

BAB 2

TINJUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Keterampilan Proses Sains

2.1.1.1 Pengertian Keterampilan Proses Sains Keterampilan

Proses Sains merupakan keterampilan yang harus dikembangkan dalam menghadapi tuntutan abad ke 21. Menurut Darmaji et al (2020) Keterampilan Proses Sains merupakan keterampilan yang digunakan seseorang untuk memperoleh informasi, sehingga dapat menemukan beberapa fakta, konsep maupun pengembangannya dalam suatu pembelajaran. Keterampilan Proses Sains juga dapat mendorong siswa untuk menemukan sendiri mengenai fakta, konsep pengetahuan serta menumbuhkembangkan sikap dan nilai yang dituntut.

Darmaji et al (2018) juga menyatakan bahwa Keterampilan Proses Sains harus dimiliki oleh calon guru sehingga pada saat mereka menjadi seorang guru, mereka memiliki pemahaman yang cukup mengenai Keterampilan Proses Sains dan mampu menerapkannya dalam kegiatan Pembelajaran di kelas kepada siswa. Maka dengan itu, Keterampilan Proses sains wajib untuk dikuasai oleh guru ataupun siswa, apalagi dalam pelajaran biologi yang menekankan materi yang berpusat pada aktivitas. Dalam Pembelajaran yang berpusat pada aktivitas, keterampilan proses sains sangat diperlukan karena dapat membantu siswa dalam memahami konsep konsep suatu materi (Darmaji et al., 2018).

Berdasarkan pemaparan diatas, keterampilan proses sains merupakan suatu keterampilan yang digunakan seseorang untuk menemukan sebuah fakta ataupun fenomena dengan melibatkan proses ilmiah di dalamnya.

2.1.1.2 Indikator Keterampilan Proses Sains

Indikator Keterampilan Proses Sains terdiri dari 5 indikator, indikator ini dapat mengukur sejauh mana Keterampilan Proses Sains siswa. Adapun Indikator Keterampilan Proses Sains menurut Rustaman (2005):

Tabel 2.1 Indikator Keterampilan Proses Sains

NO	Indikator	Deskripsi Kegiatan
1	Merumuskan Masalah	Guru menyajikan fenomena, wacana, atau permasalahan kontekstual, kemudian memfasilitasi peserta didik untuk mengidentifikasi dan merumuskan masalah
2	Merumuskan Hipotesis	Guru membimbing peserta didik untuk mengaitkan masalah dengan konsep atau teori yang relevan serta mengarahkan peserta didik menyusun dugaan sementara.
3	Menginterpretasi data	Guru memfasilitasi kegiatan pengolahan dan analisis data melalui diskusi, tabel atau grafik untuk membantu peserta didik menemukan pola atau hubungan antar variabel
4	Menarik Kesimpulan	Guru membimbing peserta didik untuk merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data serta mengikatnya dengan hipotesis yang telah disusun
5	Mengkomunikasikan hasil	Guru memfasilitasi peserta didik dalam menyajikan hasil penyelidikan melalui laporan tertulis, presentasi atau diskusi kelas.

Sumber: Rustaman (2005)

Berdasarkan pemaparan di atas, Keterampilan Proses Sains terdiri dari lima indikator, yaitu merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, menginterpretasi data, menarik kesimpulan dan mengkomunikasikan hasil.

2.1.2 Keterampilan Kolaborasi

2.1.2.1 Pengertian Keterampilan Kolaborasi

Keterampilan Kolaborasi merupakan keterampilan bekerja sama yang melibatkan antara dua atau lebih siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan dengan berbagai tanggung jawab, akuntabilitas, dan terorganisir dalam peran untuk mencapai pemahaman dan tujuan yang sama. Keterampilan Kolaborasi juga merupakan suatu keterampilan sosial yang penting bagi siswa ketika melakukan proses pembelajaran, karena siswa dapat memperoleh pengetahuan dan pengalaman dari satu sama lain dalam kelompoknya ketika melakukan proses pembelajaran (Dhitasarifa et al., 2023).

Menurut Fauriza et al (2024) guru perlu menjadi fasilitator untuk membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan kolaborasinya melalui berbagai

kegiatan yang bisa mengarahkan siswa pada kegiatan seperti berinteraksi dengan temannya dalam berdiskusi, kemudian saling membantu dalam memecahkan masalah dan juga saling bekerja sama dengan anggota kelompok. Berdasarkan pemaparan diatas, dapat disimpulkan bahwa Keterampilan Kolaborasi ini merupakan suatu keterampilan seseorang dalam bekerja bersama sama untuk menyelesaikan suatu permasalahan dalam mencapai tujuan yang sama.

