

MODUL
TEMA 17

Bioteknologi Untuk Hidup yang Lebih Baik

BIOLOGI PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020



MODUL
TEMA 17

Bioteknologi Untuk Hidup yang Lebih Baik

BIOLOGI PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020

Biologi Paket C Setara SMA/MA Kelas XII
Modul Tema 17 : Bioteknologi Untuk Hidup Yang Lebih Baik

- **Penulis:** Harianto Baharuddin, S.Pd.; Idham Khalik Idrus, S.Pd.
- **Editor:** Dr. Samto; Dr. Subi Sudarto
Dra. Maria Listiyanti; Dra. Suci Paresti, M.Pd.; Apriyanti Wulandari, M.Pd.
- **Diterbitkan oleh:** Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus–Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah–Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

iv+ 52 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip flexible learning sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, 1 Juli 2020
Plt. Direktur Jenderal



Hamid Muhammad

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
MODUL 17 BIOTEKNOLOGI UNTUK HIDUP YANG LEBIH BAIK.....	1
Petunjuk penggunaan modul	1
Tujuan yang diharapkan setelah belajar modul	2
Pengantar Modul	2
UNIT 1 PEMANFAATAN MIKROORGANISME UNTUK MENGHASILKAN PRODUK YANG BERGUNA BAGI MANUSIA	4
A. Pengertian Bioteknologi	4
B. Pengertian dan Prinsip Bioteknologi Konvensional	5
C. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Bioteknologi Konvensional	6
Penugasan 1.1	12
Penugasan 1.2	13
UNIT 2 SEMAKIN MAJU DENGAN PENERAPAN BIOTEKNOLOGI MODERN	15
A. Bioteknologi Modern Dengan Kultur Jaringan dan Rekayasa Genetika	15
B. Pemanfaatan Rekayasa Genetika	23
C. Dampak Negatif Boteknologi Modern	24
Penugasan 2.1	25
Rangkuman	26
Kata Kunci	27
Latihan Soal	28
Kriteria Pindah Modul	34
Penilaian	35
Kunci Jawaban	38
Kunci Jawaban Dan Pembahasan	42
Saran Referensi	46
Daftar Pustaka	47
Sumber Gambar	48
Glosarium	49
Profil Penulis	52



Bioteknologi Untuk Hidup yang Lebih Baik

Petunjuk penggunaan modul

Modul mata pelajaran Biologi Paket C Tingkatan VI Setara Kelas XII dengan tema: **Bioteknologi untuk Hidup yang Lebih Baik** ini terdiri dari beberapa materi yang disusun secara berurutan mulai dari unit 1 dan unit 2. Pembahasan setiap unit merupakan satu kesatuan. Untuk dapat memahami modul secara baik, Anda perlu mengikuti petunjuk berikut ini:

1. Yakinkan diri Anda telah siap untuk belajar.
2. Tenangkan pikiran dan pusatkan perhatian Anda pada modul yang akan Anda pelajari.
3. Berdoalah sejenak sesuai agama dan keyakinan Anda dan sekarang Anda siap untuk belajar.
4. Baca dan pahami secara mendalam tujuan yang harus dicapai setelah melakukan pembelajaran
5. Baca dan pahami pengantar modul dengan seksama.
6. Bacalah materi modul secara seksama. tandai dan catat materi yang belum/ kurang Anda pahami.
7. Diskusikan materi-materi yang belum dipahami dengan teman, tutor/ pendidik, dan/ atau orang yang dianggap ahli dalam bidang ini.

8. Carilah beragam sumber atau bacaan lain yang relevan untuk menunjang pemahaman dan wawasan tentang materi yang sedang Anda pelajari.
9. Kerjakan semua penugasan yang ada pada modul untuk mendapatkan pemahaman mengenai materi modul dengan baik.
10. Lakukan penilaian pemahaman dengan mengisi soal-soal latihan yang disediakan di akhir modul.
11. Jika pemahaman Anda belum memuaskan jangan putus asa, pelajari modul ini kembali dan minta bantuan Tutor Anda.
12. Selamat mempelajari modul ini !

Tujuan yang diharapkan setelah belajar modul

Setelah membaca dan mempelajari modul ini, Anda diharapkan memiliki kemampuan:

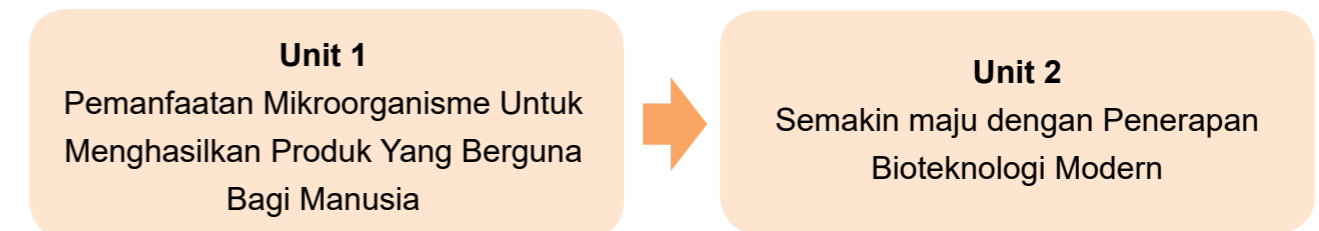
1. Menjelaskan perbedaan prinsip dasar bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern;
2. Mengidentifikasi sumber mikroorganisme yang berperan dalam pemanfaatan bioteknologi konvensional;
3. Menjelaskan pemanfaatan produk bioteknologi modern dengan kultur jaringan dan rekayasa genetika dalam kehidupan manusia;
4. Menganalisis dampak negatif penerapan bioteknologi dalam kehidupan umat manusia.

Pengantar Modul

Di kalangan orang awam istilah bioteknologi mungkin baru saja dikenal, namun tidak dapat dipungkiri jika proses bioteknologi sudah dilakukan sejak ribuan tahun yang lalu. Perlu Anda ketahui bahwasanya ada dua jenis proses tersebut, yaitu bioteknologi secara konvensional dan bioteknologi secara modern. Dalam hal ini bioteknologi secara modern tentu saja lebih rumit. Sedangkan untuk yang konvensional dilakukan dengan peralatan dan metode yang sederhana. Perkembangan terjadi setelah diketahui mikroorganisme melakukan fermentasi dalam menghasilkan suatu produk yang merupakan prinsip dasar proses bioteknologi konvensional. Pemanfaatan mikroorganisme dalam bioteknologi antara lain mencakup bidang pangan, obat-batan, pertanian, kesehatan dan pengelolaan lingkungan hidup. Tujuannya adalah untuk menghasilkan dan meningkatkan potensi makhluk hidup dan dirancang untuk mempermudah memenuhi kebutuhan manusia.

Prinsip dasar proses bioteknologi modern adalah rekayasa genetika (DNA) dengan melakukan manipulasi pada susunan gen makhluk hidup untuk menghasilkan organisme dengan sifat yang diinginkan, namun juga memanfaatkan pada Mikrobiologi dan Biokimia. Ciri atau sifat bioteknologi modern, antara lain: steril, produksi dalam jumlah lebih banyak, kualitasnya standar, dan terjamin. Berbeda dengan bioteknologi konvensional, bioteknologi modern telah memanfaatkan metode-metode terkini dari bioteknologi, antara lain: kultur jaringan, kloning, teknologi hibridoma, rekombinasi DNA, dan teknik bayi tabung. Perlu Anda ketahui bahwa pada umumnya bioteknologi memberikan manfaat. Namun, tidak selamanya hasil bioteknologi selalu menguntungkan. Beberapa dampak negatif bioteknologi antara lain dapat mempengaruhi kelestarian alam dan mengancam kesehatan.

Isi Modul 17 ini terdiri atas 2 unit pembelajaran yang digambarkan pada bagan berikut. Selain penjelasan mengenai materi, modul ini juga dilengkapi dengan latihan untuk menguji pemahaman dan penguasaan terhadap materi yang telah Anda pelajari



Isi Modul 17. Bioteknologi untuk Hidup yang Lebih Baik

Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Menghasilkan Produk yang Berguna bagi Manusia

A. Pengertian Bioteknologi

Bioteknologi sebetulnya berasal dari istilah Latin, yaitu *Bio* (hidup), *tekno* (teknologi = penerapan), dan *logos* (ilmu). Artinya, ilmu yang mempelajari penerapan prinsip-prinsip biologi. Bioteknologi sering diartikan sebagai cabang biologi yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup atau bagian-bagiannya seperti bakteri, virus, jamur, atau lain sebagainya dengan bantuan teknologi untuk menghasilkan barang dan jasa serta meningkatkan potensi makhluk hidup. Hasil produk bioteknologi dapat berupa makanan, minuman, dan obat-obatan. Hasil jasa bioteknologi antara lain penanganan limbah dan pemberantasan hama. Hasil dari peningkatan potensi melalui bioteknologi antara lain, budidaya tanaman yang bersifat unggul dan ternak yang bersifat unggul.

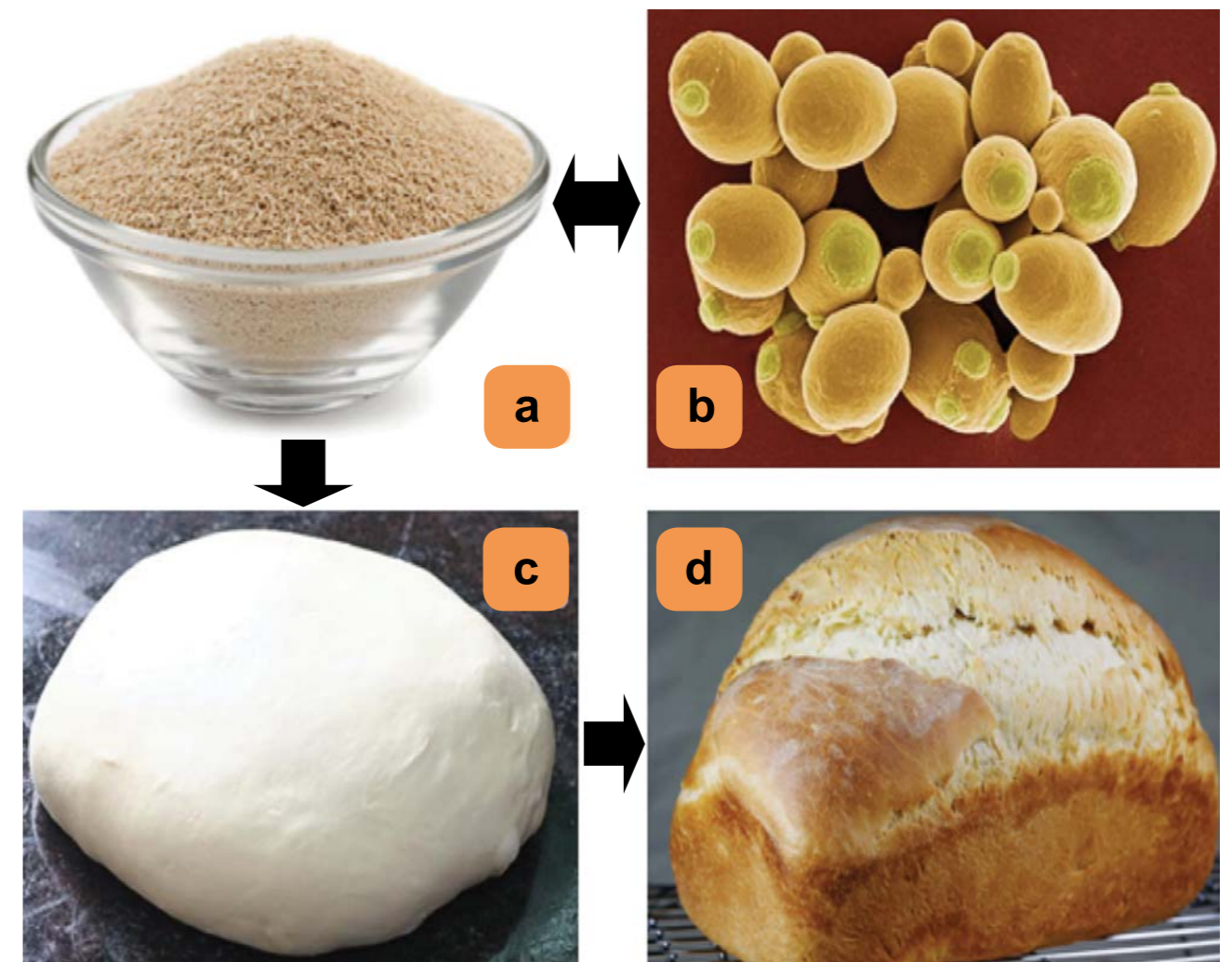
Di masa lalu, bioteknologi dilakukan secara sederhana. Perkembangan yang pesat baru terjadi setelah diketahui mikroorganisme melakukan fermentasi. Penelitian ini dipelopori oleh **Louis Pasteur** sehingga beliau mendapat julukan sebagai *Bapak Bioteknologi*. Pernahkah Anda makan tempe? Pembuatan tempe melibatkan peran suatu mikroorganisme, yakni jamur benang (*Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus*). Sehingga, tempe merupakan salah satu contoh produk bioteknologi lho. Adapun pemanfaatan mikroorganisme dalam bioteknologi yang berguna bagi manusia berdasarkan hal-hal berikut:

1. Mudah diperoleh karena sudah tersedia di alam;
2. Dapat dikembangbiakkan;
3. Memiliki sifat yang tetap dari generasi ke generasi;
4. Dapat diubah sifatnya melalui rekayasa v genetika dan perubahan sifat tersebut dapat diwariskan pada keturunannya;
5. Dapat menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia.

Sejalan dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, aplikasi bioteknologi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu: **bioteknologi konvensional** dan **bioteknologi modern**. Untuk memahami lebih lanjut kedua jenis proses bioteknologi tersebut, yuk...ikuti uraian berikut ini.

B. Pengertian dan Prinsip Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional disebut juga bioteknologi tradisional, yaitu bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme dan proses biokimia dengan menggunakan peralatan dan metode yang sederhana. Prinsip dasar proses bioteknologi konvensional adalah melibatkan proses fermentasi dalam menghasilkan produk. Mikroorganisme berperan dalam proses fermentasi untuk mengubah bahan mentah atau makanan menjadi produk baru dengan kandungan nutrisi yang lebih baik. Kelemahan dari bioteknologi konvensional adalah prosesnya yang relatif belum steril (bebas dari mikroorganisme yang tidak diinginkan), sehingga kualitasnya belum terjamin. Contoh produk bioteknologi konvensional dan telah digunakan dalam menghasilkan produk, baik dalam skala kecil maupun industri besar antara lain roti, tempe, tapai, keju, yoghurt, dan lain-lain.



