

BIOTEKNOLOGI INDUSTRI



Success Fund C

TEMPE POWDER



us and Healthy N



Dr.Ir. Muji Paramuji, M.Sc.
Dr. Ir. Rahmad Setia Budi, M.Sc.
Pandu Prabowo Warsodirejo, S.Pd, M.Pd.

BIOTEKNOLOGI INDUSTRI

BIOTEKNOLOGI INDUSTRI

Dr.Ir. Muji Paramuji, M.Sc.
Dr. Ir. Rahmad Setia Budi, M.Sc.
Pandu Prabowo Warsodirejo, S.Pd, M.Pd.



BIOTEKNOLOGI INDUSTRI

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:

Dr.Ir. Muji Paramuji, M.Sc.
Dr. Ir. Rahmad Setia Budi, M.Sc.
Pandu Prabowo Warsodirejo, S.Pd, M.Pd.

Editor: Rusli

Cetakan Pertama: November 2023

Cover: Tim Penyusun

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2023, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT
Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2023 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I –: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2023
Dimensi : 14,8 x 21 cm

ISBN 978-623-448-713-8

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penyusun ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayahNya penyusun dapat menyelesaikan penyusunan diktat kuliah “BIOTEKNOLOGI INDUSTRI” yang merupakan pengayaan perbendaharaan referensi dalam menunjang pelaksanaan proses belajar mengajar di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara Medan.

Dalam penyusunan ini penyusun banyak menerima bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, yang telah memberikan semangat dan bantuan, baik berupa moril maupun materi. Penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya.

Penyusun menyadari bahwa diktat kuliah ini masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun penyusunannya. Namun penyusun berharap diktat ini bermanfaat bagi kita semua.

Medan, November 2023

Penyusun

Dr.Ir. Muji Paramuji, M.Sc.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II SEJARAH BIOTEKNOLOGI INDUSTRI	7
BAB III SISTEM BIOTEKNOLOGI INDUSTRI.....	12
BAB IV PROSES HULU DALAM BIOTEKNOLOGI INDUSTRI...	14
BAB V PRODUK-PRODUK BIOTEKNOLOGI INDUSTRI	22
BAB VI BIOTEKNOLOGI DALAM INDUSTRI PANGAN	35
BAB VII BIOTEKNOLOGI INDUSTRI PRODUK KESEHATAN...	40
BAB VIII BIOTEKNOLOGI INDUSTRI ENZIM.....	52
BAB IX BIOTEKNOLOGI JENIS LAINNYA	57
DAFTAR PUSTAKA.....	67
PROFIL PENULIS.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

Istilah bioteknologi industri pertama kali dikenal pada awal tahun 1980an ketika rekayasa genetika dikembangkan di bidang perawatan kesehatan dan bioteknologi medik.

Saat ini, bioteknologi industri mewakili bidang akademik, pemerintah dan perusahaan. Bioteknologi Industri mencakup:

- ❖ Biokonversi,
- ❖ Fermentasi mikrobial atau biokatalisis,
- ❖ Ekstraksi bahan organik dari biomass atau turunannya menjadi bahan kimia dan atau energi.

Bioteknologi industri atau *white biotechnology* digunakan untuk membedakan dengan istilah *red biotechnology* (sektor kesehatan), dan *green biotechnology* (*genetically modified crops*).

Bioteknologi Industri merupakan penggunaan sistem biologis untuk produksi bahan kimia, produk dan energi. Teknologi ini didasarkan pada biokatalis (penggunaan enzim untuk mengkatalisis reaksi kimia) dan dalam teknologi fermentasi (penggunaan mikroorganisme secara langsung), atau pun rekayasa genetik.

Istilah *white biotechnology* saat ini sering dikaitkan dengan *green chemistry*. Teknologi ini menggunakan sumber

daya terbarukan (gula, minyak tumbuhan) diubah menjadi substansi kimia seperti :

- Obat-obatan
- Pewarna
- Pelarut
- Bioplastik
- Vitamin
- Food additives
- Bioetanol
- Biodisel
- Dan sebagainya

Implementasi *white biotechnology* akan memberikan keuntungan bagi lingkungan. Teknologi ini akan menghindari pengurasan sumber daya alam dengan menggantikan penggunaan teknologi budidaya pertanian,

Bioteknologi industri adalah aplikasi bioteknologi untuk memenuhi tujuan aktivitas industri, termasuk manufaktur, bioenergi, dan biomaterial. Juga mencakup penggunaan sel dan komponen sel seperti organel dan enzim untuk menghasilkan produk.