2.1.2.2 Indikator Keterampilan Kolaborasi

Indikator Keterampilan Kolaborasi terdiri dari 5 indikator, indikator ini juga dapat mengukur mengenai Keterampilan Kolaborasi siswa. Adapun Indikator Keterampilan Kolaborasi menurut (Greenstein, 2012) antara lain yaitu:

Tabel 2.2 Indikator Keterampilan Kolaborasi

NO	Indikator	Deskripsi Kegiatan
1	Berpartisipasi Aktif	Siswa secara konsisten dapat memberikan ide dan masukan selama proses kolaborasi dengan rekannya.
2	Bekerja Secara Produktif	Siswa mampu bekerja sama secara efisien dan menghasilkan output yang optimal dalam kerja tim.
3	Bertanggung Jawab	Siswa dapat menyelesaikan tugas-tugas yang telah ditentukan dan dapat diandalkan dalam kerja tim.
4	Fleksibilitas dan Berkompromi	Siswa bersedia untuk menyesuaikan diri dengan ide ataupun keputusan tim dalam menemukan suatu jawaban yang dapat diterima bersama.
5	Saling Menghargai antar Anggota Kelompok	Siswa dapat menghargai kontribusi orang lain, mendengarkan pendapat anggota tim, serta dapat menjaga suasana kerja tim agar terjadi keharmonisan.

Sumber: (Greenstesin, 2012)

Berdasarkan pemaparan diatas, keterampilan kolaborasi memiliki lima indikator yaitu Berpartisipasi secara aktif, bekerja secara produktif, bertanggung jawab, fleksibilitas dan berkompromi, serta saling menghargai antar anggota kelompok.

2.1.3 Model Pembelajaran *Guided Inquiry*

2.1.3.1 Pengertian Model Pembelajaran *Guided Inquiry*

Model *Guided Inquiry* berakar pada teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa secara aktif dapat membangun pengetahuannya sendiri. Dalam model *Guided Inquiry*, guru tidak lagi mendominasi pembelajaran, tetapi guru berperan menjadi fasilitator seperti memberi arahan. Strategi seperti itu sejalan dengan tuntutan abad ke-21, yang dimana siswa dituntut untuk mampu mengakses, mengolah, dan mengkomunikasikan informasi secara efektif dalam berbagai konteks kehidupan (Saputra, 2025). Pembelajaran inquiry menempatkan siswa sebagai subjek belajar, yang dimana siswa berperan untuk menemukan sendiri inti dari materi yang disampaikan guru. Adapun peran guru ialah membimbing dan bertindak menjadi fasilitator serta motivator bagi siswa (Nurdyansyah & Fahyuni, 2016).

Model *Guided Inquiry* menurut Kuhlthau dalam (Dewi, 2016) merupakan pembelajaran yang memberikan kesempatan pada siswa untuk melakukan keterampilan investigasi atau keterampilan dalam memperoleh informasi, meningkatkan pemahaman, meningkatkan motivasi belajar serta melatih siswa untuk dapat melakukan keterampilan tingkat tinggi melalui langkah-langkah 5M, yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan.

Berdasarkan pemaparan tersebut, dapat disimpulkan bahwa Model *Guided Inquiry* merupakan model pembelajaran yang dapat melibatkan siswa secara langsung dalam pembelajaran, dan guru hanya membimbing dan menjadi fasilitator dalam pembelajaran tersebut.

2.1.3.2 Langkah-langkah Kegiatan Pembelajaran Model *Guided Inquiry*

Adapun langkah-langkah model pembelajaran *Guided Inquiry* menurut (Depin et al. 2024) :