Sumber : Dokumentasi Penulis.

Gambar 1. (a) Ragi Kering atau *Saccharomyces cerevisiae*, (b) *S. cerevisiae* yang Diperbesar, (c) Proses Mengembangnya Adonan Roti dengan Bantuan *S. cerevisiae*, dan (d) Roti sebagai Produk Bioteknologi

C. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional memanfaatkan makhluk hidup atau bagian-bagiannya, yaitu mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi. Fermentasi adalah proses perubahan bahan organik menjadi bentuk lain yang lebih bermanfaat dengan bantuan mikroorganisme secara terkontrol. Mikroorganisme yang dimanfaatkan dalam bioteknologi berasal dari kelompok bakteri, alga, jamur dan ragi atau yeast. Pemanfaatan mikroorganisme dalam bioteknologi antara lain untuk menghasilkan: makanan dan minuman, zat-zat gizi, obat-obatan, sumber energi alternatif, pemecahan masalah lingkungan, industri, dan lain-lain.

1. Makanan dan Minuman

Produk-produk makanan dan minuman hasil bioteknologi dapat Anda lihat pada Tabel 7.1 berikut.

Tabel 7.1. Jenis-jenis Makanan dan Minuman Hasil Bioteknologi

No	Produk	Mikroorganisme	Bahan baku
1.	Keju mozzarella	Streptococcus thermophilus	Susu sapi/kerbau
2.	Keju lunak/ setengah lunak	Penicillium roqueforti dan Penicillium camemberti	Susu
3.	Keju keras (cheddar)	Propionibacterium shermanii	Susu
4.	Yoghurt	Lactobacillus bulgaricus dan Streptococcus thermophilus	Susu
5.	Roti	Saccharomyces cerevisiae	Tepung
6.	Tempe	Rhizopus oryzae dan Rhizopus oligosporus	Kacang kedelai
7.	Kecap	Aspergillus wentii, A. oryzae, A. sojae, dan Saccharomyces rouxii	Kacang kedelai
8.	Oncom	Neurospora sitophila	Ampas tahu dan kacang
9.	Tapai	Saccharomyces cerevisiae	Beras ketan dan singkong
10.	Nata de coco	Acetobacter xylinum	Air kelapa
11.	Tauco	Aspergillus oryzae	Kacang kedelai
12.	Sosis	Pediococcus cerevisiae	Daging sapi/ daging ayam/ daging babi
13.	Mentega	Streptococcus diacetylactis dan Leuconostoc citrovorum	Susu
14.	Sake	Sake Saccharomyces sake dan Saccharomyces cerevisiae	Padi

15.	Miso	Aspergillus oryzae dan Saccharomyces rouxii	Kacang kedelai
16.	Bir	Aspergillus oryzae, Saccharomyces cerevisiae, dan Saccharomyces pastorianus	Biji gandum, barli, kentang, buah, dan air tebu
17.	Brem	Saccharomyces verdemanii, Chlamydomucor oryzae, dan Rhizopus oryzae	Beras ketan
18.	Kimchi	Lactobacillus kimchii	Kubis dan sayuran lainnya
19.	Tofu	Actinomucor elegans, Mucor hiemalis, M. subtilissimus, dan M. Silvaticus	Kedelai
20.	Kefir	Streptococcus lactis dan Lactobacillus bulgaricus	Susu sapi dan susu kambing



Sumber : Dokumentasi Penulis.

Gambar 2. Aneka Produk Makanan dan Minuman Hasil Fermentasi

2. Bahan Makanan dan Zat Organik Lainnya

Produk-produk berupa zat makanan terutama sumber protein, serta zat-zat organik hasil bioteknologi seperti enzim dan vitamin dapat Anda lihat pada Tabel 7.2 berikut.

Tabel 7.2. Jenis-jenis Bahan Makanan dan Zat Organik Hasil Bioteknologi

No	Produk	Mikroorganisme	Bahan baku
1.	Protein Sel Tunggal (PST)	Berbagai mikroorganisme seperti alga (<i>Chlorella</i> dan <i>Spirulina</i>), jamur (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Candida utilis</i>), dan bakteri (<i>Methylophilus methylotrophus</i>)	Bahan makanan dan suplemen
2.	Asam glutamat	<i>Corynebacterium glutamicum</i> dan <i>Brevibacterium flavum</i>	Bahan Tambahan Pangan (BTP)
3.	Asam cuka	<i>Acetobacter aceti</i> dan <i>Gluconobacter sp.</i>	Bahan Tambahan Pangan (BTP)
4.	Cider (cuka apel)	<i>Saccharomyces bayanus</i>	Bahan Tambahan Pangan (BTP)
5.	Asam sitrat	<i>Aspergillus niger</i>	Bahan Tambahan Pangan (BTP)
6.	Vitamin B12	<i>Pseudomonas denitrificans</i> dan <i>Prapionibacterium shermanii</i>	Suplemen
7.	Vitamin B2	<i>Ashbya gossypii</i>	Suplemen
8.	Enzim amilase	<i>Aspergillus niger</i>	Melembutkan adonan roti dan membuat pemanis sirup dari tepung jagung
		<i>Aspergillus oryzae</i>	Produksi kanji, lem, kertas, tekstil, dan glukosa
		<i>Bacillus subtilis</i>	Membantu pencernaan makanan
9.	Enzim selulase	<i>Aspergillus niger</i>	Industri tekstil, detergen, farmasi, kertas, dan olahan kopi
10.	Enzim laktase	<i>Saccharomyces fragilis</i>	Menghidrolisis laktosa dalam susu skim dan mencegah kristalisasi laktosa dalam es krim dan susu kental manis
11.	Enzim lipase	<i>Aspergillus niger</i>	Industri lemak dan minyak
12.	Enzim pektinase	<i>Aspergillus niger</i>	Memecah molekul pectin dalam industri minuman sari buah
13.	Enzim proteinase	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Serratia marcescens</i>	Pelunak daging membantu pencernaan, dan bahan detergen
14.	Enzim penisilinase	<i>Bacillus subtilis</i>	Agen diagnostic dalam farmasi
15.	Mikoprotein	<i>Fusarium venenatum</i> dan <i>Fusarium graminearum</i>	Bahan makanan



Sumber : <http://generasiologi.com>

Gambar 4. Protein Sel Tunggal (PST) dari *Spirulina*



Sumber : <http://id.wikipedia.org>

Gambar 4. Mikoprotein dari *Fusarium*

3. Obat-obatan

Bioteknologi dapat dimanfaatkan untuk pembuatan antibiotik, vaksin, dan interferon. Beberapa produk obat-obatan hasil bioteknologi dapat Anda lihat pada Tabel 7.3 berikut.

Tabel 7.3. Jenis-jenis Obat Hasil Bioteknologi

No	Produk	Mikroorganisme atau Senyawa Organik	Bahan baku
1.	Penisilin	<i>Penicillium notatum</i>	Antibiotik untuk melawan penyakit yang disebabkan oleh bakteri
2.	Sefalosporin	<i>Cephalosporium</i>	Antibiotik untuk melawan bakteri yang kebal terhadap penisilin
3.	Streptomisin	<i>Streptomyces griseus</i>	Antibiotik untuk melawan bakteri yang kebal terhadap penisilin dan sefalosporin
4.	Tetrasiklin	<i>Streptomyces aureofaciens</i> dan <i>Streptomyces rimosus</i>	Antibiotik yang mampu menghambat sintesis protein pada bakteri
5.	Eritromisin	<i>Streptomyces erythreus</i>	Antibiotik untuk pasien yang alergi terhadap penisilin dan melawan bakteri kebal penisilin
6.	Polimiksin	<i>Bacillus polymyxa</i>	Antibiotik untuk melawan bakteri Gram negative
7.	Basitrasin	<i>Bacillus subtilis</i>	Antibiotik untuk melawan bakteri Gram positif
8.	Vaksin	Virus, mikroorganisme, atau bagian dari mikroorganisme yang telah dilemahkan	Mencegah penyakit yang disebabkan oleh virus atau mikroorganisme lainnya
9.	Interferon	Senyawa glikoprotein yang disekresikan dari sel manusia atau hewan Vertebrata	Melawan infeksi virus



Sumber : <http://helohehat.com>

Gambar 5. Vaksin



Sumber : <http://ariqmuflih.blogspot.com>

Gambar 6. Penisilin

4. Sumber Energi Alternatif

Bioteknologi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan sumber energi alternatif, antara lain dapat Anda lihat pada Tabel 7.4 berikut.

Tabel 7.4. Jenis-jenis Energi Alternatif Hasil Bioteknologi

No	Produk	Mikroorganisme	Bahan baku
1.	Bahan bakar alkohol	Zymomonas mobilis, Clostridium thermocellum, dan mutan petite dari Saccharomyces cerevisiae	Gula tebu, pati, selulosa atau jagung
2.	Biogas, misalnya gas metana	Methanobacterium sp., Methanohalobium sp. Methanococcus sp	Kotoran ternak dan limbah organik lainnya
3.	Gas hidrogen	Chlorella pyrenoidosadan Clostridium butyricum	Bahan organik yang mengandung atom hidrogen



Sumber : <http://jagajarak.jimdo.com>

Gambar 7. Bahan Bakar Berupa Metanol



Sumber : <http://kimlombokbaratkab.wordpress.com>

Gambar 8. Memasak dengan Menggunakan Biogas

5. Pengolahan Limbah dan Pemecahan Masalah Lingkungan

Bioteknologi dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah atau **bioremediasi**, yaitu proses pembersihan zat pencemar lingkungan dengan menggunakan mikroorganisme. Mikroorganisme bertujuan untuk menguraikan zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun. Pengolahan limbah dan pemecahan masalah lingkungan dengan memanfaatkan bioteknologi dapat Anda lihat pada Tabel 7.5 berikut.

Tabel 7.5. Pengolahan Limbah dan Pemecahan Masalah Lingkungan dengan Memanfaatkan Bioteknologi

No	Pengolahan Limbah dan Pemecahan Masalah Lingkungan	Mikroorganisme
1.	Mengolah limbah organik berupa limbah cair dari industri alkohol	Clostridium butyrium
2.	Mengolah limbah industri seperti tapioka, nata de coco, tahu, dan kecap dengan sistem lumpur aktif	Mikroorganisme yang bersifat aerob pengoksidasi material organik
3.	Menguraikan limbah organik	Methanobacterium sp. dan Vorticella sp.
4.	Mengolah limbah dengan biofilm (saringan tetes), yaitu lapisan yang terbentuk dari kumpulan mikroorganisme yang melekat di suatu permukaan dan diselubungi oleh pelekak karbohidrat yang dihasilkan mikroorganisme tersebut	Mikroorganisme, terutama bakteri
5.	Penguraian lumpur secara anaerobik	Bakteri anaerob, misalnya Methanobacterium
6.	Pembersih limbah minyak	Bakteri Pseudomonas putida dan jamur Cladosporium resinae
7.	Bioplastik (plastik yang mudah terurai)	Bakteri Axaligenes eutrophus dan jamur Aureobasidium pullulans
8.	Biopestisida untuk membasmi hama	Bacillus thuringiensis
9.	Bioinsektisida untuk membasmi hama	Baculovirus



Sumber : <http://aguskrisnoblog.wordpress.com>

Gambar 9. Bioremediasi sebagai Solusi Pencemaran di Perairan

Nah, agar Anda lebih faham tentang proses bioteknologi konvensional dan penerapannya di bidang makanan dan minuman lakukan kegiatan pada rubrik berikut.

Penugasan 1.1

1. Tugas

Mencari informasi tentang produk bioteknologi konvensional yang terkait makanan dan minuman serta prosesnya

2. Tujuan

Anda diharapkan mampu:

- Mencari Informasi produk Bioteknologi Konvensional dari berbagai sumber;
- Menyajikan laporan yang menarik dari hasil kerjanya dilengkapi proses pembuatannya.

3. Media

- Alat tulis
- Kertas
- Buku/ sumber pustaka lain yang mendukung

4. Langkah-langkah

Pelajari kembali uraian tentang bioteknologi konvensional, kemudian lakukan langkah-langkah berikut.

- Siapkan berbagai sumber pustaka yang dibutuhkan untuk mencari informasi;
- Carilah informasi tentang berbagai produk hasil bioteknologi konvensional yang banyak beredar di masyarakat;
- Pilihlah **tiga** produk bioteknologi konvensional yang bahannya mudah diperoleh di lingkungan sekitar Anda; Misalnya: fermentasi pada tempe, tapai, kecap, yoghurt, nata de coco, tauco atau produk bioteknologi konvensional yang lain;
- Jelaskan cara alat dan bahan yang dibutuhkan serta cara membuat produk hasil fermentasi yang telah Anda Pilih.
- Buatlah laporan secara tertulis dan serahkan pada Tutor Anda sebagai portofolio.

Penugasan 1.2

1. Tugas

Membuat *nata de coco* atau produk hasil fermentasi lainnya yang berupa makanan atau minuman

Catatan: pilih salah satu dari hasil penugasan 1, misalnya membuat: *nata de coco*, *tempe*, *tapai*, *kecap*, *tauco* atau *yoghurt* yang bahannya mudah diperoleh di sekitar Anda.

2. Tujuan

- Menjelaskan proses pembuatan produk bioteknologi konvensional dengan menggunakan metode ilmiah (misal *membuat nata de coco* atau sesuai pilihan Anda);
- Mengkomunikasikan hasilnya;
- Menumbuhkan jiwa kewirausahaan

3. Media

- Kamera/ *smartphone*
- Buku/sumber pustaka lain yang mendukung

4. Alat dan Bahan

- Kompot
- Panci
- Saringan halus
- Pisau
- Baki plastik
- Air kelapa 1 liter
- Bibit *nata de coco* (starter bakteri *Acetobacter xylinum*) 170 mL.
- Asam cuka 15 mL
- Gula pasir 75 gram

5. Langkah-langkah

- Dokumentasikanlah langkah-langkah pembuatan dan produk yang Anda hasilkan dengan kamera/*smartphone*
- Saringlah air kelapa dan masukkan ke dalam panci kemudian masaklah hingga mendidih.
- Setelah mendidih, masukkan gula pasir 75 gram kemudian tambahkan asam cuka sambil diaduk rata hingga larutan air kelapa memiliki pH asam (pH sekitar 3 – 4)
- Dinginkan kemudian masukkan air kelapa tersebut ke dalam baki plastik (pastikan bahwa kondisi baki plastik bersih dan steril dari bakteri dan jamur)

- e. Tambahkan starter bakteri *Acetobacter xylinum* kemudian tutuplah baki (misalnya menggunakan serbet yang bersih) dengan rapat dan simpanlah selama 8 – 14 hari.
- f. Setelah terbentuk padatan putih transparan (nata de coco) dengan tebal sekitar 1,5 cm, angkatlah baki dengan hati-hati, buanglah selaput bagian bawah, kemudian cuci. Cairan di bawah lapisan *nata de coco* dapat digunakan untuk bibit pengolahan berikutnya.
- g. Potong *nata de coco* dalam bentuk dadu.
- h. Rendamlah *nata de coco* dengan air bersih selama 2 – 3 hari untuk menghilangkan rasa asam. Gantilah air rendaman setiap hari.
- i. Selanjutnya rebus *nata de coco* sebentar selama 10 menit.
- j. *Nata de coco* siap dinikmati atau disimpan di kulkas.