Bioteknologi mampu mempengaruhi berbagai industri kimia karena banyak produknya mampu dihasilkan secara efisien dengan bioteknologi. Selain itu, bioteknologi juga menjadikan banyak industri terkait secara signifikan menjadi kurang bergantung pada bahan bakar fosil.

Produksi penisilin dapat menjadi contoh bagaimana bioteknologi tumpang tindih dengan industri lain seperti farmasi.

Berdasarkan klasifikasi yang diberikan *Biotechnology Industry Organization*, terdapat tiga tahap industrialisasi bioteknologi :

- Tahap pertama adalah bioteknologi hijau yang pertama kali berkembang dalam bentuk industri pertanian.
- Tahap kedua yaitu industri farmasi dan bioteknologi kedokteran dan
- Tahap ketiga adalah bioteknologi industri di mana bioteknologi diindustrialisasikan secara besar-besaran di semua sektor industri, terutama di bidang energi (bioenergi) dan bioproses.

Bioteknologi industri sangat terkait dengan perubahan iklim, terutama dalam kemampuannya menggunakan material biologis dalam menangkap karbon di udara selama proses produksi berlangsung dan produksi bioenergi untuk bahan bakar industri.

Bioenergi juga menghasilkan emisi seperti bahan bakar pada umumnya, namun dikategorikan ramah lingkungan karena selama proses produksi berlangsung sejumlah karbon dioksida diserap dari udara.

Bioteknologi industri juga mampu mengurangi penggunaan lahan yang biasanya digunakan untuk menanam bahan pangan. Bioteknologi industri mampu menghasilkan

bahan pangan bernutrisi lengkap di dalam laboratorium menggunakan alga.

Selain itu, aplikasi produk bioteknologi industri juga bisa digunakan di lahan pertanian, misal pupuk hayati untuk diaplikasikan ke tanaman pertanian sehingga produksi bahan pangan meningkat. Bioteknologi industri juga mampu mengurangi persaingan antara kebutuhan bahan bakar dan kebutuhan bahan pangan karena mampu mengolah bahan non-pangan (selulosa) dan lemak nabati non-pangan (minyak jarak, minyak nyamplung) menjadi bahan bakar.

Persaingan ini terutama terjadi pada produksi tebu sebagai bahan baku industri etanol dan gula, dan produksi kelapa sawit untuk industri biodiesel dan minyak goreng.

Bioteknologi industri juga mampu mengolah sampah pertanian menjadi bahan baku industri, bahan siap pakai, dan energi serta menggantikan penggunaan bahan baku industri yang tidak ramah lingkungan, misalnya menggantikan plastik dengan bioplastik.

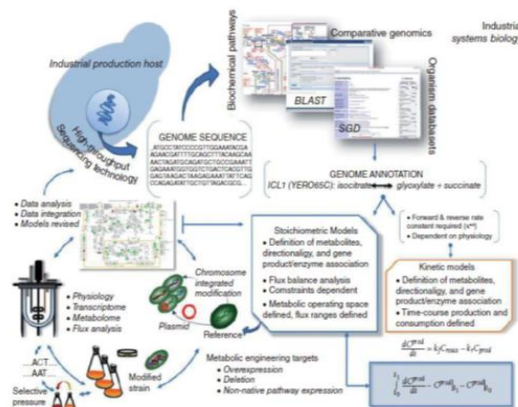
Ranah Bioteknologi Industri :

- Pertanian
- Farmaseutikal
- Health care
- Pangan
- Energi
- Lingkungan
- Bioremedisi

Bioteknologi Industri merupakan aplikasi dari teknologi multi disiplin ilmu pengetahuan :

- Integrasi dari biokhemistri, bioinformatik, genetika molekular, dan proses teknologi
- Pengembangan proses dan produk berdasarkan pada sel-sel mikrobial, binatang dan tumbuhan atau organel atau enzim
- Mikrobial mendapat perhatian utama melalui proses fermentasi
- Pemahaman tentang material genetik menjadi penting dalam pengembangan proses

Bioteknologi industri kini lebih ditekankan pada produk-produk baru, terutama agensi terapi baru atau bahan kimia lainnya seperti asam lemak *poly unsaturated* dan *biopolymers* yang dihasilkan mikroalgae.



