Modul Bahan Ajar Biologi

SMA/MA
Kelas XII
Fase F

BIOTEKNOLOGI

PRINSIP, JENIS, PENERAPAN, MANFAAT, DAN DAMPAKNYA

Mengenal Bioteknologi, Membangun Masa Depan yang Lebih Baik

Mata Pelajaran	:	Biologi
Jenjang	:	SMA/MA
Kelas/Fase	:	XII/F
Alokasi Waktu	:	2 × 45 menit
Penyusun	:	Nurmawati J. Madusila



Ilmu Hari Ini untuk Kehidupan Esok

Modul ini milik:

Nama : _____

Kelas : _____

LIVEWORKSHEETS

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI **2**

GLOSARIUM **3**

PETA KONSEP **4**

PENDAHULUAN **5**

A. Identitas Modul 5
B. Kompetensi Dasar 5
C. Deskripsi Singkat Materi 5
D. Petunjuk Penggunaan Modul 5
E. Materi Pembelajaran 6

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: Prinsip-Prinsip Bioteknologi **7**

A. Tujuan Pembelajaran 7
B. Uraian Materi 7
C. Rangkuman 22
D. Latihan Soal 22
E. Penilaian Diri 24

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: Penerapan Bioteknologi **26**

A. Tujuan Pembelajaran 26
B. Uraian Materi 26
C. Rangkuman 31
D. Latihan Soal 31
E. Penilaian Diri 33

EVALUASI **34**

DAFTAR PUSTAKA **38**

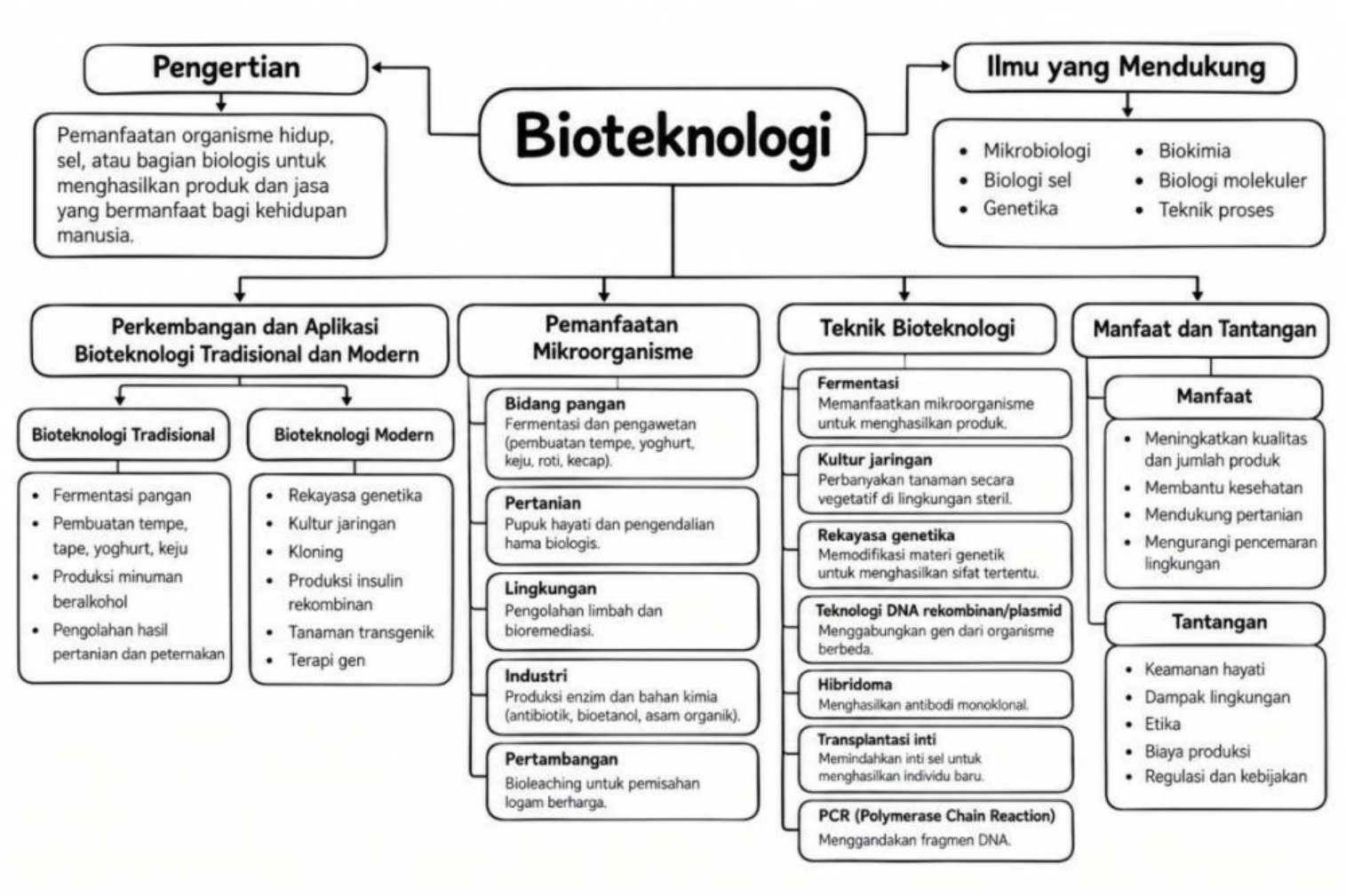
LIVEWORKSHEETS

GLOSARIUM

Istilah	Pengertian
Bioteknologi	Proses yang memanfaatkan berbagai agen biologis, terutama mikroba.
Eksplan	Potongan atau bagian tubuh tumbuhan yang dikembangkan dalam kultur jaringan.
Fusi protoplasma	Penggabungan dua sel dari jaringan yang sama atau dari organisme berbeda dalam suatu medan listrik.
Hibridoma	Sel hasil fusi dua sel yang berasal dari organisme yang sama maupun berbeda.
Implantasi	Penempelan (penanaman atau pelekatan) embrio pada dinding rahim (uterus).
Kalus	Sekumpulan sel hasil perkembangan eksplan yang belum mengalami diferensiasi.
Kloning	Upaya mengembangbiakkan hewan atau tumbuhan tanpa perkawinan sehingga menghasilkan keturunan yang identik secara genetik.