6. Pertanyaan:

- a. Adakah mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan nata de coco?
- b. Apa nama mikroorganisme tersebut?
- c. Fermentasi apakah yang terjadi pada pembuatan nata de coco?

Buatlah laporan hasil percobaan Anda dan kumpulkan sebagai portofolio.

Apabila Anda menemukan kesulitan dalam mengerjakan Tugas ini, tanyakan pada teman, nara sumber yang relevan atau Tutor Anda.

Cocokkan jawaban Penugasan 1 dan 2 Anda dengan **Kunci Jawaban** yang terdapat pada bagian akhir modul. Berilah nilai dengan menggunakan kriteria penilaian yang tersedia.

Pelajaran Unit 1 telah selesai. Anda telah memahami dengan baik tentang bioteknologi konvensional dan pemanfaatan mikroorganisme dalam bioteknologi bukan? Selanjutnya Anda akan kami ajak untuk mempelajari tentang bioteknologi modern berikut ini. Apakah Anda siap melanjutkan belajar? Jika Anda merasa lelah, istirahatlah sejenak. Lanjutkan belajar jika Anda sudah siap belajar kembali. Tetap Semangat Belajar ya...!

UNIT 2

Semakin Maju dengan Penerapan Bioteknologi Modern

Dalam Modul 17 Unit 1 Anda telah mempelajari tentang Bioteknologi Konvensional dengan memanfaatkan mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan suatu produk baru. Mikroorganisme yang dimanfaatkan dalam bioteknologi berasal dari kelompok bakteri, alga, jamur dan ragi atau yeast. Dalam Modul 17 Unit 2 ini Anda akan kami ajak untuk mempelajari Bioteknologi Modern serta manfaatnya dalam membantu hidup manusia menjadi lebih baik. Berbeda dengan bioteknologi konvensional, bioteknologi modern menggunakan metode mutakhir dari bioteknologi dengan prinsip dasar rekayasa genetika. Untuk memahami lebih lanjut tentang bioteknologi modern, dan pemanfaatannya yuk.... pelajari uraian berikut ini.



A. Bioteknologi Modern Dengan Kultur Jaringan dan Rekayasa Genetika

Bioteknologi modern mulai berkembang sejak ditemukannya struktur dan fungsi DNA seiring dengan perkembangan ilmu-ilmu genetika, mikrobiologi, biokimia, serta biologi sel dan molekuler. Selain menggunakan prinsip mikrobiologi dan biokimia, prinsip dasar proses bioteknologi modern adalah **rekayasa genetika (DNA)** dengan melakukan manipulasi pada susunan gen makhluk hidup untuk menghasilkan organisme dengan sifat yang diinginkan.

Ciri atau sifat biologi modern antara lain:

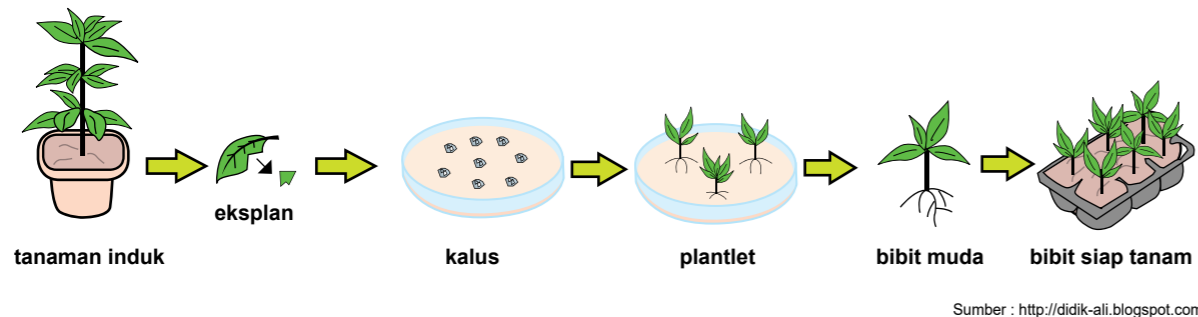
- dilakukan dalam kondisi steril
- memanfaatkan prinsip rekayasa genetika
- dapat menghasilkan sifat baru pada organisme
- menggunakan peralatan yang lebih modern
- produksi dalam jumlah lebih banyak
- kualitasnya standar dan terjamin.

Berbeda dengan bioteknologi konvensional, bioteknologi modern telah memanfaatkan metode-metode terkini dari bioteknologi, antara lain: kultur jaringan, kloning, teknologi hibridoma, rekombinasi DNA, dan teknik bayi tabung.

1. Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan teknik memperbanyak tanaman secara vegetatif memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan. **Totipotensi** adalah kemampuan setiap sel tumbuhan untuk tumbuh menjadi individu baru dengan sifat yang sama dengan induknya. Prinsip kultur jaringan adalah menumbuhkan jaringan maupun sel tumbuhan dalam media buatan secara aseptik (bebas dari mikroorganisme) sehingga tumbuh menjadi tanaman lengkap.

Bagian tumbuhan yang di kultur disebut **eksplan**. Eksplan dapat berasal dari bagian tumbuhan atau jaringan muda yang masih aktif membelah, misalnya ujung akar, ujung batang, dan mata tunas. Eksplan yang ditanam pada media kultur akan tumbuh membentuk **kalus**, yaitu sekumpulan sel yang belum terdiferensiasi. **Diferensiasi** merupakan proses sel-sel muda menjadi sel yang memiliki struktur dan fungsi khusus. Sel-sel kalus dipisahkan dan dikultur lagi agar terbentuk kalus-kalus baru. Sel-sel kalus akan berdiferensiasi membentuk akar, batang, daun, dan tumbuh menjadi tanaman lengkap berukuran kecil yang disebut **plantlet**. Plantlet dipindahkan pada medium tanah atau ditanam secara hidroponik ketika sudah mencapai ukuran tertentu.



Gambar 10. Tahapan kultur jaringan

Media kultur jaringan yang biasa digunakan berupa agar-agar yang ditambah dengan unsur hara, vitamin, dan hormon pertumbuhan. Ada beberapa manfaat dan keuntungan dari kultur jaringan antara lain untuk:

- memperbanyak tanaman atau individu baru dari satu jenis tumbuhan dalam jumlah besar dan waktu relatif singkat, khususnya tanaman unggul dan tanaman langka;
- menghasilkan tanaman yang sama persis dengan induknya, sehingga sifat tanaman induk dapat dilestarikan;



Gambar 11. Tanaman hasil kultur jaringan

- menghasilkan tanaman bebas virus;
- bebas memilih bagian tubuh tumbuhan yang akan dikembangkan sebagai bagian yang dikultur;
- waktu yang diperlukan relatif singkat;
- dapat dilakukan dalam ruangan yang relatif sempit;

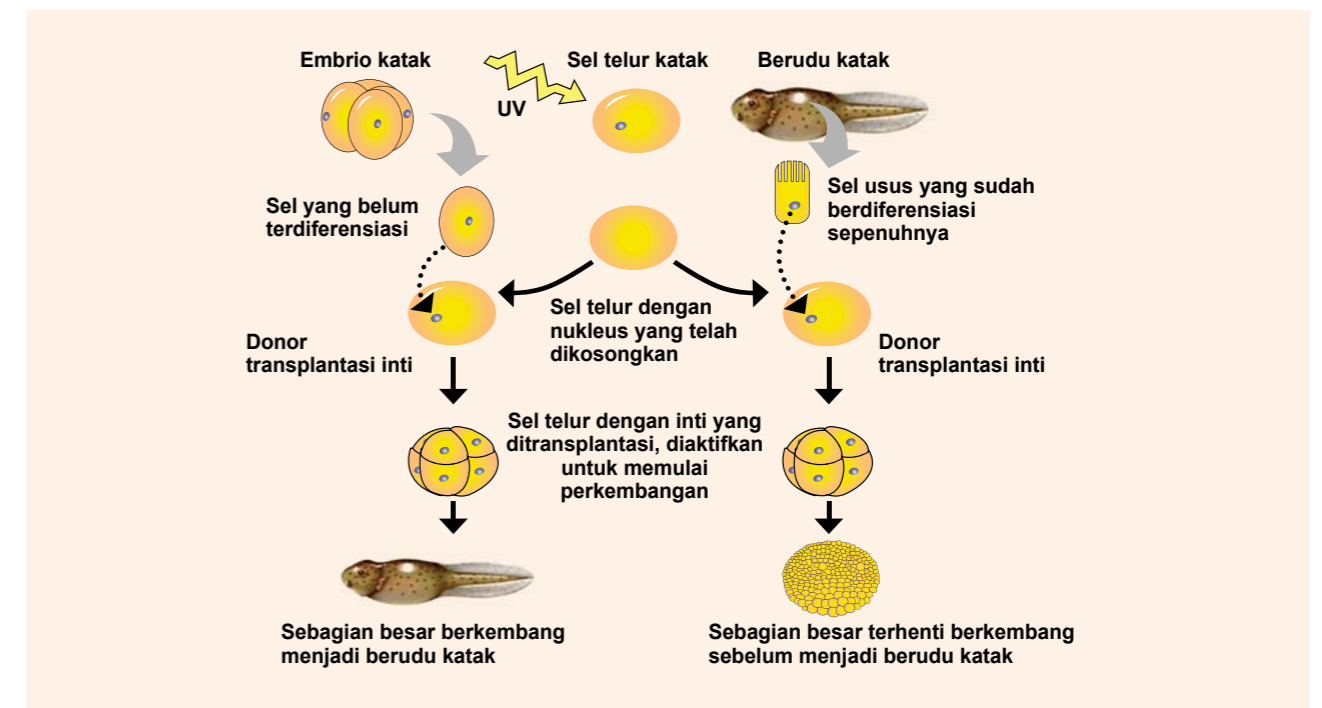
2. Kloning

Kloning adalah teknik memperbanyak individu untuk menghasilkan individu baru yang identik atau memiliki sifat yang sama dengan induknya tanpa melalui perkawinan. Kloning dibedakan menjadi dua macam, yaitu kloning embrio dan kloning transfer inti.

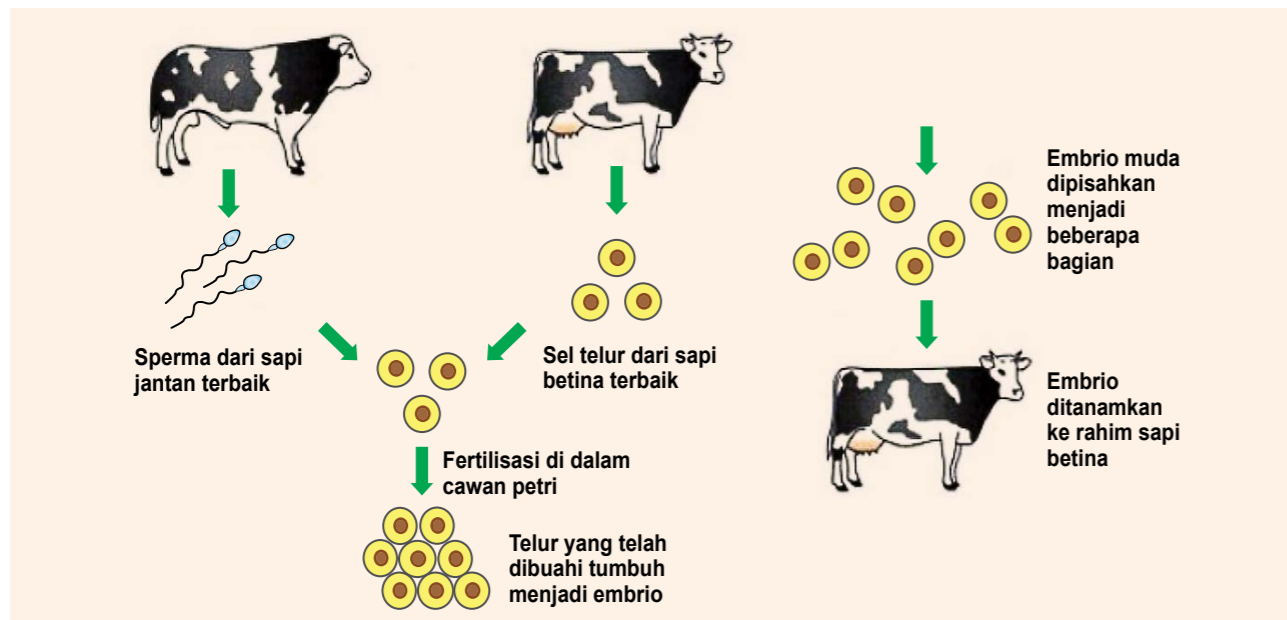
a. Kloning Embrio

Kloning embrio adalah teknik kloning dengan menggunakan sel telur yang telah dibuahi dan mengalami proses pembentukan embrio agar diperoleh individu baru dengan sifat yang sama dengan kedua induknya tanpa melalui perkawinan. Tahapan kloning embrio adalah sebagai berikut:

- Sel telur difertilisasi dengan sel sperma secara *in vitro* (di luar tubuh).
- Zigot hasil fertilisasi akan tumbuh menjadi embrio.
- Embrio kemudian ditanamkan dengan cara disuntikkan ke dalam rahim hewan betina dewasa lainnya.
- Embrio di dalam rahim hewan betina akan tumbuh hingga akhirnya dilahirkan.



Gambar 12. Kloning Embrio pada Katak



Sumber : <http://didik-ali.blogspot.com>

Gambar 13. Kloning Embrio pada Sapi

Kloning embrio pada manusia dikenal dengan istilah **bayi tabung**.