Tabel 2.3 Sintaks Pembelajaran Model Guided Inquiry

NO	Sintaks <i>Guided Inquiry</i>	Tahap Kegiatan
1	Orientasi	Pada tahap ini, guru melakukan langkah-langkah untuk membina seperti menjelaskan topik, tujuan, dan hasil belajar yang diharapkan. Kemudian guru juga menjelaskan pokok-pokok kegiatan yang harus dilakukan dalam pembelajaran.
2	Merumuskan Masalah	Pada tahap ini, guru menyajikan sebuah persoalan yang menantang siswa untuk nantinya dapat memecahkan masalah, contohnya seperti guru menyiapkan sebuah persoalan yang mengandung teka-teki yang harus di selesaikan oleh siswa, dan siswa didorong untuk mencari jawaban yang tepat agar teka-teki tersebut dapat terjawab. Proses mencari jawaban itulah yang sangat penting dalam model pembelajaran Guided inquiry ini.
3	Merumuskan Hipotesis	Hipotesis merupakan jawaban sementara dari suatu permasalahan yang dikaji. Peran guru dalam tahap ini ialah mengembangkan kemampuan anak dalam berhipotesis, caranya ialah dengan mengajukan berbagai pertanyaan yang dapat mendorong siswa untuk dapat merumuskan jawaban sementara dari permasalahan yang dikaji.
4	Mengumpulkan Data	Dalam pembelajaran dengan model Guided Inquiry sangat dibutuhkan untuk menguji hipotesis yang diajukan. Peran guru dalam hal ini yaitu mengumpulkan beberapa hipotesis yang telah diajukan oleh siswa.
5	Menguji Hipotesis	Menguji hipotesis yaitu menentukan jawaban yang dianggap dapat diterima karena telah sesuai dengan data ataupun informasi yang diperoleh dari pengumpulan data.
6	Merumuskan Kesimpulan	Peran guru dalam tahap ini yaitu membantu siswa dalam membuat kesimpulan berdasarkan hasil dari kegiatan penelitian

Sumber: (Depin et al, 2024)

Berdasarkan pemaparan tersebut, Model Pembelajaran *Guided Inquiry* memiliki tahapan pembelajaran yaitu Orientasi, Merumuskan masalah, Merumuskan hipotesis, Mengumpulkan data, Menguji hipotesis serta Merumuskan kesimpulan.

2.1.3.3 Kelebihan Model *Guided Inquiry*

Model Pembelajaran *Guided Inquiry* memiliki beberapa kelebihan serta kekurangan, adapun kelebihan dari model *Guided Inquiry* menurut Kulthu dalam (Nurdyansyah & Fahyuni, 2016) antara lain:

a. Kelebihan Model *Guided Inquiry*

1. Siswa terbiasa untuk merumuskan masalah, membuat hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, hingga membuat kesimpulan dengan jelas dan terarah
2. Siswa dapat meningkatkan motivasi belajar dan mengembangkan strategi belajar untuk menyelesaikan masalah.
3. Setiap proses sintaksnya dapat melatih siswa dalam berpikir kritis seperti mengajukan hipotesis setelah menemukan suatu permasalahan

b. Kelemahan Model *Guided Inquiry*

Selain itu, model pembelajaran *Guided Inquiry* juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain:

1. Proses pembelajaran membutuhkan waktu yang lebih lama
2. Siswa masih kesulitan dalam membuat pendapat, membuat hipotesis, mencari data karena terbiasa diberi oleh guru.
3. Siswa akan bergantung pada guru karena terbiasa dibimbing dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan pemaparan diatas, model pembelajaran *Guided Inquiry* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya pada proses belajar ataupun pada hasil belajar siswa.

2.1.4 Bioteknologi

2.1.4.1 Pengertian Bioteknologi

Bioteknologi merupakan penggunaan suatu organisme ataupun suatu zat yang diperoleh dari organisme untuk menghasilkan produk atau jasa untuk kebutuhan manusia (Crawford 2018). Bioteknologi juga dapat diartikan sebagai penggunaan sistem-sistem hayati, makhluk hidup atau derivatnya untuk membuat atau memodifikasi produk-produk untuk kehidupan dengan menggunakan penerapan teknologi (Menristek, 2009). Bioteknologi merupakan pemanfaatan

makhluk hidup seperti mikroorganisme, jamur, tumbuhan atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang bermanfaat bagi kehidupan manusia.

2.1.4.2 Jenis-jenis Bioteknologi

Bioteknologi terbagi menjadi dua jenis, yaitu bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

1. Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional merupakan bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk memodifikasi suatu bahan ataupun lingkungannya dalam memperoleh suatu produk yang optimal (Sutarno, 2016). Bioteknologi konvensional juga dapat diartikan sebagai bioteknologi yang menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk ataupun jasa, contohnya seperti penggunaan jamur ataupun bakteri yang menghasilkan enzim-enzim tertentu yang nantinya dapat menghasilkan suatu produk tertentu yang diinginkan.