Kultur jaringan	Perbanyakan tumbuhan secara vegetatif dengan memperbanyak sel tubuh pada media kultur yang steril dan terkontrol.
Plantlet	Tanaman kecil.
Rekayasa genetika	Upaya mengubah atau memanipulasi materi genetik organisme secara *in vitro*.
Rekombinan	Teknik mengubah susunan DNA suatu organisme dengan menyisipkan gen asing sehingga diperoleh sifat baru yang sebelumnya tidak dimiliki.
Transplantasi gen	Proses memindahkan gen dari satu DNA ke DNA lainnya.

LIVEWORKSHEETS

PETA KONSEP



LIVEWORKSHEETS

PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas	XII
Alokasi Waktu	2x45 menit
Judul Modul	Bioteknologi

B. Kompetensi Dasar

KD	Rumusan Kompetensi
3.10	Menganalisis prinsip-prinsip bioteknologi dan penerapannya sebagai upaya peningkatan kesejahteraan manusia.
4.10	Menyajikan laporan hasil percobaan penerapan prinsip-prinsip bioteknologi konvensional berdasarkan *scientific method.*

C. Deskripsi Singkat Materi

Bioteknologi adalah cara yang ditempuh manusia untuk memperoleh barang dan jasa dalam skala industri dengan memanfaatkan makhluk hidup atau bagian-bagiannya. Barangkali kamu bertanya-tanya, bagaimana makhluk hidup dapat diolah menjadi barang dan jasa melalui suatu teknologi?

Modul ini mengajakmu mempelajari bioteknologi, baik yang dikerjakan secara konvensional maupun modern. Agar lebih mudah dipahami, modul dilengkapi gambar yang menjelaskan proses bioteknologi, latihan soal, dan kunci jawaban.

Pembahasan mencakup bioteknologi konvensional dan modern beserta contoh produknya. Untuk menuntaskan modul ini, kamu akan menempuh dua kegiatan pembelajaran, yaitu Kegiatan Pembelajaran 1 dan Kegiatan Pembelajaran 2.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Agar modul ini dapat dimanfaatkan secara maksimal, ikuti langkah-langkah berikut.

