MODUL BIOINDUSTRI

(IBL 610)

MODUL SESI KE-7

TUGAS TERSTRUKTUR

PRESENTASI PEMANFAATAN MIKROBA DALAM INDUSTRI

DISUSUN OLEH

Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

Universitas Esa Unggul
http://esaunggul.ac.id

TUGAS TERSTRUKTUR

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Mengetahui industri makanan dengan menggunakan mikroba yang ada di Indonesia maupun di dunia.
2. Menjelaskan proyek industri makanan dengan menggunakan mikroba.

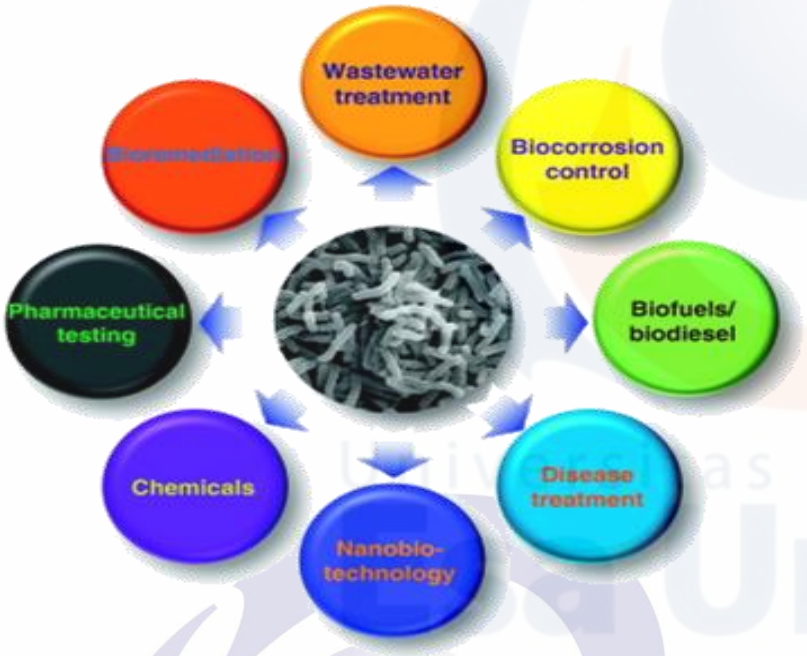
B. Uraian dan Contoh

Pada pertemuan ini, anda akan diminta untuk mempresentasikan industri yang dalam produksinya menggunakan mikroba. Secara spesifik, mikroba yang digunakan adalah khamir dan kapang. Tugas presentasi ini dilakukan secara berkelompok. Silakan dibagi tugas untuk setiap anggota kelompok. Hal-hal yang dibahas dalam presentasi antara lain :

a. Nama produk yang dihasilkan (pangan dan non pangan).
b. Spesies khamir/kapang yang digunakan.
c. Morfologi dan fisiologi spesies khamir atau kapang yang digunakan.
d. Industri sejenis yang ada di Indonesia dan luar negeri.
e. Kelebihan dan kelemahan dari industri ini.

Untuk lebih memudahkan dalam pengerjaannya, di dalam modul sesi ini akan dilakukan penyegaran materi mengenai pemanfaatan mikroba dalam industri.

Pemanfaatan atau eksploitasi mikroba pada berbagai bidang, seperti pada pembuatan obat-obatan, penanganan limbah, riset di bidang obat-obatan, bioremediasi dan lain-lain. Pemanfaatan mikroba pada berbagai bidang ini tentu tidak lepas dari beberapa kelebihan mikroba yang tidak dimiliki oleh organisme lain. Sampai sekarang, pemanfaatan mikroba terus berkembang dalam industri bidang kimia, pangan, tekstil, kertas, pertanian dan lingkungan.



Gambar 2. Pemanfaatan mikroba pada berbagai bidang.

Tabel 1. Beberapa contoh spesies mikroba yang dimanfaatkan untuk menghasilkan beberapa produk.