Bayi tabung

Bayi tabung adalah salah satu metode dalam bioteknologi modern yang berguna untuk mengatasi masalah pasangan yang memiliki hambatan dalam menghasilkan keturunan (infertilitas). Biasanya metode ini dilakukan ketika metode lainnya tidak berhasil. Prosedur bayi tabung dilakukan dengan cara mengambil sel telur dan sperma dari dalam tubuh kemudian dilakukan pembuahan di media khusus di luar tubuh wanita, tepatnya di dalam sebuah tabung pembuahan. Setelah sel telur berhasil dibuahi dan ada dalam fase siap maka akan dipindahkan ke dalam rahim. Secara medis, proses **bayi tabung** disebut dengan *in vitro fertilization* (IVF)

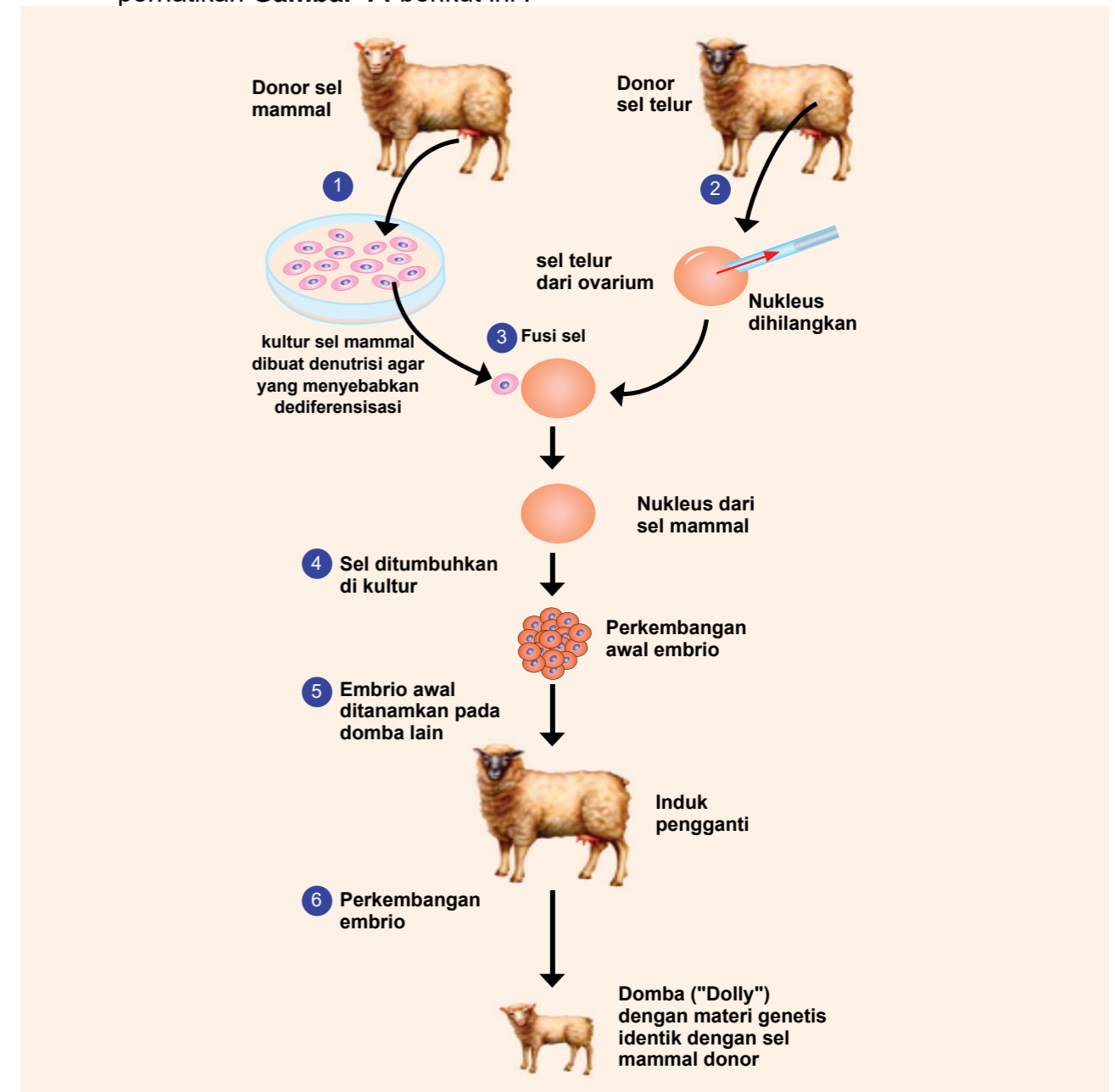
b. Kloning Transfer Inti (Transplantasi Inti)

Kloning transfer inti adalah teknik kloning dengan memindahkan inti dari sel donor ke sel lain agar diperoleh individu dengan sifat dan jenis kelamin yang sama dengan induknya. Pada tahun 1997, para peneliti dari Scotlandia (**Ian Wilmut** dan rekan-rekannya) berhasil menghasilkan seekor domba yang kemudian diberi nama Dolly. Pada penelitiannya, kloning transfer inti domba Dolly yang mereka lakukan melalui tahapan berikut:

- 1) mengambil sel telur dari satu domba dan menghilangkan nukleusnya;
- 2) sel telur tanpa nukleus tersebut digabungkan dengan sel kelenjar susu (ambing) dari domba lainnya menggunakan aliran arus listrik;
- 3) setelah 6 hari ditumbuhkan dalam kultur, terbentuk embrio dan ditanam di dalam uterus domba lainnya (domba ke-3 yang mirip dengan pendonor sel telur);

- 4) Akhirnya, domba tersebut melahirkan anak yang identik dengan domba pendonor sel ambing.

Dolly hasil kloning tidak berumur panjang. Para ahli menemukan kelemahan kloning yaitu hewan hasil kloning tidak sekuat hewan yang berkembangbiak secara alami. Untuk lebih jelasnya tentang Tahapan Kloning Transfer Inti pada Domba "Dolly" perhatikan **Gambar 14** berikut ini !



Sumber : Campbell

Gambar 14. Kloning Transfer Inti pada Domba "Dolly"

Para ahli dapat saja menerapkan kloning pada manusia, sehingga dihasilkan klon dari manusia itu sendiri (pria maupun wanita) yang mempunyai sifat identik. Setujukah Anda?

Penerapan transfer inti sel pada manusia sering memicu diskusi publik tentang masalah etik kloning manusia.

BIOINFO ▶ Apakah kloning manusia bisa dilakukan?

Penemuan tentang kloning pada manusia belum benar-benar ada yang mampu membuktikannya secara ilmiah. Dari segi teknis, kloning manusia dan hewan primata lebih sulit dilakukan daripada mamalia lainnya. Salah satu alasannya, di dalam sel telurnya terdapat dua protein penting untuk pembelahan sel yang dikenal sebagai protein spindel. Protein spindel terletak sangat dekat dengan kromosom dalam sel telur. Akibatnya, penghapusan inti telur untuk membuat ruang bagi inti donor juga akan menghilangkan protein spindel sehingga akan mengganggu proses pembelahan sel. Legalitas kloning manusia juga masih jadi perdebatan karena dianggap sebagai pelanggaran agama, etika, dan norma lainnya. Selain itu jika melihat hasil kloning pada hewan, setengah dari hasil kloning memiliki umur pendek dan sementara yang masih bertahan hidup rentan mengalami gangguan kesehatan. Jadi, teknologi saat ini belum akan mampu mengkloning manusia dengan sempurna.



Sumber : <http://www.vistaeducation.com>
Gambar 15. Eve yang diklaim sebagai manusia kloning pertama

3. Rekayasa Genetika

Rekayasa genetika adalah usaha memanipulasi sifat makhluk hidup untuk menghasilkan makhluk hidup dengan sifat baru yang diinginkan. Jenis rekayasa genetika antara lain teknologi hibridoma dan rekombinasi DNA.

a. Teknologi Hibridoma (Fusi Sel)

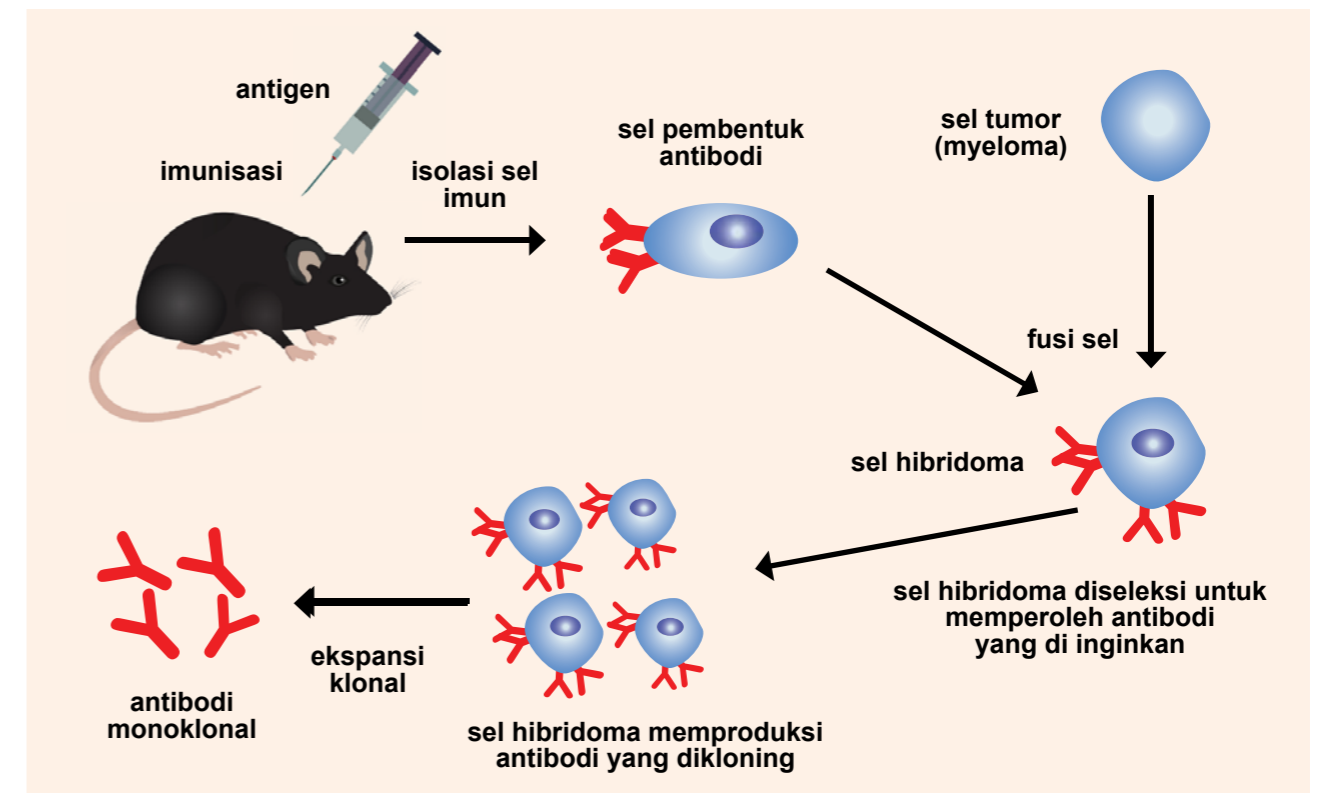
Teknologi Hibridoma adalah proses penyatuan (fusi) dua sel yang berasal dari organisme yang sama atau berbeda sehingga dihasilkan sel hibrid yang mengandung campuran gen dari kedua sel tersebut. Sel ini dikembangkan atau ditumbuhkan sehingga dihasilkan triliunan sel yang mengandung satu sel gen yang komplit dari dua sel asal.

Dalam tubuh manusia terdapat sel yang tugasnya khusus menghasilkan zat tertentu, misalnya hormon atau antibodi. Mekanisme pengaturan dalam tubuh yang terjadi zat-zat tersebut hanya sedikit diproduksi. Bila sel yang dilebur dengan sel kanker yang tidak punya pengendalian normal terhadap pengendalian dan sistem protein maka produksi hormon atau antigen dapat meningkat. Leburan antara sel normal dengan sel kanker ini dikenal dengan **hibridoma**. Salah satu pemanfaatan teknologi hibridoma adalah pembuatan antibodi monoklonal. Antibodi adalah

protein yang dihasilkan oleh sel limfosit B atau sel T yang bertugas melawan setiap benda asing (anti gen) yang masuk kedalam tubuh. Anti bodi tertentu akan melawan antigen tertentu pula. **Antibodi monoklonal** adalah antibodi yang hanya mengenali dan melawan satu jenis antigen. Antibodi monoklonal berasal dari penge-klonan satu sel hibridoma.

Tahapan pembuatan antibodi monoklonal dijelaskan sebagai berikut (lihat **Gambar 15**):

- 1) Hewan dari kelompok Mamalia (misalnya tikus dan kelinci) disuntik dengan antigen (misalnya bibit penyakit pada manusia).
- 2) Sel limfosit B yang mampu menghasilkan antibodi diambil dari hewan tersebut.
- 3) Sel limfosit B disatukan dengan sel mieloma sehingga dihasilkan sel hibridoma.
- 4) Sel hibridoma diklon dan diseleksi untuk memperoleh satu sel hibridoma penghasil antibodi monoklonal.
- 5) Sel hibridoma yang dipilih dikembangkan untuk menghasilkan antibodi monoklonal yang sesuai bagi manusia dan sebagian disimpan untuk dimanfaatkan kembali.