1. Pelajari dan pahami peta konsep yang disajikan pada awal modul.
2. Pelajari dan pahami tujuan pembelajaran pada setiap kegiatan pembelajaran.
3. Baca uraian materi secara runtut dan mendalam pada setiap kegiatan pembelajaran.
4. Kerjakan latihan soal di akhir setiap kegiatan pembelajaran untuk mengukur tingkat penguasaan materi.

LIVEWORKSHEETS

5. Diskusikan dengan guru atau teman jika mengalami kesulitan, dan lanjutkan ke kegiatan berikutnya setelah mencapai ketuntasan yang diharapkan.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terdiri atas dua kegiatan pembelajaran. Di dalamnya terdapat uraian materi, rangkuman, soal latihan, penilaian diri, dan soal evaluasi. Materi pokok yang dibahas adalah:

- Kegiatan Pembelajaran 1: Prinsip-Prinsip Bioteknologi.
- Kegiatan Pembelajaran 2: Penerapan Bioteknologi.

LIVEWORKSHEETS

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

Prinsip-Prinsip Bioteknologi

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Kegiatan Pembelajaran 1, kamu diharapkan mampu:

1. menjelaskan prinsip-prinsip bioteknologi;
2. membedakan bioteknologi tradisional dan bioteknologi modern;
3. menganalisis penerapan bioteknologi di berbagai bidang; dan
4. menjelaskan manfaat serta dampak bioteknologi bagi manusia.

B. Uraian Materi

1. Pengertian dan Prinsip Dasar Bioteknologi

Istilah bioteknologi berasal dari tiga kata, yaitu *bio* (hidup), *teknos* (teknologi atau penerapan), dan *logos* (ilmu). Dengan demikian, bioteknologi adalah ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip biologi. Secara klasik atau konvensional, bioteknologi diartikan sebagai teknologi yang memanfaatkan organisme atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan barang dan jasa dalam skala industri guna memenuhi kebutuhan manusia.

Seiring perkembangannya, bioteknologi dipahami sebagai pemanfaatan prinsip ilmiah dan rekayasa terhadap organisme, sistem, atau proses biologi untuk meningkatkan potensi organisme serta menghasilkan produk dan jasa bagi kepentingan hidup manusia. Bioteknologi juga dipandang sebagai perpaduan ilmu pengetahuan alam dan ilmu rekayasa yang bertujuan meningkatkan pemanfaatan organisme hidup, sel, bagian organisme, dan/atau analog molekuler untuk menghasilkan barang dan jasa.

Terdapat empat prinsip dasar bioteknologi, yaitu:

1. penggunaan agen biologi;
2. penggunaan metode tertentu;
3. dihasilkannya suatu produk turunan; dan
4. keterlibatan banyak disiplin ilmu.

Ilmu-ilmu yang menunjang bioteknologi antara lain mikrobiologi, biokimia, genetika, biologi sel, teknik kimia, dan enzimologi. Saat ini penerapan bioteknologi tidak terbatas pada mikroorganisme, tetapi juga mencakup tumbuhan dan hewan.

2. Jenis-Jenis Bioteknologi

Berdasarkan tahap perkembangannya, bioteknologi secara umum dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bioteknologi konvensional (sederhana) dan bioteknologi modern.

LIVEWORKSHEETS

3. Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional memanfaatkan organisme secara langsung untuk menghasilkan barang dan jasa yang berguna bagi manusia. Bioteknologi ini masih bersifat sederhana atau tradisional karena teknik dan peralatannya sederhana. Prosesnya bertumpu pada mikroorganisme, proses biokimia, dan proses genetik alami. Manipulasi yang dilakukan hanya terbatas pada media tumbuh (substrat) dan kondisi lingkungan, belum sampai rekayasa genetika. Kalaupun ada rekayasa genetika, bentuknya masih sederhana dan perubahan genetik yang dihasilkan tidak tepat sasaran.

Kelebihan dan kelemahan bioteknologi konvensional dirangkum pada tabel berikut.

Kelebihan	Kelemahan
• Biaya produksi murah. • Menggunakan peralatan sederhana. • Pengaruh jangka panjangnya sudah diketahui.	• Perbaikan genetik tidak terarah. • Memerlukan waktu relatif lama. • Belum dikaji berdasarkan prinsip ilmiah. • Hasil tidak dapat diperkirakan sebelumnya. • Tidak dapat mengatasi ketidaksesuaian genetik. • Reproduksi hanya dalam skala kecil. • Proses relatif belum steril. • Kualitas hasil belum terjamin.

a. Penerapan di Bidang Pangan

Di bidang pangan, bioteknologi konvensional memanfaatkan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Produk yang dihasilkan antara lain yoghurt, keju, tempe, roti, kecap, dan cuka.