Gambar 1. Sistem Biologi Industri

Bioteknologi industri ini tidak berarti bidang baru, dengan proses fermentasi untuk:

1. antibiotik (penisilin produksi oleh *Penicillium chrysogenum*; ukuran pasar tahunan melebihi US \$ 1,5 miliar)
2. vitamin (L-*ascorbic* produksi asam oleh proses *Reichstein* dan biokatalisis oleh *Gluconobacter oxydans*; ukuran pasar tahunan melebihi US \$ 600 juta)
3. asam organik (produksi asam sitrat oleh *Aspergillus sp.*; ukuran pasar tahunan melebihi US \$ 1,5 miliar), dan
4. asam amino (L-glutamate dan produksi L-lysine oleh *Corynebacterium glutamicum*; produksi tahunan melebihi 600 000 ton)

Peningkatan secara signifikan dalam penelitian dasar, pengembangan dan komersialisasi pada skala industri. Beberapa faktor kunci adalah:

1. Ekonomi proses
2. Pengembangan proses bioteknologi
3. Dampak lingkungan
4. Keberlanjutan

BAB II

SEJARAH BIOTEKNOLOGI INDUSTRI

Jauh sebelum "penemuan," mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk melayani kebutuhan dan keinginan manusia, misalnya untuk melestarikan susu, buah-buahan, sayuran, dan untuk meningkatkan kualitas hidup dengan memproduksi minuman, keju, roti, acar makanan, dan cuka. Penggunaan ragi kembali ke zaman kuno.

Fermentasi tertua adalah konversi gula menjadi alkohol oleh ragi digunakan untuk membuat bir di Sumeria and Babel tahun 7000 SM. Tahun 4000 SM, orang Mesir telah menemukan bahwa karbon dioksida yang dihasilkan oleh aktifitas ragi bir dan ragi roti. Masyarakat kuno juga diketahui telah membuat keju dengan cetakan dan bakteri.

Pada 100 SM, Roma Kuno memiliki lebih dari 250 toko roti yang membuat roti beragi. Sebagai metode pengawetan, fermentasi susu asam laktat untuk membuat *yogurt* dan juga diubah menjadi *kefyr* and *koumiss* menggunakan *Kluyveromyces species* di Asia.

Penggunaan cetakan untuk *saccharify rice* pada process koji setidaknya untuk AD 700. Pada abad keempat belas, distilasi beralkohol dari gandum yang difermentasi, untuk *practise thought* berasal dari Cina atau Timur Tengah

Pembuatan Cuka mulai di Orleans, Prancis, pada akhir abad keempat belas dan teknik permulaan yang digunakan dikenal sebagai metode Orleans.

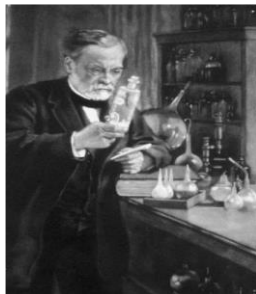
Pada tahun 1877, Moritz Traube melaporkan bahwa

- (i) Bahan protein seperti fermentasi dikatalisasi dan reaksi kimia lainnya dan
- (ii) Bahan tersebut tidak hancur dengan melakukan hal-hal seperti itu. Ini adalah awal dari apa yang disebut enzim hari ini.

Pada 1897 ketika Eduard Buchner menemukan bahwa ekstrak sel ragi, dapat mengkonversi sukrosa menjadi ethanol. Selama Perang Dunia I, kebutuhan untuk gliserol, digunakan untuk memproduksi amunisi, mengakibatkan penerapan ragi untuk mengubah gula menjadi gliserol.

1. Louis Pasteur

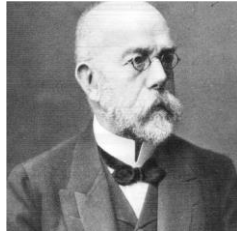
- Pada tahun 1850-an, Pasteur telah mendeteksi dua jenis optik amil alkohol, yaitu, D dan L, tetapi ia tidak dapat memisahkan keduanya.
- Pada tahun 1857, fermentasi yang merupakan proses hidup ragi.
- Pada tahun 1861, Pasteur membuktikan keberadaan mikroba di udara.



Gambar 2. Louis Pasteur

2. Robert Koch

- Pada tahun 1876, ahli mikrobiologi besar Jerman Robert Koch membuktikan bahwa bakteri dari infeksi *anthrax* yang mampu menyebabkan penyakit
- Postulat Koch



Gambar 3. Robert Koch

3. Chaim Weizmann

- Chaim Weizmann di University of Manchester menerapkan bakteri asam butirir selama berabad-abad untuk *retting* dari rami, untuk produksi aseton dan butanol
- Ia menggunakan *Clostridium* untuk menghasilkan aseton dan butanol adalah yang pertama non fermentasi makanan dikembangkan untuk produksi skala besar.