Bioteknologi konvensional dilakukan dengan melakukan proses fermentasi contohnya pada bioteknologi pangan. Bioteknologi pangan didefinisikan sebagai aplikasi teknik biologis untuk hasil tanaman pangan yang dibantu dengan pemanfaatan mikroorganisme dengan tujuan meningkatkan sifat, kualitas, keamanan, dan kemudahan dalam proses dan produksi makanan. Adapun contoh produk bioteknologi konvensional pada bidang pangan antara lain yaitu tape seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Pembuatan Tape

Sumber: (Kurniawan et al., 2025)

Gambar 2.1 menjelaskan mengenai proses awal pembuatan tape yang berasal dari singkong. Tape merupakan makanan tradisional yang berbahan baku singkong maupun ketan yang diolah melalui proses fermentasi. Tape memiliki tekstur yang lunak dan berair, beraroma alkohol dan mempunyai rasa manis.

Mikroorganisme yang berperan dalam proses pembuatan tape yaitu *Rhizopus oryzae* dan *Saccaromyces cerevisiae*. Mikroorganisme *Rhizopus oryzae* dalam pembuatan tape berfungsi untuk menghidrolisis pati pada bahan baku menjadi gula-gula sederhana, kemudian dibantu dengan *Saccaromyces cerevisiae* yang berfungsi untuk mengubah gula tersebut menjadi alkohol.

1. Bioteknologi Modern

Bioteknologi Modern merupakan pemanfaatan baik itu organisme hidup, sel ataupun sistem biologi melalui suatu proses untuk menciptakan suatu produk yang dapat bermanfaat bagi kehidupan (Vandan Wiliyanti., 2025). Menurut Sidey *et al.*, (2024) bioteknologi modern merupakan bioteknologi yang didalamnya menggunakan beberapa prinsip ilmiah dengan bantuan rekayasa genetik. Selain itu menurut Sutarno *et al.*, (2016) Bioteknologi modern merupakan suatu pemanfaatan makhluk hidup dengan cara memanipulasinya menggunakan keterampilan yang dimiliki oleh manusia sehingga menghasilkan suatu produk yang diinginkan. Bioteknologi modern sangat erat dengan rekayasa genetika karena manipulasi yang dilakukan terjadi pada kondisi lingkungan, media tumbuhnya, dan juga pada susunan gen dalam kromosom makhluk hidup (Vandan Wiliyanti., 2025).

Namun, penerapan bioteknologi tidak hanya menggunakan teknik rekayasa genetika saja, tetapi juga misalnya seperti kultur jaringan dan kloning. Bioteknologi modern dalam produksi pangan dilakukan dengan menerapkan teknik rekayasa genetik. Rekayasa genetika merupakan kegiatan memanipulasi gen untuk mendapatkan produk baru dengan cara membuat DNA baru. Manipulasi genetik dilakukan dengan cara menambah atau menghilangkan gen tertentu yang ada pada makhluk hidup. Adapun salah satu produk hasil rekayasa genetika yaitu dengan membuat organisme transgenik.

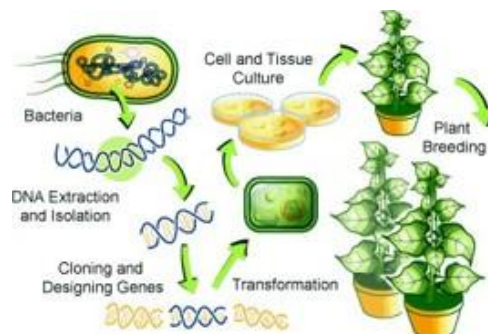
A. Organisme Transgenik

Organisme transgenik yaitu organisme yang DNA nya telah ditambahkan gen dari organisme lain melalui teknik rekayasa genetika. Teknologi ini banyak diterapkan pada bakteri, tumbuhan ataupun hewan untuk dapat menghasilkan suatu produk yang bermanfaat.

a). Tanaman Transgenik

Tanaman transgenik atau Genetically Modified Organism (GMO) merupakan organisme yang ada pada makhluk hidup dan diubah atau di satukan dengan gen lain melalui teknik rekayasa genetika (Batrisyia & Haryanto, 2023). Tanaman transgenik merupakan tanaman hasil rekayasa genetika dengan menggabungkan gen pada suatu rangkaian DNA. Tanaman yang di transgenik melalui teknik rekayasa genetika dapat menghasilkan transgenik yang berkualitas seperti tanaman yang tahan hama, tanaman yang menghasilkan bibit unggul, dan lain sebagainya.