Produk	Gambar
Yoghurt. Yoghurt adalah minuman hasil fermentasi susu oleh bakteri *Streptococcus thermophilus* atau *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri tersebut mengubah laktosa dalam susu menjadi asam laktat. Fermentasi juga memecah protein susu sehingga susu menjadi kental. Hasil akhirnya berupa susu yang berasa asam dan kental. Penguraian ini disebut fermentasi asam laktat, dan produk akhirnya dinamakan yoghurt.	

LIVEWORKSHEETS

Keju. Keju dibuat dengan memisahkan bagian padat dari susu melalui proses pengentalan (koagulasi). Pengentalan ini dibantu oleh bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*, yang menghasilkan enzim renin. Renin menggumpalkan protein susu sehingga susu terpisah menjadi bagian cair dan padatan (dadih). Renin juga mengubah gula laktosa menjadi asam, sedangkan protein terkumpul pada dadih. Dadih inilah yang kemudian melewati proses pematangan dan pengemasan hingga menjadi keju.	
Roti. Pembuatan roti memanfaatkan fermentasi oleh *yeast* (khamir), sejenis jamur yang dicampurkan ke dalam adonan tepung. Fermentasi menghasilkan gas karbon dioksida dan alkohol. Gas karbon dioksida membuat roti mengembang, sedangkan alkohol memengaruhi aroma dan rasa roti. Adonan makin mengembang saat dipanggang di dalam oven karena gas memuai pada suhu tinggi	
Kecap. Kecap merupakan produk bioteknologi berbahan dasar kedelai. Kedelai difermentasi dengan jamur *Aspergillus wentii*, kemudian dikeringkan dan direndam dalam larutan garam. Karena menggunakan perendaman dalam larutan garam, proses ini disebut fermentasi garam. Jamur *Aspergillus wentii* menguraikan protein menjadi asam-asam amino yang membentuk komponen rasa, keasaman, dan aroma khas kecap.	

LIVEWORKSHEETS

Tempe. Tempe adalah makanan tradisional khas Indonesia yang digemari banyak orang. Pembuatannya menggunakan fermentasi dengan menumbuhkan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* pada biji kedelai. Jamur membentuk benang-benang halus yang disebut hifa. Hifa mengikat biji-biji kedelai sehingga terbentuk struktur yang padat dan kompak.	
Cuka. Bahan dasar cuka adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi anaerob oleh ragi. Selanjutnya bakteri seperti *Acetobacter* dan *Gluconobacter* mengoksidasi etanol tersebut menjadi asam asetat.	

b. Penerapan di Bidang Pertanian

Di bidang pertanian, bioteknologi berperan membantu pemenuhan kebutuhan pangan. Beberapa penerapan bioteknologi konvensional di bidang ini adalah sebagai berikut.

Kultur jaringan. Kultur jaringan berarti membudidayakan jaringan makhluk hidup menjadi individu baru yang memiliki sifat sama dengan induknya. Kultur jaringan tumbuhan berlandaskan teori sel dari Schleiden dan Schwann, yaitu bahwa sel tumbuhan bersifat totipoten. Totipotensi adalah kemampuan setiap sel tumbuhan, dari bagian mana pun sel itu diambil, untuk tumbuh menjadi tumbuhan utuh bila ditempatkan pada lingkungan yang sesuai. Peluang keberhasilan kultur jaringan lebih besar jika menggunakan jaringan meristem.

Pembastaran. Pembastaran atau persilangan adalah perkawinan antara dua individu tanaman yang sejenis tetapi berbeda varietas. Cara ini sederhana, murah, dan paling mudah untuk menghasilkan tanaman pangan varietas unggul. Misalnya, padi varietas X yang berproduksi gabah tinggi dan tidak mudah rebah disilangkan dengan padi varietas Y yang tahan hama dan berumur panen pendek. Persilangan ini dapat menghasilkan padi varietas baru yang memadukan sifat keduanya, yakni produksi gabah tinggi, tahan hama, tidak mudah rebah, dan umur panen pendek.