Sumber : Dokumentasi penulis

Gambar 16. Tahapan Pembuatan Antibodi Monoklonal

Antibodi monoklonal antara lain berguna untuk:

- 1) Mendiagnosis jenis penyakit yang diderita pasien;
- 2) meningkatkan ketahanan tubuh terhadap kanker dan penyakit lainnya;
- 3) vaksin hepatitis, sebagai hasil rekayasa genetika;
- 4) pemanfaatan mikroba dalam industri pangan, kimia dan pengolahan limbah/polutan.

b. Rekombinasi DNA

Rekombinasi DNA adalah proses penyambungan dua atau lebih untai DNA yang berbeda sehingga dihasilkan DNA rekombinan. Rekombinasi DNA dapat terjadi secara alami melalui pindah silang, transduksi, dan transformasi. Selain itu rekombinasi DNA dapat diperoleh secara buatan melalui pemotongan dan penyambungan DNA secara *in vitro*. Alasan rekombinasi DNA dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

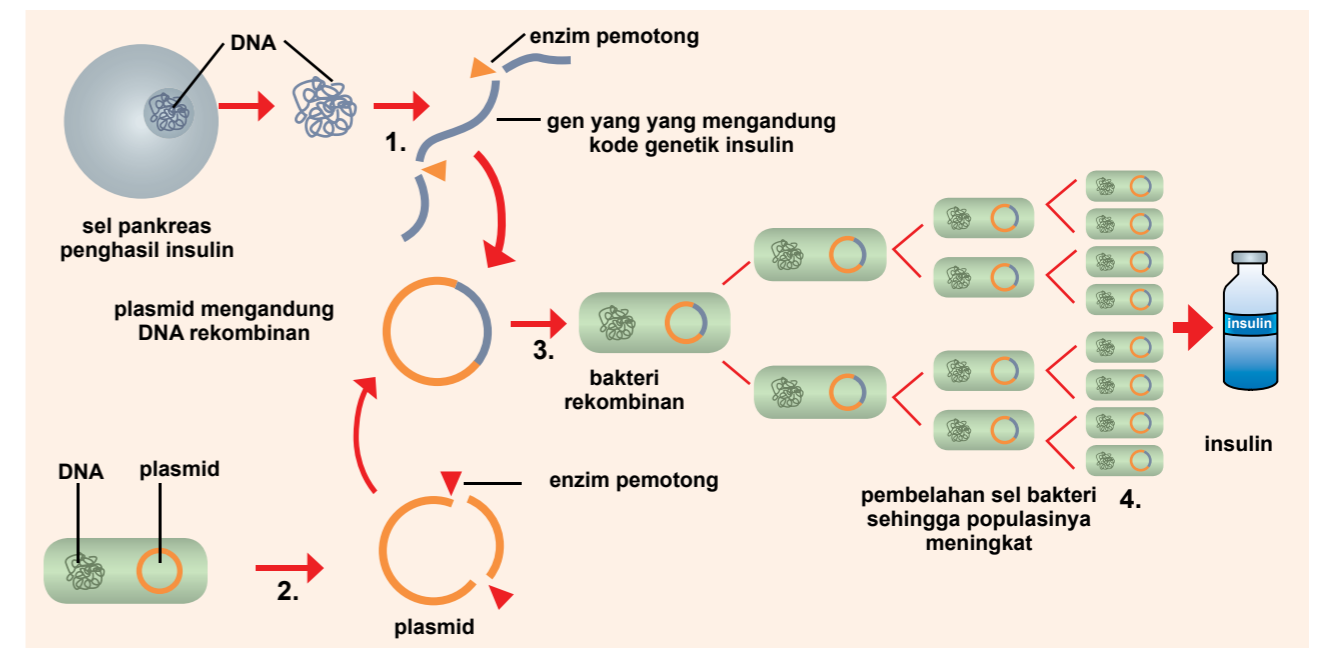
- Struktur DNA semua spesies sama
- DNA dapat dipotong dan disambung dengan bantuan enzim
- Umumnya gen dapat diekspresikan pada sel apapun

Faktor-faktor yang diperlukan untuk melakukan rekombinasi DNA adalah:

- Enzim pemotong DNA (misalnya endonuklease restriksi) dan enzim penyambung DNA (misalnya DNA ligase)
- Vektor pembawa gen sisipan (misalnya plasmid bakteri)
- Sel wadah atau agen sebagai penerima DNA rekombinan

Rekombinasi DNA dapat dilakukan dengan teknologi plasmid. Plasmid diambil dari bakteri kemudian dipotong. Selanjutnya disisipi potongan DNA dari organisme lain yang dikehendaki. DNA rekombinan dimasukkan kembali ke sel bakteri lainnya agar jumlahnya meningkat. Salah satu contoh pemanfaatan rekombinasi DNA melalui teknologi plasmid adalah pembuatan hormon insulin. Tahapan pembuatan hormon insulin adalah sebagai berikut (Perhatikan **Gambar 16**) :

- Mengambil sebuah plasmid bakteri dan DNA yang mengandung gen insulin dari sel pankreas kemudian dipotong dengan enzim endonuklease restriksi.
- Fragmen (potongan) DNA gen insulin disambungkan pada plasmid menggunakan enzim ligase sehingga terbentuk plasmid rekombinan.
- Plasmid rekombinan dimasukkan ke dalam sel bakteri sehingga diperoleh bakteri rekombinan yang mempunyai gen kromosom asli dan juga gen insulin.
- Bakteri rekombinan dikembangkan sehingga diperoleh populasi bakteri yang mampu menghasilkan insulin dalam jumlah banyak.
- Hormon insulin yang dihasilkan oleh bakteri rekombinan dikumpulkan dan disuntikkan pada penderita diabetes melitus yang memerlukan.



Sumber : Dokumentasi penulis

Gambar 17. Tahapan Pembuatan Insulin dengan Teknologi Plasmid



B. Pemanfaatan Rekayasa Genetika

Pemanfaatan teknologi rekayasa genetika antara lain pembuatan organisme transgenik, pembuatan vaksin baru, dan terapi gen.

1. Pembuatan Organisme Transgenik

Organisme transgenik adalah organisme yang mendapatkan gen-gen dari organisme lain, bakteri, atau virus melalui proses **rekombinasi DNA**. Transgenik dimanfaatkan untuk memperoleh organisme dengan sifat unggul atau sesuai dengan sifat yang diinginkan. Tanaman transgenik yang telah dikembangkan diantaranya memiliki sifat tahan hama, mengandung gizi tambahan, tahan pestisida, tahan perubahan cuaca, memiliki variasi bentuk buah, dan mampu menghasilkan cahaya.



Sumber : <http://food.news>

Sumber : <http://infopeluangusaha.org>

Sumber : <https://www.ikons.id>

Gambar 18. Contoh Tanaman Transgenik: (a) Beras Emas, (b) Semangka Kotak, dan (c) Tanaman Bioluminesensi

Hewan transgenik yang telah dikembangkan diantaranya hewan ternak seperti sapi yang memiliki produksi daging dan susu lebih banyak, domba yang menghasilkan rambut (wol) lebih banyak dan rontok dengan sendirinya, dan hewan yang mampu menghasilkan cahaya.



Sumber : <http://kampuspeternakan.blogspot.com>

Sumber : <http://whatisbiotechnology.org>

Gambar 19. Contoh Hewan Transgenik: (a) Sapi Tanpa Rambut dan Menghasilkan Banyak Daging dan (b) Tikus yang Mampu Memancarkan Cahaya

2. Pembuatan Vaksin Baru

Pengembangan vaksin semakin maju dengan adanya rekayasa genetika. Salah satunya adalah **vaksin sub unit**, yaitu vaksin yang terbuat dari bagian tertentu dari organisme yang bersifat **imunogenik** (mampu menimbulkan respon imun pada tubuh).

3. Terapi Gen

Terapi gen adalah usaha perbaikan kelainan genetik dengan memperbaiki susunan basa nitrogen, mengganti gen yang rusak, atau gen mutan yang merugikan dengan memanfaatkan teknik rekombinasi DNA.

C. Dampak Negatif Boteknologi Modern

Pada umumnya, bioteknologi banyak memberikan manfaat bagi kesejahteraan manusia dalam menyediakan kebutuhan hidupnya. Akan tetapi, tidak selamanya hasil bioteknologi selalu menguntungkan. Tahukah Anda di samping memberikan manfaat, bioteknologi ternyata juga memberikan dampak negatif bagi kehidupan umat manusia. Bila dibiarkan, dampak negatif bioteknologi ini bisa saja akan menjadi masalah besar. Beberapa dampak negatif bioteknologi antara lain: menyebabkan gangguan terhadap kelestarian alam, gangguan kesehatan dan bidang lainnya. Setelah mengetahui dampak negatif ini, kita harusnya semakin berhati-hati, baik dalam menerapkan berbagai teknologi tersebut, maupun saat menggunakan produk-produk yang dihasilkannya.

Penugasan 2.1

1. Tugas

Melakukan kajian pustaka mengenai dampak negatif bioteknologi modern bagi kehidupan manusia

Tujuan

2. Peserta didik diharapkan mampu:

- Menjelaskan beberapa dampak negatif bioteknologi modern bagi kehidupan manusia dalam bentuk tulisan dari berbagai sumber.
- Melaporkan hasil kajian pustaka secara tertulis.

3. Media

- Alat tulis
- Kertas
- Buku/ sumber pustaka lain yang mendukung

4. Langkah-langkah

- Lakukan kajian pustaka dari berbagai sumber mengenai dampak negatif bioteknologi modern;
- Carilah sebanyak mungkin tentang dampak negatif dari bioteknologi modern terhadap kelestarian alam, bidang kesehatan, dan bidang lainnya.
- Tuliskan hasil kajian pustaka Anda dan kumpulkan hasilnya pada tutor.

Pertanyaan:

- Apa dampak bioteknologi modern terhadap lingkungan, bidang kesehatan, bidang sosial ekonomi dan dampak lainnya?
- Buatlah laporan hasil kajian pustaka Anda dan kumpulkan sebagai portofolio.

Rangkuman

1. Bioteknologi adalah penerapan prinsip ilmiah dan kerekayasaan dengan memanfaatkan makhluk hidup atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan produk dan jasa serta meningkatkan potensi makhluk hidup.
2. Bioteknologi dibedakan atas bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern
3. Prinsip dasar proses bioteknologi konvensional adalah melibatkan proses fermentasi sedangkan pada bioteknologi modern adalah rekayasa genetika
4. Mikroorganisme yang dikembangkan dalam bioteknologi mampu mengubah bahan mentah menjadi memiliki nilai tambah lebih tinggi.
5. Pemanfaatan mikroorganisme dalam bioteknologi antara lain sebagai penghasil makanan/minuman, mengubah bahan pangan, zat gizi, suplemen, enzim, pembuatan obat-obatan, membasmi hama tanaman, menanggulangi masalah pencemaran, pemisahan bijih logam, energi alternatif, dan jasa bioremediasi.
6. Metode-metode terkini bioteknologi antara lain: kultur jaringan, kloning, teknologi hibridoma, rekombinasi DNA, dan teknik bayi tabung.
7. Kultur jaringan merupakan teknik memperbanyak tanaman secara vegetatif memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan.
8. Kloning adalah teknik memperbanyak individu untuk menghasilkan individu baru yang identik atau memiliki sifat yang sama dengan induknya tanpa melalui perkawinan.
9. Rekayasa genetika adalah usaha memanipulasi sifat makhluk hidup untuk menghasilkan makhluk hidup dengan sifat baru yang diinginkan.
10. Teknologi Hibridoma adalah suatu metode penyatuan (fusi) dua sel yang berasal dari organisme yang sama atau berbeda.
11. Rekombinasi DNA adalah proses penyambungan dua atau lebih untai DNA yang berbeda sehingga dihasilkan DNA rekombinan.
12. Dampak positif bioteknologi, antara lain: menghasilkan pembasmi hama tanaman, menghasilkan tanaman pengikat nitrogen, berperan dalam pengelolaan limbah, pemisahan logam dari bijihnya, dan menghasilkan bayi tabung.
13. Dampak negatif bioteknologi, antara lain: mempengaruhi kelestarian alam, mengancam kesehatan dan bidang sosial ekonomi.

Kata Kunci

• antibiotik	• bioremediasi	• mikroorganisme
• antibodi monoklonal	• DNA rekombinan	• protein sel tunggal
• bioteknologi	• energi alternatif	• rekombinasi DNA
• bioteknologi konvensional	• fermentasi	• rekayasa genetika
• bioteknologi modern	• kloning	• teknik plasmid
• bayi tabung	• kultur jaringan	• transgenik

Latihan Soal

A. Soal Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang tepat!

1. Bioteknologi konvensional berbeda dengan bioteknologi modern. Bioteknologi konvensional
 - a. berkembang sejak ditemukannya DNA
 - b. menerapkan prinsip rekayasa genetika
 - c. menggunakan berbagai teknologi canggih
 - d. memanfaatkan organisme untuk memperbaiki kinerja genetik
 - e. menggunakan secara langsung hasil fermentasi mikroorganisme
2. Pernyataan berikut berhubungan dengan bioteknologi.
 - 1) Menerapkan proses fermentasi
 - 2) Memanfaatkan mikroorganisme secara langsung
 - 3) Menghasilkan organisme dengan sifat baru
 - 4) Memanipulasi susunan gen
 - 5) Memerlukan kondisi sterilPrinsip dalam bioteknologi modern ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1 dan 2
 - b. 2 dan 3
 - c. 2 dan 4
 - d. 2 dan 5
 - e. 3 dan 4
3. Berikut ini yang bukan merupakan alasan pemanfaatan makhluk hidup dalam bioteknologi adalah
 - a. dapat berkembangbiak
 - b. sudah tersedia di alam
 - c. tidak dapat diubah sifatnya
 - d. dapat menghasilkan produk
 - e. sifatnya dapat diwariskan ke keturunannya
4. Salah satu contoh bioteknologi yang dalam prosesnya memerlukan kondisi steril atau bebas kontaminasi mikroorganisme lain adalah
 - a. pembuatan antibiotik
 - b. pembuatan kompos
 - c. pengolahan limbah
 - d. pembuatan etanol
 - e. pembuatan gliserol
5. Pernyataan berikut merupakan penerapan prinsip bioteknologi.
 - 1) Pembuatan alkohol dengan pemanfaatan *Saccharomyces* sp.
 - 2) Pembuatan hormon somatotropin dengan pemanfaatan *E. coli*.
 - 3) Pembuatan nata de coco dengan pemanfaatan *Acetobacter xylinum*
 - 4) Pemisahan logam dari bijihnya dengan pemanfaatan *Thiobacillus ferrooxidans*
 - 5) Pembuatan tanaman anti hama dengan pemanfaatan *E.coli*Produksi yang menerapkan bioteknologi konvensional adalah
 - a. 1, 2, dan 3
 - b. 1, 3, dan 4
 - c. 1, 4, dan 5
 - d. 2, 3, dan 4
 - e. 2, 4, dan 5
6. Berikut ini yang menunjukkan pasangan yang benar antara produk dan mikroorganisme yang digunakan adalah
 - a. tauco – *Aspergillus oryzae*
 - b. kecap – *Rhizopus oligosporus*
 - c. yoghurt – *Acetobacter xylinum*
 - d. keju – *Saccharomyces cerevisiae*
 - e. nata de coco – *Streptococcus griceus*
7. Suatu perkebunan membutuhkan tanaman yang memiliki daya tahan terhadap hama dan penyakit. Bioteknologi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut adalah
 - a. kultur jaringan
 - b. kloning embrio
 - c. teknik hibridoma
 - d. kloning transfer inti
 - e. tanaman transgenik
8. Penggunaan plasmid sering dilakukan pada rekayasa genetika karena
 - a. tidak dapat bereplikasi
 - b. merupakan rangkaian RNA
 - c. terikat pada kromosom inti bakteri
 - d. dapat diturunkan pada sel keturunannya
 - e. tidak dapat ditransformasikan ke sel lain
9. Salah satu temuan penting di bidang kedokteran adalah pembuatan antibodi monoklonal. Terobosan bioteknologi ini didasarkan pada
 - a. kemampuan setiap sel untuk memperbanyak diri
 - b. kemampuan hewan percobaan menghasilkan antibodi
 - c. cepatnya mikroorganisme berkembang biak dalam kelenjar limfa
 - d. teknik rekayasa genetika dengan menyambung gen yang berbeda
 - e. peleburan sel mieloma dan sel limfosit B untuk menghasilkan hibridoma

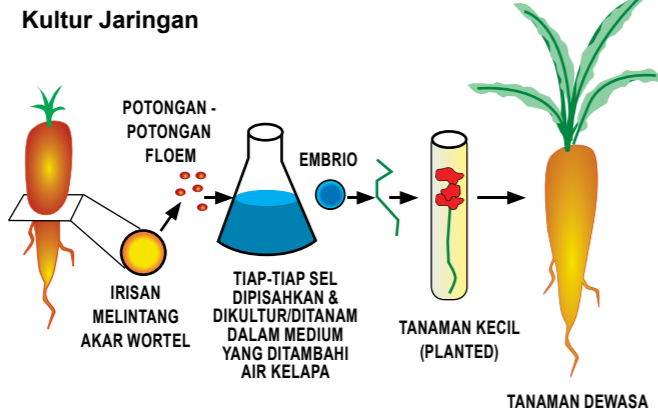
10. Berikut merupakan tahapan proses kloning transfer inti pada domba.