Dalam tanaman transgenik, penyeleksian sifat organisme yang diinginkan menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan rekayasa genetika. Tetapi selain itu, gen yang di seleksi juga perlu diidentifikasi terlebih dahulu supaya dapat mengendalikan. Jika gen yang diinginkan dalam pengendalian tidak tersedia, maka perlu dilakukan upaya pemisahan atau isolasi yang berasal dari donor. Adapun organisme yang dapat dimanfaatkan sebagai agen pendonor dalam rekayasa genetika meliputi virus, bakteri, maupun hewan. Isolasi perlu dilakukan dalam rekayasa genetika terlebih dahulu sebagai vektor plasmid. Vektor plasmid idealnya menggunakan teknik transfer gen yang bertujuan untuk mentransformasikan tanaman yang tidak hanya mengandung gen pada sifat yang diinginkan, akan tetapi mengandung gen marka seleksi yang meliputi gen herbisida yang mengalami ketahanan ataupun mengandung antibiotik seperti pada gambar 2.2 di bawah ini.



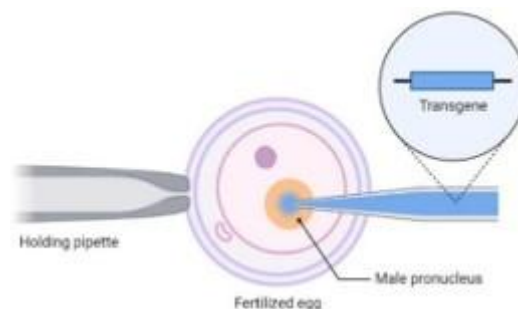
Gambar 2. 2 Transfer Gen Target ke Gen Tanaman

Sumber: (Susilo, 2019)

Gambar 2.2 menyajikan proses transfer gen target ke dalam gen tanaman. Pada tahap pertama, adanya isolasi DNA yang diambil dari gen target yaitu bakteri. gen target yang diambil biasanya gen yang diinginkan seperti tanaman tahan hama, tanaman tanpa biji, dll. Setelah di isolasi, gen tersebut dipotong atau dipisahkan dengan bantuan enzim kemudian digabungkan ke plasmid gen pembawa. Setelah itu gen yang telah digabungkan ke plasmid akan menyatu dengan DNA tanaman. Ketika DNA tanaman telah berhasil menerima, selanjutnya akan ditumbuhkan melalui kultur jaringan dan jika sudah mulai tumbuh akan dipindah ke media tanam yang sesungguhnya. Jadi tanaman yang telah di transgenik akan tumbuh dengan memiliki dua DNA yaitu DNA dari aslinya dan DNA gen yang disisipkan, sehingga tumbuhan itu akan tumbuh seperti induknya tetapi dengan membawa sifat baru contohnya seperti tumbuhan yang tahan hama.

b). Hewan Transgenik

Hewan transgenik adalah hewan yang telah di modifikasi DNA nya dengan tujuan untuk dapat mewarisi karakteristik tertentu dari spesies lain. Pada awalnya, hewan transgenik digunakan sebagai bahan penelitian para ilmuwan untuk menemukan penyakit yang menyerang pada hewan. Tetapi seiring berkembangnya, penerapan teknologi rekayasa genetika dapat menghasilkan hewan yang dapat memproduksi susu dan daging yang berkualitas. Untuk mengirimkan vektor yang dibuat sesuai dengan gen yang diinginkan ke dalam sel inang, dapat dilakukan dengan beberapa teknik seperti kejut panas, elektroporasi, mikroinjeksi dan liposom. Transgenik dapat dilakukan pada sperma, sel telur yang dibuahi, dan embrio melalui mikroinjeksi DNA, sel punca, dan kloning.