LIVEWORKSHEETS

Hidroponik. Hidroponik adalah teknik bercocok tanam tanpa tanah sebagai media tanam. Termasuk di dalamnya budidaya dalam pot atau wadah lain yang berisi air atau bahan berpori, seperti pecahan genting, pasir sungai, batu, kerikil, spons, sabut kelapa, dan arang kayu.

c. Penerapan di Bidang Industri

Contoh penerapan di bidang industri adalah bioremediasi, yaitu proses pengolahan limbah yang mengandung zat berbahaya (misalnya logam berat) menjadi limbah yang kurang berbahaya. Bioremediasi melibatkan mikroba tertentu, antara lain *Xanthomonas campestris* dan *Pseudomonas foetida*. Caranya, bakteri tersebut dilepaskan langsung ke limbah pabrik yang tercemar.

d. Penerapan di Bidang Pengobatan

Di bidang pengobatan, contohnya adalah antibiotik penisilin yang diisolasi dari bakteri dan jamur. Selain itu terdapat vaksin, yaitu mikroorganisme yang toksinnya telah dimatikan, yang berguna untuk meningkatkan kekebalan tubuh.

e. Penerapan di Bidang Peternakan

Di bidang peternakan, contohnya adalah domba ankon, domba berkaki pendek dan bengkok yang muncul akibat mutasi alami, serta sapi Jersey yang diseleksi manusia agar menghasilkan susu dengan kandungan krim lebih banyak.

4. Bioteknologi Modern

Bioteknologi modern sangat erat kaitannya dengan rekayasa genetika, sebab manipulasi yang dilakukan tidak hanya pada kondisi lingkungan dan media tumbuh, tetapi juga pada susunan gen di dalam kromosom makhluk hidup. Meskipun begitu, tidak semua penerapan bioteknologi modern memakai rekayasa genetika, misalnya kultur jaringan dan kloning. Keduanya tetap tergolong bioteknologi modern karena prosesnya menggunakan peralatan yang canggih.

Rekayasa genetika bertujuan menghasilkan organisme transgenik, yaitu organisme yang susunan gen pada kromosomnya telah diubah sehingga memiliki sifat menguntungkan sesuai yang dikehendaki. Karena itu, hasil rekayasa genetika lebih terarah dan dapat diperkirakan sebelumnya. Dalam produksi pangan, bioteknologi modern diterapkan melalui rekayasa genetika, yaitu kegiatan memanipulasi gen untuk memperoleh produk baru dengan membentuk DNA baru. Manipulasi materi genetik dilakukan dengan menambah atau menghilangkan gen tertentu, dan salah satu hasilnya adalah organisme transgenik.

Di bidang kedokteran, peran bioteknologi modern semakin menonjol setelah ada penelitian dan penerapan ilmiah. Produk yang dihasilkan memang serupa dengan bioteknologi konvensional, tetapi jumlahnya jauh lebih banyak dan mutunya lebih terjamin karena dibantu peralatan canggih. Contohnya adalah pembuatan antibodi monoklonal, vaksin, antibiotika, dan hormon.

LIVEWORKSHEETS

Kelebihan dan kelemahan bioteknologi modern dirangkum pada tabel berikut.

Kelebihan	Kelemahan
• Hasil dapat diperhitungkan. • Dapat mengatasi kendala ketidaksesuaian genetik. • Perbaikan genetik dapat dilakukan secara terarah. • Menghasilkan individu dengan sifat baru yang berbeda dari sifat alaminya.	• Biaya produksi relatif mahal. • Menjadikan tanaman bersifat monokultur. • Menyebabkan degradasi gen jenis lokal. • Memerlukan teknologi canggih. • Pengaruh jangka panjangnya belum diketahui.

a. Organisme Transgenik

Tanaman transgenik adalah tanaman yang informasi genetik dalam tubuhnya telah diubah. Tanaman ini menjadi salah satu alternatif agar tanaman tahan terhadap hama sehingga hasil panen melimpah. Tanaman bahkan dapat direkayasa agar mampu membunuh hama yang menyerangnya.



