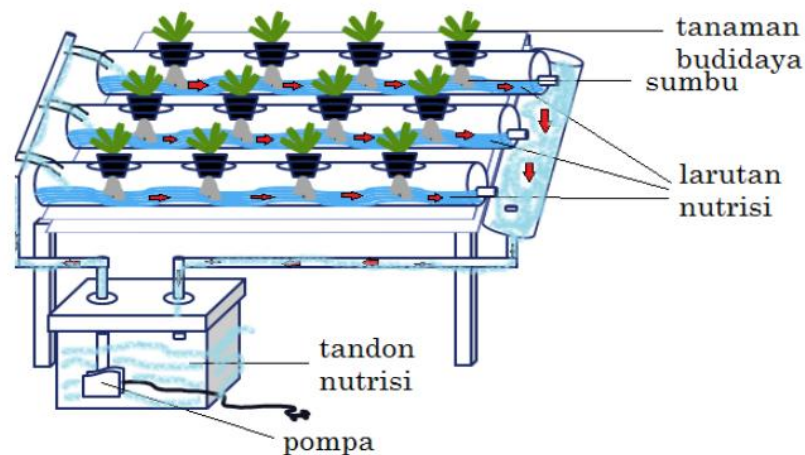
Bioteknologi konvensional telah berperan penting dalam meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan pertanian. Berikut merupakan beberapa contoh penerapan bioteknologi konvensional dalam bidang pertanian:

1) Persilangan

Persilangan atau disebut juga dengan pembastaran merupakan proses kawin silang antara dua individu tanaman dengan varietas berbeda untuk menghasilkan keturunan yang mempunyai kombinasi sifat yang diinginkan. Sejak dulu, teknik ini biasanya digunakan untuk membantu meningkatkan hasil panen atau meningkatkan kualitas produk, serta membuat tanaman lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Salah satu contoh pembastaran yaitu pada pengembangan varietas padi yang tahan terhadap penyakit blas melalui penggabungan gen ketahanan dan varietas lokal dengan varietas unggul yang lain.

2) Hidroponik

Hidroponik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* artinya tenaga kerja. Berdasarkan terminologi tersebut, maka hidroponik artinya bekerja dengan menggunakan air. Menurut Aini & Azizah (2018) hidroponik merupakan teknik menumbuhkan tanaman tanpa menggunakan media tanah, melainkan menggunakan larutan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kualitas tanaman yang dihasilkan dari hidroponik cenderung lebih baik dibanding dengan metode biasa, karena resiko serangan hama dan penyakit cukup rendah sehingga penggunaan pestisida juga berkurang. Teknik hidroponik digambarkan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Teknik Hidroponik
Sumber: Kamalia *et al* (2017)

c. Bidang Industri

Salah satu contoh bioteknologi konvensional di bidang industri yaitu teknik bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses mengubah limbah berbahaya menjadi zat yang kurang berbahaya melalui penggunaan mikroba. Contohnya seperti mikroba *Xanthomonas campestris* dan *Pseudomonas foetida* yang digunakan dalam pengolahan limbah logam berat dari industri untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

d. Bidang Medis

Pada bidang medis contohnya yaitu pembuatan antibiotik penisilin yang ditemukan oleh Alexander Fleming pada tahun 1928. Antibiotik penisilin merupakan hasil isolasi dari jamur *Penicillium chrysogenum* dan bermanfaat untuk mengobati berbagai infeksi bakteri. Selain itu, contoh lain pada bidang pengobatan yaitu produksi insulin yang digunakan untuk pengobatan diabetes.

2. Bioteknologi Modern

Seiring berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan, pemanfaatan bioteknologi pun ikut mengalami perkembangan yang cukup pesat. Bioteknologi modern lebih terfokus pada penggunaan teknik rekayasa genetika. Teknik tersebut bertujuan untuk menghasilkan organisme baru dengan sifat yang lebih unggul. Beberapa di antara pemanfaatan bioteknologi modern diantaranya yaitu:

a. Tanaman Transgenik

Transgenik berasal dari dua kata yaitu ‘*trans*’ yang artinya pindah dan ‘*gen*’ yang berarti karakteristik. Menurut Sari (2021) tanaman transgenik adalah suatu tanaman yang telah disisipi oleh DNA atau gen asing dari spesies tanaman yang berbeda. Tanaman transgenik disebut juga dengan tanaman *genetically modified organism* (GMO) yang bertujuan untuk menghasilkan tanaman yang mempunyai sifat-sifat lebih unggul. Salah satu contoh dari produk tanaman transgenik yaitu jenis semangka tanpa biji, dimana biji semangka tersebut diinduksi menggunakan zat kolkisin serta serangkaian persilangan lain.