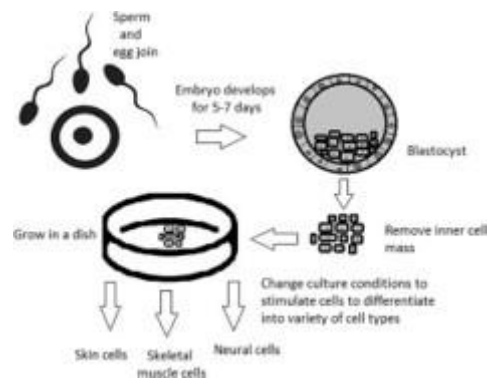


Gambar 2.3 Mikroinjeksi DNA

Sumber: Tamang (2023)

Gambar 2.3 merupakan Proses Mikroinjeksi DNA yang dilakukan pada saat tahap fertilized egg. Proses tersebut dilakukan dengan cara menyuntikkan DNA dari satu organisme ke dalam sel telur organisme lain dengan bantuan pipet kaca yang sangat halus. Penyuntikan ini dapat dilakukan setelah pembuahan yaitu ketika waktu terbaik setelah sel telur yang dibuahi memiliki dua pronukleus (Theresa, 2019). Teknik ini dilakukan dengan cara menyuntikkan DNA asing ke dalam pronukleus jantan yang kemudian nantinya akan berkembang menjadi satu sel zigot setelah itu akan melakukan pembelahan menjadi embrio dan tumbuh dengan membawa sifat baru.

Selain Mikroinjeksi DNA, teknik yang dapat dilakukan dalam hewan transgenik yaitu ada Sel Punca seperti pada gambar 2.4 dibawah ini.

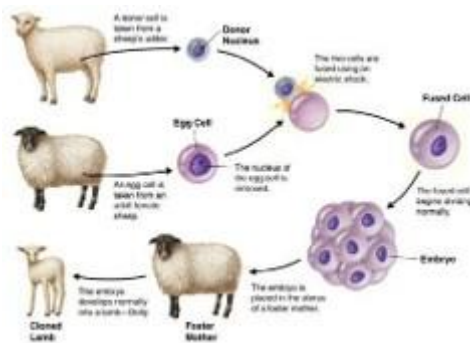


Gambar 2.4 Sel Punca

Sumber: (Zakrzewski et al., 2019)

Gambar 2.4 merupakan teknik sel punca yang dilakukan mulai pada tahap fertilisasi. Sel punca merupakan sel yang belum terdiferensiasi, yang artinya sel tersebut dapat berubah menjadi sel yang spesifik seperti sel darah, sel otot, sel saraf, dll. Pada gambar, sel punca diambil dari sel yang terbentuk setelah 3-5 hari setelah pembuahan yang kemudian akan membentuk sel blastokista (Dzobo, 2021). Sel blastokista mengandung Inner Cell Mass yang memiliki sifat pluripoten. ICM yang diambil dari blastokista akan di isolasi dan ditumbuhkan dengan teknik kultur yang nantinya akan menghasilkan sel yang terdiferensiasi terarah seperti menjadi sel saraf, sel otot, dll.

Kemudian teknik Hewan Transgenik selanjutnya yaitu kloning, seperti pada gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Kloning

Sumber: (Putri, 2022)

Kloning merupakan suatu teknik perbanyakan sekuen gen (DNA) dengan cara menggabungkan suatu sekuen DNA makhluk hidup dengan DNA makhluk hidup lainnya (Bimantara et al., 2021). Pada teknik kloning, susunan gen dapat menjadi penentu suatu sifat makhluk hidup. Susunan gen yang sempurna dianggap dapat menghasilkan sifat-sifat unggul sesuai dengan keinginan sang peneliti (Noviza et al., 2022). Gambar 2.5 menjelaskan mengenai kloning hewan dengan menggunakan inti sel dari domba finndorset dan sel telur dari domba blackface. Sel telur dari domba blackface dihilangkan intinya dengan cara dihisap keluar dari sel telurnya menggunakan pipet mikro. Kemudian, inti sel dari domba finndorset digabungkan dengan sel telur dari domba blackface dibantu oleh kejutan listrik sehingga terbentuk fusi antara sel telur dari domba blackface dan inti sel dari domba finndorset. Hasil ini kemudian berkembang menjadi embrio dalam tabung percobaan dan kemudian akan dipindahkan ke dalam rahim domba blackface dan embrio tersebut akan berkembang dan lahir dengan ciri-ciri yang sama dengan domba finndorset.

B. Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman secara vegetatif buatan yang didasarkan pada sifat totipotensi tumbuhan. Bagian tumbuhan yang ditumbuhkan pada media kultur disebut eksplan, dan media yang biasa digunakan adalah media agar-agar yang diberi tambahan seperti unsur hara dan vitamin hormon pertumbuhan. Kultur jaringan tumbuhan merupakan bentuk perbanyakan secara vegetatif dengan memanipulasi jaringan somatik tumbuhan di dalam kultur

aseptik dengan melakukan kontrol lingkungan.