Gambar 7. Contoh-contoh tanaman transgenik

Pembuatan tanaman transgenik dilakukan melalui tahapan berikut.

a. Mengidentifikasi atau mencari gen yang menghasilkan sifat tertentu yang diinginkan.
b. Mengambil gen tersebut dari sumbernya; gen dapat berasal dari tanaman lain, hewan, cendawan, atau bakteri.
c. Pada tahap kloning gen, DNA asing dimasukkan ke dalam vektor kloning (pembawa DNA), misalnya plasmid, yaitu DNA yang digunakan untuk memindahkan gen.
d. Memasukkan vektor kloning ke dalam bakteri sehingga DNA ikut diperbanyak seiring perkembangbiakan bakteri.
e. Setelah gen yang diinginkan cukup banyak, gen asing tersebut dipindahkan ke sel tumbuhan yang berasal dari bagian tertentu, misalnya daun.

LIVEWORKSHEETS

f. Pemindahan gen dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu metode senjata gen, transformasi DNA yang diperantarai bakteri *Agrobacterium tumefaciens*, dan elektroporasi (pemindahan DNA dengan bantuan listrik).

Beberapa tanaman transgenik telah diterapkan untuk menghasilkan tiga macam sifat unggul, yaitu tahan hama, tahan herbisida, dan berbuah yang tidak mudah busuk.

Hewan transgenik. Selain tumbuhan, terdapat pula hewan transgenik. Awalnya hewan transgenik dipakai ilmuwan sebagai bahan penelitian untuk mengetahui penyakit yang menyerang hewan tertentu beserta cara penanggulangannya. Selanjutnya, rekayasa genetika pada hewan diarahkan untuk menghasilkan ternak yang memproduksi susu dan daging berkualitas, ikan yang cepat besar dan mengandung vitamin tertentu, dan sebagainya.



Gambar 8. Contoh-contoh hewan transgenik
Sumber: www.guruipa.com

5. Teknik-Teknik dalam Bioteknologi Modern

a. Rekayasa Genetika

Keberhasilan Watson dan Crick menemukan model DNA, serta terpecahnya sandi genetik oleh Nirenberg dan Mather, membuka jalan bagi penelitian rekayasa genetika selanjutnya. Sandi genetik pada gen (DNA) menentukan urutan asam amino penyusun protein (enzim). Pengetahuan ini memungkinkan manusia memanipulasi sifat makhluk hidup untuk menghasilkan organisme dengan sifat yang diinginkan. Perakitan materi genetik dengan menggabungkan dua DNA dari sumber berbeda menghasilkan DNA rekombinan.

DNA digunakan dalam rekayasa genetika untuk memadukan sifat makhluk hidup karena DNA mengatur sifat yang dapat diturunkan, dan struktur DNA pada semua makhluk hidup sama. DNA rekombinan dapat diperoleh dengan beberapa cara, di antaranya teknologi plasmid, fusi sel (teknologi hibridoma), dan transplantasi inti.

LIVEWORKSHEETS

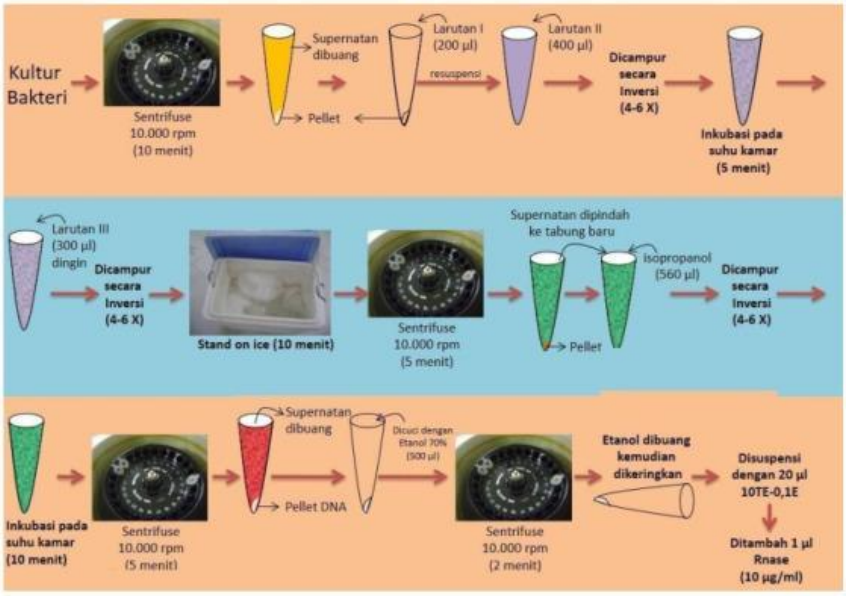
Pada bioteknologi konvensional, proses menghasilkan produk melibatkan reaksi fermentasi. Bioteknologi modern, sebaliknya, memakai rekayasa genetika dengan teknik DNA rekombinan, yaitu mengubah susunan DNA suatu organisme dengan menyisipkan gen asing sehingga diperoleh sifat baru yang sebelumnya tidak dimiliki. Teknik ini digunakan untuk menghasilkan organisme transgenik. Proses DNA rekombinan meliputi tiga langkah: isolasi DNA, transplantasi gen, dan pemasukan DNA rekombinan ke dalam sel hidup.