Gambar 4. Chaim Weizmann

4. The Penicillin Story

- Era keemasan antibiotik dimulai dengan penemuan disengaja penisilin oleh Alexander Fleming pada tahun 1929 di Inggris
- Dia juga mengamati bahwa filtrat dari *Stafilokokus lyzedthe* dan non-toxic pada hewan penemuan pentingnya Fleming's adalah bahwa hal itu mengarah pada penisilin, yang pertama sukses agen kemoterapi yang dihasilkan oleh mikroba, sehingga memulai zaman keemasan peran mikroba
- Pada tahun 1940, periode perkembangan yang intens dalam genetika mikroba dimulai
- Studi genetik ini awal sangat terkonsentrasi pada produksi mutan dan studi tentang sifat-sifatnya.
- Pilihan Saring dimulai dengan *Penicillium chrysogenum* NRRL 1951. regangan ini mampu menghasilkan 60 µg/ml.
- Budidaya mutan sektor spontan dan isolasi spora tunggal menyebabkan budidaya lebih produktif dari NRRL 1951. Salah satunya NRRL 1951-1325, yang diproduksi 150 µg/ml.
- Itu berikutnya mengalami perlakuan X-ray oleh *Demerecof Carnegie Institution* di Cold Spring Harbor, New York, dan mutan X-1612 diperoleh. Ini menghasilkan 300 µg/ml.

- Pekerja di University of Wisconsin telah memperoleh mutan-diinduksi ultraviolet dari Demerec's strain. Salah satunya, Q-176, yang menghasilkan 550 µg/ml.
- The "*Wisconsin Family*" strain unggul menjadi terkenal di seluruh dunia, beberapa memproduksi lebih dari 1800 mg/ml
- Pada tahun 1950, disadari bahwa *P. chrysogenum* could menggunakan *acylcompounds* tambahan sebagai sisi rantai precursor (selain *phenylacetic acid* untuk Penisilin G) dan menghasilkan Penisilin baru; penisilin V (*fenoksimetil penisilin*), mencapai sukses.
- Biosintesis penisilin dari prekursor, L-cysteine, L-valine, dan *phenylacetic acid*, aktif diteliti selama tahun 1950, 1960, dan 1970-an.

BAB III

SISTEM BIOTEKNOLOGI INDUSTRI

Industri kimia saat ini berkembang dengan pesat. Namun demikian kebutuhan bahan baku bersaing dengan bahan baku untuk energi dan juga adanya dampak lingkungan yang cukup berat.

Proses-proses bioteknologi diharapkan mampu menghasilkan bahan kimia atau pun energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Salah satu bagian bioteknologi yang diharapkan berperan adalah rekayasa metabolik.

1. Rekayasa Metabolik Mencakup

1. Penyisipan gen penanda aktivitas enzim baru
2. Penghilangan salah satu enzim
3. Penataan ulang sistem enzim

Strategi optimasi rekayasa metabolik menggunakan sistem biologi yang dikenal dengan teknologi “x-ome” misal: *transcriptome*, *proteome*, *metabolome* yang didukung dengan pemodelan matematik.

2. Biokonversi

Biokonversi juga dikenal sebagai biotransformasi yang mewakili penggunaan organisme hidup yang seringkali berupa mikroorganisme dalam reaksi kimia yang lebih bermakna.

Sebagai contoh adalah produksi *cortisone*. Salah satu tahap dalam biokonversi *Progesterone* menjadi *11-alpha-Hydroxy progesterone* oleh *Rhizopus nigricans*. Bioteknologi industri ini tidak berarti bidang baru, dengan proses fermentasi untuk:

1. Antibiotik (penisilin produksi oleh *Penicilliumchrysogenum*; produksi tahunan melebihi US \$ 1,5 miliar),
2. Vitamin (-ascorbic L produksi asam oleh proses Reichstein dan biocatalysisby *Gluconobacteroxydans*; produksi tahunan melebihi US \$ 600 juta),
3. Asam organik (produksi asam sitrat oleh *Aspergillus* sp ; produksi tahunan melebihi US \$ 1,5 miliar), dan
4. Asam amino (L-glutamate dan L-lysine diproduksi oleh *Corynebacterium glutamicum*; produksi tahunan melebihi 600 000 ton).

S. cerevisiae saat ini mewakili inang produksi bioethanol dan telah dikembangkan karakteristik urutan genom *x-omic*. *S. cerevisiae* terdiri dari 6604 total rantai terbuka (4437 terverifikasi; 1343 tidak berkarakter; 834 meragukan). Pengembangan strain secara klasikal didominasi oleh mutagenesis secara acak, kemudian dikembangkan mutagen kimia dan radiasi ke arah genom.

Saat ini terjadi peningkatan secara eksponensial rangkaian genom untuk produksi, biotransformasi, data *x-omic* dan strategi gen target untuk meningkatkan hasil dan produktivitas. Produk yang saat ini dikembangkan adalah produk dengan nilai tambah dan bahan khusus yang sanbat dibutuhkan dan dihasilkan secara bioteknologi.