Contoh lain dari hasil tanaman transgenik yaitu *golden rice*. *Golden rice* merupakan tanaman padi transgenik yang mampu memproduksi provitamin A atau beta-karoten di dalam endosperm padi. Perbandingan *golden rice* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Golden Rice* Generasi I dan II
Sumber: Sjarief & Sari (2015)

b. Hewan Transgenik

Hewan transgenik adalah hewan yang dimodifikasi secara genetik dan memiliki materi genetik asing yang memberikan sifat yang diinginkan (Ghanbari *et al.*, 2022). Pada prosesnya, DNA eksternal dimasukkan ke dalam hewan menggunakan teknologi DNA rekombinan dan ditransmisikan melalui setiap sel germinal. Beberapa diantara hewan transgenik dibuat untuk memiliki sifat ekonomis tertentu, seperti membuat susu yang mengandung protein khusus yang dapat membantu dalam perawatan penyakit tertentu. Hewan transgenik lainnya

dibuat sebagai model penyakit, di mana hewan dimodifikasi secara genetik untuk menunjukkan gejala penyakit sehingga perawatan dapat dipelajari dengan lebih efektif (Sutarno, 2016). Banyak ilmuwan telah berhasil mengembangkan hewan ternak transgenik, salah satunya adalah sapi transgenik yang mampu menghasilkan susu dengan volume lebih tinggi dan kandungan nutrisi yang lebih baik. Contoh sapi transgenik yaitu pada Sapi Guzerat yang bertujuan untuk meningkatkan volume susu yang dihasilkan dengan menggunakan gen dari sapi holstein. Jenis sapi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Peningkatan Volume Susu Sapi Guzerat Melalui Transgenik Gen Dari Sapi Holstein
Sumber: Yadav (2020)

Contoh lain seperti babi transgenik yang dimodifikasi untuk mengatasi kekurangan organ manusia untuk transplantasi (xenotransplantasi). Pemanfaatan dari babi pendonor ini telah terjadi pada tahun 2022 dimana seorang pasien telah menerima transplantasi jantung dari babi transgenik.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Irayana & Assyauqi (2024) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penerapan model PjBL dapat membuat peserta didik lebih aktif terlibat dalam pemecahan masalah dan kolaborasi. Hal ini diperkuat oleh temuan Nuraeni & Zahra (2021) yang telah melakukan penelitian mengenai penerapan pembelajaran berbasis proyek untuk meningkatkan CPS dan pemahaman konsep. Hasil penelitian tersebut menunjukkan keterampilan pemecahan masalah dan kolaboratif peserta didik pada kelas yang menerapkan pembelajaran berbasis proyek lebih baik dibandingkan kelas yang menerapkan praktikum berkelompok biasa. Hasil tersebut dibuktikan

dengan perbandingan rata-rata keterampilan CPS peserta didik pada kelas yang menerapkan pembelajaran berbasis proyek mempunyai rentan skor yang lebih tinggi pada masing-masing indikator CPS dibandingkan dengan kelas praktikum biasa.

Adapun Wasono & Suciati (2024) dalam penelitiannya yang membahas mengenai PjBL untuk meningkatkan regulasi diri, kewirausahaan, dan penguasaan konsep prakarya menunjukkan adanya peningkatan pada regulasi diri peserta didik dari tiap siklus. Pada siklus pertama, rata-rata regulasi diri peserta didik berada pada nilai 57,76. Kemudian pada siklus kedua, mulai meningkat dengan nilai 69,49. Lalu pada siklus ketiga nilai rata-rata regulasi diri peserta didik meningkat cukup tinggi dan berada pada nilai 86,46. Selanjutnya, pada penelitian yang telah dilakukan oleh Zarouk *et al* (2020) hasilnya menunjukkan bahwa strategi regulasi diri peserta didik meningkat secara signifikan pada sebagian besar aspek selama proses pembelajaran, khususnya pada pengaturan lingkungan dan manajemen waktu. Hal tersebut mengindikasikan bahwa metode pembelajaran berbasis proyek mampu meningkatkan pengelolaan diri peserta didik selama belajar.