- (1) Morula ditanam ke dalam rahim domba betina
- (2) Inti dari sel somatik donor dimasukkan ke dalam sel telur
- (3) Sel somatik donor diambil inti selnya
- (4) Inti sel telur dirusak dengan sinar ultraviolet
- (5) Sel telur membelah beberapa kali hingga membentuk morula
- (6) Bayi domba siap dilahirkan

Urutan proses kloning domba yang paling benar adalah

- a. (1) – (3) – (2) – (6) – (4) – (5)
- b. (3) – (2) – (4) – (5) – (1) – (6)
- c. (3) – (4) – (2) – (1) – (5) – (6)
- d. (4) – (3) – (2) – (5) – (1) – (6)
- e. (5) – (6) – (1) – (2) – (3) – (4)

11. Berikut ini diagram proses kultur jaringan tanaman wortel!



Potongan-potongan floem wortel dikultur untuk menghasilkan banyak tanaman baru.

Prinsip dasar kultur jaringan tersebut adalah . . .

- a. menyiapkan gen yang telah diisolasi ke dalam sel tanaman
- b. mengkulturkan sel wortel dan mencangkokkan ke tanaman
- c. mengkulturkan eksplan tanaman wortel secara invitro dan aseptis
- d. memfusikan dua protoplasma sel tanaman wortel yang diinginkan
- e. mencangkokkan gen wortel yang diinginkan ke dalam tanaman yang diinginkan

12. Berikut merupakan tahapan proses kultur jaringan pada tumbuhan.

- (1) Eksplan diambil dari jaringan muda
- (2) Eksplan diletakkan pada medium
- (3) Eksplan dicuci dengan alkohol 70%
- (4) Sel-sel kalus dipisahkan dan dikultur
- (5) Planlet ditanam dengan sistem hidroponik
- (6) Pemberian hormon sitokinin pada kultur sel

Urutan proses kultur jaringan yang paling benar adalah

- a. (1) – (2) – (3) – (4) – (5) – (6)
- b. (1) – (3) – (2) – (6) – (4) – (5)
- c. (2) – (1) – (3) – (4) – (5) – (6)
- d. (3) – (2) – (1) – (6) – (4) – (5)
- e. (5) – (1) – (3) – (2) – (6) – (4)

13. Cermatilah tabel berikut.

No	Bahan	Mikroorganisme	Produk
1	Kedelai	Rhizopus sp.	Kecap
2	Kedelai	Aspergillus sp.	Tempe
3	Susu	Streptococcus sp.	Yoghurt
4	Susu	Lactobacillus sp.	Keju
5	Singkong	Saccharomyces sp.	Tapai

Hubungan yang benar antara bahan, mikroorganisme, dan produknya ditunjukkan oleh nomor

- a. 1 dan 2
- b. 1 dan 3
- c. 2 dan 4
- d. 2 dan 5
- e. 3 dan 5

14. Salah satu masalah yang dihadapi para petani adalah serangan hama yang dapat merusak tanaman. Beberapa upaya mengatasi permasalahan tersebut antara lain:

- 1) Menghasilkan senyawa pembasmi hama, misalnya DDT
- 2) Memanfaatkan bakteri *Bacillus thuringiensis* sebagai agen biopestisida
- 3) Menghasilkan varietas tahan hama dan penyakit
- 4) Mengembangkan vaksin untuk melawan jamur dan bakteri

Upaya yang melibatkan bioteknologi untuk mengatasi masalah tersebut adalah . . .

- a. 1 dan 2
- b. 1 dan 3
- c. 1 dan 4
- d. 2 dan 3
- e. 2 dan 4

15. Pasangan tepat antara prinsip dasar bioteknologi dan produk yang dihasilkan ditunjukkan oleh nomor

- a. hibridoma – antibiotik
- b. fermentasi – mikoprotein
- c. fusi sel – tanaman anti hama
- d. kultur jaringan – tomat *falvr savr*
- e. rekombinasi DNA – antibodi monoklonal

16. Para petani menghadapi masalah berupa produksi pertanian yang tidak maksimal. Hal ini disebabkan karena kurangnya bibit unggul dalam jumlah besar. Jenis bioteknologi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah
- hibridoma
 - kultur *in vitro*
 - kultur jaringan
 - rekayasa genetika
 - rekombinasi DNA
17. Salah satu penerapan bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menangani pencemaran adalah
- Vorticella* sp. menguraikan limbah plastik
 - Methanobacterium* sp. menguraikan limbah minyak
 - Methanobacterium* sp. menguraikan logam dari bijihnya
 - Pseudomonas putida* menguraikan tumpahan minyak di laut
 - Thiobacillus ferrooxidans* menguraikan hidrokarbon pada minyak bumi
18. Prinsip dasar pembuatan insulin melalui teknik rekombinasi gen adalah
- menyatukan sel pankreas dengan sel bakteri
 - menggabungkan gen-gen bakteri agar dihasilkan insulin
 - mencangkok gen pengkode insulin ke dalam plasmid bakteri
 - mengisolasi gen insulin agar bekerja lebih baik pada bakteri
 - memotong gen pengkode insulin untuk digabung dengan gen sel tubuh
19. Tanaman transgenik ternyata dapat menimbulkan dampak negatif karena tanaman itu dapat menyebabkan
- ketidakseimbangan ekosistem
 - tanaman lain di sekitarnya mati
 - jumlah hama tanaman meningkat
 - keanekaragaman hayati meningkat
 - sumber plasma nutfah meningkat
20. Pemanfaatan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut.
- Pembuatan antibodi monoklonal
 - Produksi antibiotik dibantu bakteri *Penicillium* sp.
 - Produksi vaksin transgenik menggunakan bakteri patogen
 - Pembuatan PST menggunakan jamur
 - Pembuatan insulin dengan bantuan bakteri *E. coli*
- Pemanfaatan bioteknologi modern dalam bidang kesehatan ditunjukkan oleh nomor
- 1, 2, dan 3
 - 1, 3, dan 5
 - 2, 3, dan
 - 2, 3, dan 5
 - 3, 4, dan 5

B. Soal Uraian

Jawablah pertanyaan berikut dengan tepat!

- Jelaskan perbedaan antara bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern!
- Tuliskan bahan mentah dan jenis mikroorganisme yang digunakan dalam pembuatan:
 - Nata de coco*
 - Yoghurt
 - Kecap
 - Keju
 - Tapai
- Mengapa dalam pembuatan antibiotik memerlukan kondisi steril?
- Bagaimana peranan bioteknologi terhadap permasalahan persediaan bahan bakar fosil yang semakin berkurang?
- Apa yang dimaksud dengan istilah berikut:
 - Rekayasa genetika
 - Tanaman transgenik
 - Hibridoma
 - Kloning
 - Kultur jaringan
- Tuliskan 4 dampak negatif bioteknologi!

KRITERIA PINDAH MODUL

Anda dinyatakan tuntas dan dapat mengikuti modul berikutnya dengan ketentuan telah menyelesaikan tugas-tugas dan latihan soal dalam modul dan nilai hasil belajar mencapai ketuntasan minimal 70. Anda minta tutor untuk menguji pemahaman Anda terhadap modul ini sebelum Anda melanjutkan ke modul berikutnya.

Jika penguasaan materi belum mencapai nilai ketuntasan 70 jangan berkecil hati dan tetap semangat. Ulangi dengan membaca kembali uraian materi dalam modul, kemudian coba lagi untuk mengerjakan soal latihan khususnya pada soal yang Anda rasakan sulit untuk menjawabnya. Anda juga dapat meminta bantuan Tutor untuk membantu Anda.

Penilaian

A. RUBRIK PENUGASAN

1. UNIT. 1

PENUGASAN 1.1

No	Kriteria	Skor dan Deskripsi
1.	Jumlah produk	1. Hanya satu produk bioteknologi yang dilaporkan 2. Hanya dua produk bioteknologi yang dilaporkan 3. Laporan dibuat lengkap 3 produk bioteknologi
2.	Isi Laporan	1. Isi laporan hanya alat, bahan dan langkah pembuatan tidak lengkap 2. Isi laporan alat, bahan tepat tetapi langkah pembuatan tidak 3. Isi laporan Alat, bahan dan langkah pembuatan tepat
3.	Kelengkapan Isi laporan	1. Isi laporan tidak lengkap (seadanya) 2. Isi laporan lengkap tetapi kurang sistematis 3. Isi laporan lengkap dan sistematis.

KRITERIA PENILAIAN

Total Skor	Nilai	Total Skor	Nilai
9	100	5	80
8	95	4	75
7	90	3	70
6	85		

2. UNIT. 1

PENUGASAN 1.2

No	Kriteria	Skor dan Deskripsi
1.	Tingkat fermentasi	1. Fermentasi kurang berhasil 2. Fermentasi produk berhasil tetapi hasilnya kurang baik 3. Fermentasi produk berhasil dengan hasil yang baik
2.	Penyajian/ tampilan produk	1. Penyajian produk kurang higienis dan memiliki tampilan kurang baik 2. Penyajian produk kurang higienis 3. Penyajian produk higienis dan memiliki tampilan yang baik
3.	Pertanyaan	1. Bila menjawab 1 pertanyaan benar 2. Bila menjawab 2 pertanyaan benar 3. Bila menjawab 3 pertanyaan benar

KRITERIA PENILAIAN

Total Skor	Nilai	Total Skor	Nilai
9	100	5	80
8	95	4	75
7	90	3	70
6	85		

UNIT. 2

PENUGASAN 1

Kriteria Penskoran
<ul style="list-style-type: none">• Menuliskan 3 dampak negatif bioteknologi modern (skor 30)• Menuliskan 6 dampak negatif bioteknologi modern (skor 60)• Menuliskan 9 dampak negatif bioteknologi modern (skor 90)• Menuliskan lebih dari 9 dampak negatif bioteknologi modern (untuk dampak ke-10 dan seterusnya memperoleh skor 2 untuk setiap dampak yang dituliskan)
Nilai = Total Skor yang diperoleh

NILAI AKHIR PENUGASAN

Nilai akhir penugasan dapat Anda peroleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Penugasan 1 Unit 7.1} + \text{Nilai Penugasan 2 Unit 7.1} + \text{Nilai Penugasan 1 Unit 7.2}}{3}$$

B. RUBRIK PENILAIAN LATIHAN SOAL

1. PILIHAN GANDA

Setiap soal dengan jawaban yang benar mendapatkan skor 5. Total skor untuk 20 soal dengan jawaban benar adalah 100. Total skor yang diperoleh merupakan nilai untuk latihan soal pilihan ganda.

2. SOAL URAIAN

Total skor untuk 6 soal uraian dengan jawaban benar adalah 100. Total skor yang diperoleh merupakan nilai untuk latihan soal uraian.

No	Skor	Deskripsi
1.	20	Jika menuliskan maksimal 4 perbedaan, maka untuk setiap perbedaan yang tepat memperoleh skor 5
2.	15	Untuk setiap pasangan produk, bahan baku, dan mikroorganisme yang tepat memperoleh skor 3
3.	10	Jika pada jawaban menjelaskan untuk mencegah kontaminasi benda asing atau mikroorganisme yang tidak diinginkan , maka memperoleh skor 10
4.	10	Jika pada jawaban menjelaskan solusi dengan menggunakan bahan bakar alternatif , maka memperoleh skor 5 Jika menjelaskan keunggulan bahan bakar alternatif, maka memperoleh skor 5
5.	25	Untuk definisi setiap istilah yang tepat memperoleh skor 5
6.	20	Untuk setiap dampak negatif yang tepat memperoleh skor 5

3. NILAI AKHIR LATIHAN SOAL

Nilai akhir latihan soal dapat Anda peroleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Latihan Soal Pilihan Ganda} + \text{Nilai Latihan Soal Uraian}}{2}$$

C. NILAI AKHIR MODUL

Nilai akhir modul dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Akhir Penugasan} + \text{Nilai Akhir Latihan Soal}}{2}$$

Bila diperoleh nilai di atas 70, maka Anda dinyatakan lulus dan dapat melanjutkan ke modul berikutnya. Bila Anda memperoleh nilai di bawah 70, maka Anda dinyatakan tidak lulus dan dapat mempelajari modul ini kembali sampai Anda memperoleh skor di atas 70.

Unit 1. Penugasan 1. 1

Memilih **tiga** produk bioteknologi konvensional dan cara membuatnya:

Misal produk yang Anda pilih adalah cara pembuatan: kecap, tapai dan nata de coco.