1) Isolasi DNA. Langkah ini dilakukan untuk menyeleksi DNA yang dikehendaki. Tahapannya adalah sebagai berikut.

1. **Isolasi jaringan.** Jaringan yang akan digunakan diisolasi terlebih dahulu.
2. **Pelisisan dinding dan membran sel.** Dinding dan membran sel dipecah dengan penggerusan (homogenasi), sentrifugasi berkecepatan lebih dari 1.000 rpm, atau larutan pelisis sel (buffer ekstraksi). Inti sel harus ikut dilisiskan karena gen yang diinginkan berada di dalamnya. Larutan pelisis juga berfungsi memecah sel yang tidak mengandung DNA agar sel berinti dapat dipisahkan dari komponen sel lain yang tidak berfungsi.
3. **Ekstraksi dalam larutan.** Supernatan yang terbentuk dibuang, lalu dilakukan ekstraksi dalam larutan untuk memperoleh ekstrak.
4. **Purifikasi.** Hasil ekstrak dibersihkan dari zat-zat lain. Pada larutan ditambahkan RNAse dan diinkubasi selama 10 menit pada suhu 65 °C agar kerja enzim optimal. RNAse berguna menyingkirkan kontaminasi RNA sehingga DNA dapat diisolasi secara utuh.
5. **Presipitasi.** Tahap ini mengendapkan protein histon agar untai DNA tidak lagi menggulung dan terikat pada histon, sehingga DNA dapat terlihat. Caranya, larutan presipitasi diteteskan lalu di-vortex hingga homogen. Larutan presipitasi mengandung asam asetat; bila berikatan dengan protein, terbentuk senyawa baru yang kelarutannya lebih rendah sehingga protein mengendap. Larutan kemudian disentrifugasi untuk memisahkan zat berdasarkan berat jenis molekulnya: zat yang lebih berat berada di dasar, yang lebih ringan di bagian atas.

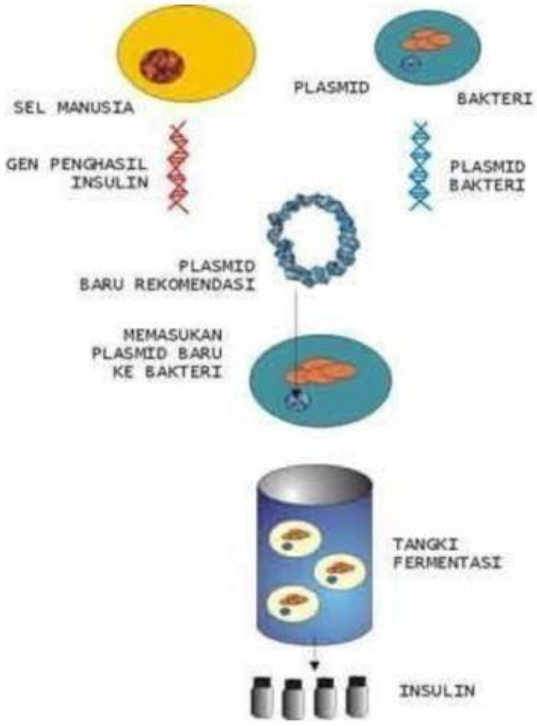
LIVEWORKSHEETS

Tahapan isolasi DNA digambarkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Teknik isolasi DNA

2) Transplantasi gen (DNA). Gen yang telah diisolasi disambungkan ke DNA plasmid vektor dengan bantuan enzim ligase. Enzim ligase menyambung ujung-ujung nukleotida, dan hasil penyambungan itu disebut DNA rekombinan, yaitu DNA yang memuat DNA asli vektor dan DNA asing yang diinginkan.



Gambar 10. Proses transplantasi gen

LIVEWORKSHEETS