Kultur jaringan utuh dapat dihasilkan dari bagian atau potongan akar, batang, atau daun yang disebut eksplan yang masih hidup. Eksplan tersebut dapat membentuk tumbuhan utuh kembali karena adanya sifat totipotensi. Totipotensi yaitu kemampuan sel tumbuhan untuk berkembang menjadi tumbuhan yang utuh seperti gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2. 6 Teknik Kultur Jaringan

Sumber: (Ardiyani, 2017)

Gambar 2.6 menunjukkan teknik kultur jaringan dari mulai tahap isolasi eksplan, sterilisasi, menumbuhkan eksplan hingga ke pertumbuhan eksplan. Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan vegetatif secara *in vitro* yang dimulai dari pengambilan eksplan berupa bagian umbi ataupun bagian akar dari tanaman induk. Eksplan yang diperoleh kemudian disterilisasi untuk menghilangkan mikroorganisme yang memungkinkan membuat kontaminan. Setelah itu, eksplan diinokulasikan ke dalam media tanam yang mengandung nutrisi dan zat pengatur pertumbuhan sehingga eksplan dapat tumbuh pada media tersebut. Selama proses pertumbuhan, eksplan akan mengalami tahap multiplikasi dan akan mulai tumbuh kalus dan juga tunas baru. Kemudian tunas yang terbentuk akan dipindahkan ke media pengakaran dan pertumbuhan sehingga nantinya akan berkembang menjadi plantlet utuh dengan akar dan daun.

3. Kelebihan dan Kekurangan Bioteknologi Modern

Adapun kelebihan dan kekurangan bioteknologi modern menurut Munawair (2020) antara lain:

1) Kelebihan

- a. Produk dari bioteknologi yang dihasilkan dapat diperhitungkan
- b. Bioteknologi modern dapat mengatasi dalam ketidaksesuaian genetik
- c. Bioteknologi modern dapat menghasilkan suatu individu yang memiliki sifat baru yang berbeda dari sifat yang aslinya.

2) Kekurangan

- a. Biaya yang dibutuhkan untuk produksi relatif mahal
- b. Dapat menyebabkan gen jenis lokal terdegradasi karena munculkan tanaman yang baru
- c. Memerlukan teknologi yang sudah canggih.

2.3 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mahrnun & Ardiansyah (2021) menyatakan bahwa terdapat pengaruh Model *Guided Inquiry* terhadap Keterampilan Proses Sains. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Haraphap, (2018) menyatakan bahwa Model Pembelajaran Inkuiri terbimbing (*Guided Inquiry*) memberi pengaruh signifikan terhadap Keterampilan Proses Sains siswa, dengan kata lain Keterampilan Proses Sains dengan menerapkan model *Guided Inquiry* lebih baik dibandingkan pembelajaran Konvensional. Penelitian yang dilakukan oleh Farida & Fahmi (2024) menunjukkan bahwa model inkuiri terbimbing dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa serta meningkatkan aktivitas belajar siswa dengan menunjukkan hasil pada siklus 1 ada pada kriteria baik dan pada siklus 2 dengan kriteria istimewa. Jadi pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan model inkuiri terbimbing menunjukkan dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa serta meningkatkan aktivitas belajar siswa pada materi Asam Basa. Penelitian ini juga menyebutkan bahwa model inkuiri terbimbing dapat meningkatkan aktivitas belajar siswa sebesar 72,97%.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Koro et al., (2025) menyatakan bahwa model pembelajaran Inquiry terbimbing berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan Keterampilan Kolaborasi dan mampu menumbuhkan kemampuan murid dalam bekerja sama, berkomunikasi, serta menghargai pendapat

teman dalam proses pembelajarannya. Selain itu, penelitian menurut Sarifah & Nurita (2023) mengenai implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa menunjukkan bahwa model inkuiri mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi yang di buktikan dengan adanya perolehan nilai signifikan dari keseluruhan indikator yang mendapat nilai tinggi, dan Keterampilan kolaborasi siswa juga mengalami peningkatan dari yang tadinya berada pada kriteria kurang menjadi sangat kolaboratif.