1. Pembuatan Kecap

Peralatan :

- Kompor
- Panci
- Kain penyaring / screen
- Baskom
- Tampah

Bahan :

- 1 Kg kedelai (kedelai hitam/putih)
- 800 gram garam dilarutkan dengan 4 liter air
- 3 gram jamur tempe
- 1 1/2 liter air bersih
- 6 Kg gula merah
- 2 lembar daun salam
- 1 lembar daun jeruk
- 1 batang serai
- 1 sdt pokak yang telah dihaluskan

Cara membuat:

- a. Siapkan 1 kg kedelai;
- b. Cucilah kedelai sampai bersih.
- c. Rendamlah kedelai selama 1×24 jam. Hal ini bertujuan agar kedelai menjadi lunak dan kulit arinya mudah terlepas.
- d. Rebuslah kedelai hingga mendidih. Hal ini juga bertujuan agar kulit ari kedelai mudah terlepas.
- e. Lalu bilaslah kedelai dengan air bersih dan pastikan semua kulit ari kedelai telah terlepas.
- f. Selanjutnya tiriskanlah di tempat yang lebar hingga kedelai benar-benar dingin. Pastikan kedelai telah benar-benar dingin sempurna agar setiap jamur tempe yang kita tebarkan tidak mati.

- g. Berikutnya taburkan jamur tempe ke kedelai yang sedang ditiriskan sambil diaduk agar jamur tempe tercampur rata ke seluruh kedelai.
- h. Simpanlah kedelai yang telah di campur dengan jamur tempe di ruangan yang bersuhu 25-30 derajat Celcius. Lakukan penyimpanan ini selama 3 – 5 hari
- i. Setelah kedelai yang telah disimpan ditumbuhi jamur tempe, Anda bisa menambahkan larutan garam sebanyak 800 gram yang dicampur dengan 4 liter air bersih. Lalu diamkanlah adonan kecap ini selama 3-4 minggu pada suhu ruangan.
- j. Setelah didiamkan selama 3-4 minggu (maksimal 2 bulan), lalu tuangkanlah air bersih. Rebuslah campuran ini hingga mendidih kemudian saringlah dengan kain penyaring / screen.
- k. Rebuslah kembali hasil saringan adonan kecap tadi kemudian tambahkan bumbu (bahan) dari nomor 5 – 10. Lakukan adukan perlahan agar gula merah mencair dan bahan-bahan lain juga tercampur merata.
- l. Jika ingin membuat kecap manis maka anda membutuhkan 2 kg gula merah untuk setiap liter sari adonan kecap yang direbus kembali pada langkah nomor j. Jadi jika Anda merebus 2 liter sari adonan kecap berarti membutuhkan 4 kg gula merah dan berlaku kelipatannya.
- m. Sedangkan jika ingin membuat kecap asin maka hanya membutuhkan 2,5 ons gula merah untuk setiap liter sari adonan kecap yang direbus kembali. Berlaku untuk kelipatannya.
- n. Proses perebusan adonan kecap dihentikan bila adonan kecap sudah mendidih dan tidak ada buih lagi. Lalu saringlah menggunakan kain saringan.
- o. Kecap pun sudah siap untuk di konsumsi dan di jadikan bumbu penyedap dalam setiap masakan.

2. Pembuatan Tape Singkong

Peralatan:

- Pisau
- Panci untuk mengukus
- Kompor

Bahan:

- 1 kg Singkong.
- 30 Gram / 3 Butir Ragi Tape.
- 50 Gram / 3 Sdm Gula Pasir
- 1 Lembar Daun Pisang.

Cara Membuat

- a. Persiapan Singkong
 - 1) Kupas “Singkong”, lalu cuci dengan cara direndam berkali-kali, lakukan sampai

rendaman bening.

2) Keruk seluruh bagian, lalu potong-potong sesuai selera.

b. Memasak Singkong

1) Siapkan panci, lalu kukus atau rebus "Singkong".

2) Masak hingga matang atau kurang lebih sekitar **30 menit**.

3) Angkat, lalu diamkan seharian sampai dingin.

c. Fermentasi Singkong

1) Siapkan wadah lalu haluskan "Ragi Tape" di dalamnya. Haluskan cukup pakai garpu atau sendok saja.

2) Tambah "Gula Pasir", lalu aduk hingga merata.

d. Siapkan wadah, lalu beri alas "Daun Pisang" yang membungkus. Ambil "Singkong" yang sudah dingin, gulingkan di "Adonan Ragi". Lakukan secara merata.

e. Tutup dengan "Daun Pisang" dan wadah dengan rapat, diamkan setidaknya selama **2 hari**. Setelah itu tape empuk dan manis siap untuk disajikan!

3. Pembuatan *Nata de coco*

Alat dan bahan

- Kompor
- Panci
- Saringan halus
- Pisau
- Baki plastik
- Air kelapa 1 liter
- Bibit *nata de coco* (starter bakteri *Acetobacter xylinum*) 170 mL.
- Asam cuka 15 mL
- Gula pasir 75 gram

Langkah-langkah

- Saringlah air kelapa dan masukkan ke dalam panci kemudian masaklah hingga mendidih;
- Setelah mendidih, masukkan gula pasir 75 gram kemudian tambahkan asam cuka sambil diaduk rata hingga larutan air kelapa memiliki pH asam (pH sekitar 3 – 4);
- Dinginkan kemudian masukkan air kelapa tersebut ke dalam baki plastik (pastikan bahwa kondisi baki plastik bersih dan steril dari bakteri dan jamur);
- Tambahkan starter bakteri *Acetobacter xylinum* kemudian tutuplah baki (misalnya menggunakan serbet yang bersih) dengan rapat dan simpanlah selama 8 – 14 hari;
- Setelah terbentuk padatan putih transparan (*nata de coco*) dengan tebal sekitar 1,5 cm, angkatlah baki dengan hati-hati, buanglah selaput bagian bawah, kemudian cuci. Cairan di bawah lapisan *nata de coco* dapat digunakan untuk bibit pengolahan berikutnya;
- Potong *nata de coco* dalam bentuk dadu;
- Rendam *nata de coco* dengan air bersih selama 2 – 3 hari untuk menghilangkan rasa asam. Gantilah air rendaman setiap hari.

h. Selanjutnya rebus *nata de coco* sebentar selama 10 menit;

i. *Nata de coco* siap dinikmati atau disimpan di kulkas.

Unit 1. Penugasan 1. 2

Jawaban Pertanyaan:

- Ada mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan *nata de coco*.
- Nama mikroorganisme tersebut adalah *Acetobacter xylinum*
- Fermentasi yang terjadi pada pembuatan *nata de coco* adalah fermentasi dengan bahan dasar air kelapa dengan memanfaatkan bakteri *Acetobacter xylinum* menjadi *nata de coco*

Unit 2. Penugasan 1. 1

Dampak Negatif Bioteknologi Modern antara lain:

- Munculnya pencemaran biologis, berupa penyebaran organisme transgenik yang tak terkendali.
- Gangguan keseimbangan ekosistem akibat perubahan dinamika populasi.
- Kerusakan tatanan sosial di masyarakat, ketika kloning pada manusia tidak terkendali.
- Tersingkirnya berbagai plasma nutfah alami/ lokal. Flora dan fauna lokal "terdesak" oleh kehadiran flora dan fauna transgenik.
- Menimbulkan pertentangan berkepanjangan antara tokoh ilmuwan bioteknologi dengan tokoh-tokoh kemanusiaan dan agama.
- Timbulnya reaksi alergi pada manusia yang mengonsumsi produk tanaman/ hewan transgenik
- Munculnya penyakit-penyakit baru dan kerentanan terhadap penyakit akibat pemanfaatan produk-produk tanaman/ hewan transgenik
- Munculnya pencemaran biologis, berupa penyebaran organisme transgenik yang tak terkendali.
- Beberapa produk makanan mempertahankan bahan genetik buatan yang akan menciptakan efek merugikan pada kesehatan
- menyebabkan adanya mutasi pada gen manusia yang dapat terjadi dalam jangka panjang sebagai manfaat biologi di berbagai bidang.
- Kemungkinan terciptanya mikroorganisme patogen baru;
- Kemungkinan terciptanya bahan makanan yang mengandung racun;



Kunci Jawaban Dan Pembahasan

A. Latihan Soal Pilihan Ganda

1. E
Pembahasan: Bioteknologi konvensional sudah ada sejak awal peradaban manusia dengan menggunakan peralatan sederhana. Bioteknologi konvensional memanfaatkan secara langsung hasil yang diproduksi oleh mikroorganisme melalui fermentasi. Bioteknologi konvensional menghasilkan produk yang terbatas dan biasanya kualitas belum terjamin.
2. E
Pembahasan: Nomor 1 dan 2 termasuk prinsip bioteknologi konvensional sedangkan nomor 3, 4, dan 5 termasuk prinsip bioteknologi modern.
3. C
Pembahasan: Kemudahan untuk mengubah sifat makhluk hidup sangat penting dalam bioteknologi, terutama untuk rekayasa genetika dengan mengubah sifat makhluk hidup agar memiliki keunggulan.
4. A
Pembahasan: Antibiotik merupakan obat anti mikroba, khususnya bakteri sehingga dalam pembuatannya butuh kondisi steril untuk mencegah masuknya benda asing atau mikroba lain ke dalam antibiotik yang dibuat.
5. B
Pembahasan: Nomor 2 dan 5 termasuk contoh bioteknologi modern dengan menggunakan teknik rekayasa genetika yang memanfaatkan plasmid E.coli.
6. A
Pembahasan:

No	Produk	Mikroorganisme
1.	Keju	<i>Penicillium roqueforti</i> dan <i>Penicillium camemberti</i>
2.	Yoghurt	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophilus</i>
3.	Kecap	<i>Aspergillus wentii</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. sojae</i> , dan <i>Saccharomyces rouxii</i>
4.	Tauco	<i>Aspergillus oryzae</i>
5.	Nata de coco	<i>Acetobacter xylinum</i>
7. E
Pembahasan: Karena membutuhkan tanaman dengan sifat yang diinginkan, yaitu kebal terhadap hama dan penyakit, maka bioteknologi yang cocok adalah rekayasa genetika dengan menciptakan tanaman transgenik.

8. D
Pembahasan: Plasmid adalah materi genetik (DNA) berbentuk sirkuler pada bakteri dan berperan dalam mengkode sifat tertentu. Plasmid dapat bereplikasi, ditransfer ke bakteri lain, dan dapat diturunkan kepada sel-sel keturunannya sehingga cocok dimanfaatkan dalam rekayasa genetika.
9. E
Pembahasan: Antibodi monoklonal merupakan antibodi yang berasal dari penklonan satu sel hibridoma dan hanya mengenali dan melawan satu jenis antigen. Sel hibridoma tersebut berasal dari penyatuan sel myeloma dan sel limfosit B.
10. D
Pembahasan: Untuk lebih jelasnya, lihat halaman 14-15 tentang kloning transfer inti.
11. C
Pembahasan: Kultur jaringan adalah teknik memperbanyak tanaman secara vegetatif memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan. Eksplan diambil dari jaringan tumbuhan yang masih muda untuk dikultur secara in vitro dan aseptis.
12. B
Pembahasan: Tahapan kultur jaringan adalah mengambil eksplan dari jaringan muda tumbuhan lalu mencucinya dengan alkohol 70% agar steril sebelum dimasukkan ke dalam medium pertumbuhan. Kultur diberikan hormon sitokinin untuk menunjang pertumbuhannya. Eksplan akan tumbuh menjadi kalus lalu sel-sel kalus dipisahkan dan dikultur. Kalus akan berdiferensiasi menjadi planlet lalu menanam planlet secara hidroponik.
13. E
Pembahasan:

No	Produk	Mikroorganisme	Bahan baku
1.	Keju	<i>Penicillium roqueforti</i> dan <i>Penicillium camemberti</i>	Susu
2.	Yoghurt	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophilus</i>	Susu
3.	Kecap	<i>Aspergillus sp.</i>	Kacang kedelai
4.	Tapai	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Beras ketan dan singkong
5.	Tempe	<i>Rhizopus sp.</i>	Kedelai
14. D
Pembahasan: Usaha yang lebih tepat adalah menciptakan tanaman transgenik seperti pada nomor 2 dan nomor 3.

15. B

Pembahasan: Antibiotik dan mikoprotein dibuat dengan prinsip fermentasi. Tanaman antihama dan tomat *falvr savr* dibuat dengan prinsip rekombinasi DNA. Antibodi monoklonal dibuat dengan teknik hibridoma.

16. C

Pembahasan: Masalah yang dihadapi adalah kurangnya bibit unggul dalam jumlah besar. Jadi, solusi yang tepat untuk masalah itu adalah dengan melakukan kultur jaringan karena dapat memperbanyak jumlah bibit unggul dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat

17. D

Pembahasan: *Vorticella* sp. untuk menguraikan limbah organik. *Methanobacterium* sp. untuk menghasilkan gas metana. *Thiobacillus ferrooxidans* untuk memisahkan bijih besi.

18. C

Pembahasan: Dasar pembuatan insulin adalah teknik rekombinasi gen yang dilakukan dengan menyambungkan dua atau lebih untaian DNA yang berbeda, misalnya satu dari gen pengkode insulin dan satunya lagi dari plasmid sehingga dihasilkan DNA rekombinan.

19. A

Pembahasan: Misalnya pada suatu ekosistem kebun yang hanya didominasi tanaman jagung transgenik dengan satu sifat saja, maka tidak ada variasi genetik pada populasi jagung. Jika terdapat tanaman transgenik antihama, hal tersebut dapat mengancam serangga hama bahkan serangga lainnya yang memakan tanaman tersebut dan dapat mengalami penurunan populasi hingga kepunahan. Akhirnya sumber plasma nutfah akan menurun.

20. B

Pembahasan: Pembuatan antibiotik dimanfaatkan di bidang kesehatan tetapi masih menggunakan prinsip bioteknologi modern. Pembuatan PST dimanfaatkan di bidang pangan.

B. Latihan Soal Uraian

1. **Pembahasan:** Bioteknologi konvensional sudah ada sejak awal peradaban manusia dengan menggunakan peralatan sederhana sedangkan bioteknologi modern mulai berkembang sejak ditemukannya DNA dengan menggunakan peralatan modern. Bioteknologi konvensional memanfaatkan secara langsung hasil yang diproduksi oleh mikroorganisme sedangkan bioteknologi modern memanfaatkan mikroorganisme atau bagian-bagian dari mikroorganisme untuk rekayasa genetika. Bioteknologi konvensional menghasilkan produk yang terbatas dan biasanya kualitas belum terjamin sedangkan bioteknologi modern dapat menghasilkan banyak produk dan kualitasnya terjamin.