2.3 Kerangka Konseptual

Collaborative problem solving merupakan bagian dari keterampilan abad 21 atau biasa dikenal dengan keterampilan 4C (*critical thinking, creativity, communication and collaboration*). Keterampilan CPS didefinisikan sebagai kemampuan peserta didik untuk bekerja sama dengan satu sama lain dengan melibatkan interaksi dan komunikasi dalam suatu kegiatan pemecahan masalah untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Oleh karena itu, keterampilan ini dapat melatih peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berkomunikasi, berpikir kritis, serta mempersiapkan peserta didik untuk beradaptasi dengan tantangan di dunia nyata yang membutuhkan proses kolaborasi dan pemecahan masalah. Adapun dalam pembelajaran biologi, peserta didik sering kali akan bekerja sama untuk memecahkan berbagai permasalahan terkait biologi, sehingga proses ini mendorong peserta didik untuk mengelola dan mengatur strategi pembelajarannya. Kemampuan tersebut biasa disebut dengan *self regulated learning* (SRL).

SRL merupakan kemampuan peserta didik dalam mengatur dan mengelola proses belajarnya sendiri. Peserta didik yang mempunyai kemampuan SRL yang baik, biasanya mempunyai motivasi belajar yang kuat. Dikatakan demikian karena peserta didik yang mempunyai kemampuan SRL yang baik akan senantiasa merencanakan, menetapkan dan mengatur proses serta tujuan belajarnya sehingga mereka akan termotivasi untuk dapat mencapai tujuan belajar yang diinginkan. Sedangkan, peserta didik yang mempunyai kemampuan SRL yang rendah cenderung kesulitan untuk mengatur dan mengelola strategi belajarnya sendiri dan hal tersebut biasanya akan berimbas terhadap motivasi belajar dan hasil belajar yang diperoleh.

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di SMAN 7 Tasikmalaya pada Oktober 2024, hasil pengukuran keterampilan CPS peserta didik melalui kuesioner dengan skala penilaian 1-4 menunjukkan bahwa setiap indikator keterampilan CPS masih tergolong dalam kategori sedang. Selaras dengan temuan tersebut, pengukuran SRL yang dilakukan dalam studi pendahuluan menggunakan kuesioner dengan skala yang sama juga menunjukkan bahwa rata-rata skor setiap indikator SRL peserta didik masih berada pada kategori sedang.

Keberhasilan CPS dan SRL dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu model pembelajaran yang digunakan oleh guru. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan CPS dan SRL peserta didik yaitu dengan model *project based learning*. Model PjBL dikatakan dapat membantu peserta didik untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah kolaboratif melalui pengerjaan proyek secara berkelompok. Akan tetapi, dalam penerapannya model PjBL masih mempunyai beberapa keterbatasan. Salah satunya proyek yang dihasilkan biasanya cenderung bersifat teoritis dan kurang relevan dengan aplikasi nyata. Sehingga dalam penelitian ini model PjBL diintegrasikan dengan pendekatan *bioentrepreneurship*. Pendekatan *bioentrepreneurship* merupakan pemanfaatan makhluk hidup menjadi produk yang bernilai ekonomis.

Implementasi model PjBL berbasis *bioentrepreneurship* dilakukan pada materi bioteknologi, sedangkan proyek yang dibuat berfokus pada bioteknologi bidang pangan. Adapun tahapan dalam pembelajaran dengan model PjBL berbasis

bioentrepreneurship meliputi merumuskan pertanyaan esensial, mendesain perencanaan proyek *bioentrepreneurship*, menyusun jadwal, monitoring perkembangan proyek *bioentrepreneurship*, menguji hasil, serta melakukan refleksi terhadap proyek *bioentrepreneurship* yang telah dibuat. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti menduga adanya pengaruh model *project based learning* berbasis *bioentrepreneurship* terhadap *collaborative problem solving* dan *self regulated learning* peserta didik pada materi bioteknologi di kelas X SMAN 7 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Ho : Tidak ada pengaruh model *project based learning* berbasis *bioentrepreneurship* terhadap *collaborative problem solving skills* dan *self regulated learning* peserta didik pada materi bioteknologi
- Ha : Ada pengaruh model *project based learning* berbasis *bioentrepreneurship* terhadap *collaborative problem solving skills* dan *self regulated learning* peserta didik pada materi bioteknologi