Penelitian-penelitian sebelumnya digunakan oleh peneliti untuk melakukan perbandingan temuan serta mengidentifikasi inovasi yang membedakan penelitian ini dengan studi terdahulu, sekaligus memperkuat hasil penelitian yang telah ada. Adapun yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada subjek, objek, tempat penelitian dan fokus penelitiannya. Penelitian sebelumnya belum banyak yang secara khusus menelaah Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi khususnya pada materi Bioteknologi melalui Model *Guided Inquiry*. Selain itu, subjek penelitian yang digunakan yaitu peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Manonjaya, dan objek penelitian ini menggunakan Model *Guided Inquiry* terhadap Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi yang berfokus pada Materi Bioteknologi.

2.3 Kerangka Konseptual

Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi merupakan salah satu tuntutan pembelajaran abad 21. Maka dengan itu, siswa harus memiliki Keterampilan Proses dan Keterampilan Kolaborasi yang baik untuk dapat menghadapi tantangan Adab 21. Dalam hal ini, peran guru menjadi hal penting untuk dapat membimbing siswa agar memiliki Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi sehingga siswa dapat menghadapi tantangan abad 21. Tetapi, pada kenyataannya Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi di Indonesia masih tergolong rendah dan perlu ditingkatkan. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi guru untuk dapat meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi Siswa.

Sebenarnya dalam praktik pembelajarannya, guru tidak harus menerapkan satu-satu Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi. Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi bisa secara implisit dilakukan bersamaan. Maksudnya, dalam Pembelajaran Sains, guru bisa mengembangkan Keterampilan Kolaborasi Siswa. Dalam Keterampilan Proses Sains, ada beberapa indikator yang memang bisa di ukur bersamaan seperti contohnya dalam indikator Keterampilan Proses Sains itu ada melakukan eksperimen, dalam eksperimen tersebut, guru dapat secara langsung menilai Keterampilan Kolaborasinya juga.

Tetapi temuan fakta di lapangan, menunjukkan bahwa Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi masih berada pada kategori rendah. Hal ini dapat dilihat dari beberapa kasus yang ditemukan bahwa masih banyak siswa yang belum mampu menunjukkan Keterampilan Proses Sainsnya seperti cara mengamati dengan benar, cara mengelompokkan dengan benar, serta belum mampu melakukan cara pengukuran dengan tepat. Ternyata di samping itu, hal lain yang dapat mempengaruhi Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi siswa yaitu dari model pembelajaran yang digunakan oleh gurunya.

Berdasarkan fakta yang ditemukan di lapangan, model yang digunakan dalam proses pembelajaran itu masih digunakan secara berulang-ulang dalam pembelajarannya. Hal tersebut ternyata berpengaruh terhadap Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi siswa. Model pembelajaran yang kurang variatif apalagi dalam praktiknya dilakukan secara berulang-ulang akan membuat siswa cenderung tidak memiliki keinginan untuk mengeksplor lingkungannya, yang mengakibatkan kurangnya Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasinya. Tetapi, jika guru menggunakan model lebih variatif dalam pembelajarannya dan tidak berulang-ulang dalam penggunaannya, itu akan membuat siswa dapat lebih aktif dalam mengikuti pembelajaran. Maka dengan itu untuk meningkatkan pembelajaran siswa, peneliti menggunakan model *guided inquiry*.

Model *Guided Inquiry* ini merupakan model yang efektif dalam meningkatkan pembelajaran siswa, karena model ini dapat secara langsung melibatkan siswa dalam praktik pembelajaran, sehingga guru dapat menerapkan

Keterampilan Proses Sains serta Keterampilan Kolaborasi dalam pembelajaran tersebut yang sebelumnya belum efektif diterapkan di sekolah. Selain itu, model *Guided Inquiry* juga memiliki sintaks yang secara langsung dapat memupuk Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Kolaborasi siswa seperti pada sintaks Model *Guided Inquiry* bagian melakukan percobaan dan menganalisis data itu dapat memperkuat keterampilan mengobservasi, keterampilan mengukur dan menginterpretasikan data.

3.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan Rumusan Masalah yang telah dijabarkan, maka hipotesis dari penelitian ini yaitu:

- Ha1 : Ada Pengaruh Model *Guided Inquiry* terhadap Keterampilan Proses Sains pada Materi Bioteknologi di Kelas X SMA Negeri 1 Manonjaya Tahun Ajaran 2025/2026
- Ha2 : Ada Pengaruh Model *Guided Inquiry* terhadap Keterampilan Kolaborasi pada Materi Bioteknologi di Kelas X SMA Negeri 1 Manonjaya Tahun Ajaran 2025/2026