2. **Pembahasan:**

No	Produk	Mikroorganisme	Bahan baku
1.	Keju	<i>Penicillium roqueforti</i> dan <i>Penicillium camemberti</i>	Susu
2.	Yoghurt	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophilus</i>	Susu
3.	Kecap	<i>Aspergillus wentii</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. sojae</i> , dan <i>Saccharomyces rouxii</i>	Kacang kedelai
4.	Tapai	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Beras ketan dan singkong
5.	Nata de coco	<i>Acetobacter xylinum</i>	Air kelapa

3. **Pembahasan:** Pembuatan antibiotik memerlukan kondisi steril agar hasilnya tidak tercemar oleh benda asing atau mikroorganisme yang tidak diinginkan karena hal tersebut dapat menurunkan kualitas antibiotik.

4. **Pembahasan:** Bioteknologi dapat menjadi solusi bagi permasalahan persediaan bahan bakar fosil yang semakin berkurang dengan cara menciptakan bahan bakar alternatif yang dibuat dengan memanfaatkan prinsip bioteknologi konvensional. Bahan untuk membuat bahan bakar alternatif memanfaatkan bahan organik hingga sampah organik yang ada di lingkungan. Bahan bakar alternatif juga bersifat ramah lingkungan.

5. **Pembahasan:**

- Rekayasa genetika: usaha memanipulasi sifat makhluk hidup untuk menghasilkan makhluk hidup dengan sifat baru yang diinginkan
- Tanaman transgenik: penyatuan (fusi) dua sel yang berasal dari organisme yang sama atau berbeda
- Hibridoma: penyatuan (fusi) dua sel yang berasal dari organisme yang sama atau berbeda
- Kloning: teknik memperbanyak individu untuk menghasilkan individu baru yang identik atau memiliki sifat yang sama dengan induknya tanpa melalui perkawinan
- Kultur jaringan: teknik memperbanyak tanaman secara vegetatif memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan

6. **Pembahasan:** Dampak negatif bioteknologi antara lain terganggunya keseimbangan ekosistem, penyalahgunaan senjata biologis, kemungkinan terciptanya mikroorganisme patogen baru, kemungkinan terciptanya bahan makanan yang mengandung racun, munculnya tanaman gulma, dan penerapan bayi hasil kloning dapat membingungkan status orangtuanya.



Saran Referensi

1. **Video Bioteknologi**
<https://www.youtube.com/watch?v=cLPIdl69opY>
2. **Video Rekayasa Genetika**
<https://www.youtube.com/watch?v=oQkhVrgu9sE>
3. **Video Produksi Antibodi Monoklonal**
<https://www.youtube.com/watch?v=wGuGc3-hTBA>
4. **Video DNA Rekombinan**
<https://www.youtube.com/watch?v=ukAnvFV2xGY>
5. video Pembuatan Nata de coco Dengan by: Arnold Anugrah Panannangan
<https://www.youtube.com/watch?v=RJJQccgaZAQ>
6. Video Tutorial Pembuatan *Acetobacter xylinum* oleh Fuqaan Kurniawan Fuadi
https://www.youtube.com/watch?v=LR_CAs_ruh4



Daftar Pustaka

- Bioteknologi Modern. Diakses 26 Mei 2020 dari <https://www.zenius.net/prologmateri/biologi/a/923/Bioteknologi-Modern>.
- Bioteknologi Modern Pengertian dan Contohnya diakses 26 Mei 2020 dari <https://dosenbiologi.com/bioteknologi/bioteknologi-modern>
- Campbell, N.A., Reece, J.B dan Mitchell. L.G. 2012. *Biologi edisi 8 jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dampak negatif bioteknologi. Diakses 27 Mei 2020 dari <https://www.ebiologi.net/2015/11/8-dampak-negatif-bioteknologi.html>
- Lalu Abd.Rahman. 2019. Dampak Bioteknologi Bagi Kehidupan Manusia. Diakses 26 Mei 2020 dari <https://kerajaanbiologi.com/kloning-inti-dan-kloning-gen>
- Irnaningtyas. 2013. *Biologi untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Irnaningtyas. 2013. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Indrianto, Ari. 2002. *Kultur Jaringan Tumbuhan (Bahan Ajar)*. Yogyakarta: Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada.
- Kara Rogers. 2019. *Biotechnology*. Diakses 26 Mei 2020 dari Encyclopaedia Britannica <https://www.britannica.com/technology/biotechnology>
- Kilgour O.F.G. 1987. *Mastering Biology*. London: Macmillan Education LTD.
- Millican, C & Barker, B. 1997. *GCSE Key Stage 4 Biology*. London: Longman Study Guides.
- Omegawati, Sukoco, dan Rumiati. 2017. *Detik-detik Ujian Nasional Biologi*. Klaten: Intan Pariwara.
- Quamila. 2017. *5 Fakta Seputar Kloning Manusia*. Diakses 26 Desember 2018, dari <https://helohehat.com/hidup-sehat/fakta-unik/5-fakta-seputar-kloning-manusia/>
- Rumah Belajar. 2016. *Kultur Jaringan*. Diakses 6 Agustus 2018, dari <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/sumberbelajar/tampil/Kultur-Jaringan-2016/menu4.html>
- Sulistiyowati, Omegawati, Ningsih, dan Rumiati. 2016. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Klaten: PT. Intan Pariwara

Jackson Ronald S. 2014. *Fermentation*, Diakses 15 Mei 2020 dari <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/fermentation>

Pengertian-manfaat-proses-fermentasi diakses 15 Mei 2020 dari <https://ardra.biz/sain-teknologi/bio-teknologi/pengertian-manfaat-proses-fermentasi/>

Sumber Gambar

<https://aguskrinoblog.wordpress.com/2011/01/11/bioremediasi-lingkungan-berpolutan/>

<http://ariqmuflih.blogspot.com/2016/05/penisilin-alergi-terhadap-penisilin.html>

<http://balithutmakassar.org/perbanyak-tanaman-melalui-kultur-jaringan/>

<http://didik-ali.blogspot.com/2014/02/kultur-jaringan.html>

<https://hellosehat.com/hidup-sehat/kecantikan/vaksin-jerawat-menghilangkan-jerawat/>

<https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Quorn-different-forms.jpg>

<https://infopeluangusaha.org/budidaya-semangka-kotak-yang-bernilai-tinggi/>

<https://jagajarak.jimdo.com/2016/11/23/8-bahan-bakar-alternatif-potensial/>

<https://kampuspeternakan.blogspot.com/2016/05/pembentukan-ternak-transgenik.html>

<https://kimlombokbaratkab.wordpress.com/2014/06/28/program-biogas-rumahan-sudah-merambah-dusun-dusun/>

<https://www.food.news/2018-06-12-gmo-golden-rice-hyped-nutrition-claims-dismantled-by-none-other-than-the-fda.html>

<http://www.generasibiologi.com/2018/04/peranan-spirulina-sebagai-pst-protein.html>

<https://www.vistaeducation.com/news/v/all/eve-manusia-cloning-pertama>

<http://www.whatisbiotechnology.org/index.php/science/summary/transgenic/transgenic-animals-have-genes-from-other-species-inserted>

<https://www.zmescience.com/science/news-science/glowing-plants-042342/>

Glosarium

Alga	: ganggang
Antibiotik	: obat anti mikroba atau infeksi khususnya bakteri
Antibodi monoklonal	: antibodi yang berasal dari penklonan satu sel hibridoma dan hanya mengenali dan melawan satu jenis antigen
Aseptik	: kondisi bebas dari mikroorganisme
Bayi tabung	: kloning embrio pada manusia dengan melakukan pembuahan secara in vitro
Biogas	: gas yang dihasilkan dari proses fermentasi dari bahan-bahan organik
Bioinsektisida	: insektisida yang terbuat dari bahan alami
Biokimia	: cabang ilmu biologi yang mengkaji peranan berbagai molekul dalam reaksi kimia dan proses yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup
Biopestisida	: pestisida yang terbuat dari bahan alami
Bioplastik	: pestisida yang terbuat dari bahan alami
Bioremediasi	: proses pembersihan zat pencemar lingkungan dengan menggunakan mikroorganisme
Bioteknologi	: cabang ilmu biologi yang mengkaji tentang penerapan prinsip ilmiah dan kerakyasaan dengan memanfaatkan makhluk hidup atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan produk dan jasa serta meningkatkan potensi makhluk hidup
Bioteknologi konvensional	: disebut juga bioteknologi tradisional, bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme dan proses biokimia dengan menggunakan peralatan dan metode yang sederhana
DNA rekombinan	: DNA hasil rekombinasi
Diabetes mellitus	: disebut juga penyakit kencing manis, penyakit akibat kondisi kadar gula yang tinggi dalam darah
Diferensiasi	: proses sel-sel muda menjadi sel yang memiliki struktur dan fungsi khusus
Eksplan	: bagian tumbuhan yang dikultur
Embrio	: hasil perkembangan zigot dan sudah mulai terjadi pembentukan organ
Endonuklease restriksi	: enzim yang berperan dalam memotong DNA

Fermentasi	: sebutan lain untuk respirasi anaerob; proses respirasi yang tidak memerlukan oksigen
Fertilisasi	: proses peleburan sel sperma dan sel ovum membentuk zigot
Fusi	: penyatuan
Genetika	: cabang ilmu biologi yang mengkaji tentang pewarisan sifat
Hibridoma	: penyatuan (fusi) dua sel yang berasal dari organisme yang sama atau berbeda sehingga dihasilkan sel hibrid yang mengandung campuran gen dari kedua sel tersebut
Hidroponik	: teknik menanam tanaman tanpa menggunakan media tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman
Imunogenik	: mampu menimbulkan respon imun pada tubuh
<i>In vitro</i>	: kultur yang dilakukan di dalam media kaca:
<i>In vivo</i>	: pembuahan yang terjadi di dalam rahim atau implantasi di dalam rahim
Interferon	: senyawa glikoprotein yang disekresikan dari sel manusia atau hewan Vertebrata untuk melawan infeksi virus
Insulin	: hormon yang dihasilkan pankreas dan berperan dalam menurunkan kadar gula dalam darah
Kalus	: hasil perkembangan eksplan berupa massa sel yang belum terdiferensiasi
Kloning	: teknik memperbanyak individu untuk menghasilkan individu baru yang identik atau memiliki sifat yang sama dengan induknya tanpa melalui perkawinan
Kloning embrio	: teknikkloning dengan menggunakan sel telur yang telah dibuahi dan mengalami proses pembentukan embrio agar diperoleh individu baru dengan sifat yang sama dengan kedua induknya tanpa melalui perkawinan
Kloning transfer inti	: teknik kloning dengan memindahkan inti dari sel donor ke sel lain agar diperoleh individu dengan sifat dan jenis kelamin yang sama dengan induknya
Kultur jaringan	: teknik memperbanyak tanaman secara vegetatif memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan
Ligase	: enzim yang berperan dalam menyambungkan potongan DNA
Limfosit B	: salah satu jenis sel darah putih yang berperan menghasilkan antibodi

Mikrobiologi	: cabang ilmu biologi yang mengkaji mikroorganisme
Mikroorganisme	: makhluk hidup berukuran mikro dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop
Mikropipet	: alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dalam jumlah kecil secara akurat
Morula	: perkembangan zigot menjadi bentuk sel bola yang terus membelah hingga 64 sel
Patogen	: memiliki sifat yang dapat menimbulkan penyakit
Pindah silang	: disebut juga crossing over, peristiwa pertukaran gen-gen pada suatu kromosom dengan gen-gen pada kromosom lainnya
Planlet	: hasil perkembangan sel-sel kalus yang berdiferensiasi membentuk akar, batang, daun, dan tumbuh menjadi tanaman lengkap berukuran kecil
Plasmid	: materi genetik berbentuk sirkuler pada bakteri dan berperan dalam mengkode sifat tertentu
Rekayasa genetika	: usaha memanipulasi sifat makhluk hidup untuk menghasilkan makhluk hidup dengan sifat baru yang diinginkan
Rekombinasi DNA	: proses penyambungan dua atau lebih untai DNA yang berbeda sehingga dihasilkan DNA rekombinan
Somatik	: sel-sel yang membentuk tubuh makhluk hidup
Terapi gen	: usaha perbaikan kelainan genetik dengan memperbaiki susunan basa nitrogen, mengganti gen yang rusak, atau gen mutan yang merugikan dengan memanfaatkan teknik rekombinasi DNA
Totipotensi	: kemampuan setiap sel tumbuhan untuk tumbuh menjadi individu baru dengan sifat yang sama dengan induknya
Transduksi	: proses rekombinasi DNA yang diperantarai oleh virus
Transformasi	: proses rekombinasi DNA secara langsung
Transgenik	: organisme yang mendapatkan gen-gen dari organisme lain, bakteri, atau virus melalui proses rekombinasi DNA
Vaksin	: obat anti infeksi virus, mikroorganisme, atau bagian dari mikroorganisme yang telah dilemahkan
Vektor	: pembawa
Zigot	: sel tunggal hasil penyatuan sel sperma dan sel telur



Profil Penulis



Nama Lengkap : Harianto Baharuddin, S.Pd.
Telp Kantor/HP : 0811489370
E-Mail : antopaudni@gmail.com
Akun Facebook : Harianto
Alamat Kantor : H. Abdul Malik Pattana Endeng, Rangas Kec. Simboro
Kab. Mamuju
Bidang Keahlian : Pendidikan Nonformal

Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Papua (2011-2018)
2. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Sulawesi Barat (2018-Sekarang)
3. Asesor BAN PAUD dan PNF (2016-Sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. S1- Pendidikan Luar Sekolah, Universitas Negeri Makassar (2005-2009)
2. S2 Manajemen Pendidikan, Universitas Cenderawasih (2014-Sekarang)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Modul Keterampilan Pembuatan Furniture Minimalis (2015)
2. Modul Keterampilan 5 Langkah Pembuatan Sabun Mandi Buah Merah (2014)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir) -

Nama Lengkap : Idham Khalik Idrus, S.Pd
Telp Kantor/HP : 085341991776
E-Mail : idham.khalid.idrus@gmail.com
Akun Facebook : Idham Khalik Idrus
Alamat Kantor : Jl. M. Djud P. No. 2
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi



Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Guru Tidak Tetap (GTT)/Honorer di SMAN 1 Majene (2015-sekarang)
2. Praktisi BP PAUD dan Dikmas Sulawesi Barat (2018-2019)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

S1-Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Sulawesi Barat (2009-2015)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir) -

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir) -