Industri	Mikroba	Produk
Kimia	*Clostridium*	Isopropanol, aseton, butanol (pelarut)
	Bacillus	As. akrilat (bahan pembuat plastk)
	Bacillus subtilis	Subtilisin (bahan detergen)
	Xanthomonas campestris	Xantan (pengental)
	Methanobacterium	Metan
	Micrococcus luteus	Hidrokarbon (petroleum)
	Magnetospirilium magneticum	Mineral (biomineralisasi)
Pangan	*Acetobacter aceti*	Asam cuka
	Brevibacterium	As. amino (Alanin, triptofan, as.glutamat)
	Propionobacterim	Vitamin (Cyanocobalamin)
	B. amyuloliquifaciens	Enzim (α amilase dan α glukosidase)
Pertanian	*Gibberella fujikuroi*	Hormon tumbuhan (Giberelin)
	Bacillus thuringiensis	Insektisida
	Rhizobium leguminosorum	Biofertilizer
Kesehatan	*Bacillus brevis*	Antibiotik (Gramisidin, Tirosidin)
	Bacillus polimyxa	Antibiotik (Polimiksin B)
	Pseudomonas sp	Dospatin (menurunkan tekanan darah)
Pertambangan	*Thiobacillus ferrooxidans*	Tembaga, uranium, seng, timah hitam, emas, cobalt, nickel
	Leptospirilium ferrooxidans	
Enzim	*Trichoderma viride, Penicillium funiculosum*	Selulase
	Aspergilus ochraceus, B. subtilis	Xylanase
	B. subtilis, B. licheniformis	Protease

Pada tabel di atas terlihat beberapa mikroba yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk di bidang bahan kimia seperti isopropanol, asam akrilat, xantan dan lain-lain. Pada proses untuk menghasilkan produk pangan bisa digunakan *Acetobacter aceti* untuk menghasilkan asam cuka, *Brevibacterium* untuk

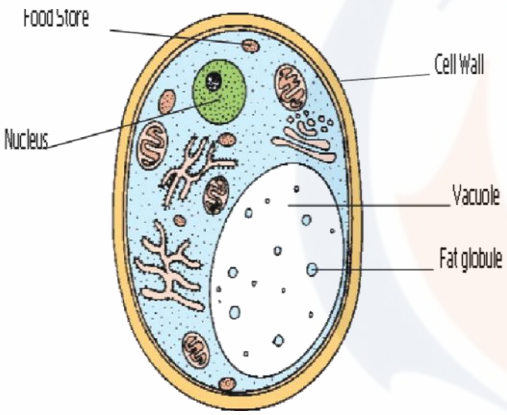
menghasilkan asam amino tertentu, dan lain-lain. Pada bidang pertanian *Bacillus thuringiensis* telah diketahui secara luas dapat dimanfaatkan menjadi insektisida alami. Antibiotik yang sangat diperlukan untuk pengobatan infeksi bakteri dapat dihasilkan oleh *Bacillus brevis, Bacillus previa*, dan lain-lain.

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk bisa memanfaatkan mikroba di industri. Tahapan tersebut adalah:

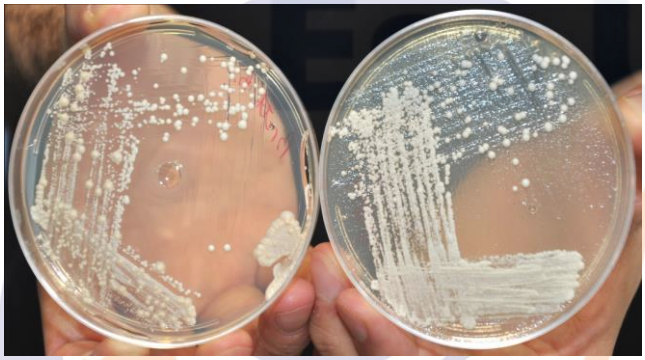
1. Isolasi mikroba.
2. Seleksi mikroba.
3. Karakterisasi dan Identifikasi.
4. Pemeliharaan kultur.
5. Propagasi kultur.
6. Pembuatan starter.
7. Fermentasi.
8. Scale up.
9. Pengembangan mutan jika diperlukan.
10. Aplikasi dalam Industri.

Selain bakteri, jenis mikroba lain yang penting dan banyak digunakan adalah yeast. Organisme ini merupakan makhluk eukariotik bersel tunggal yang termasuk dalam kelompok fungi. Ternyata dalam *yeast* terdapat beragam spesies hingga 1,5 juta spesies yang ada di dalamnya. *Yeast* ini dapat menjadi sumber produksi antibiotik atau juga menghasilkan suatu zat yang dapat membantu menurunkan kadar kolesterol jahat dalam tubuh. Organisme juga diketahui dapat melakukan modifikasi paska translasi. Kelebihan lain dari yeast adalah dapat ditumbuhkan dalam kondisi anaerobik dan aerobik, artinya dapat ditumbuhkan dalam kondisi kaya akan oksigen, maupun tanpa oksigen.

Struktur sel yeast sama dengan sel eukariotik lainnya, seperti memiliki inti sel dan organel, juga ditambah dengan adanya dinding sel di permukaan tubuhnya.



Gambar 7. Struktur sel yeast.



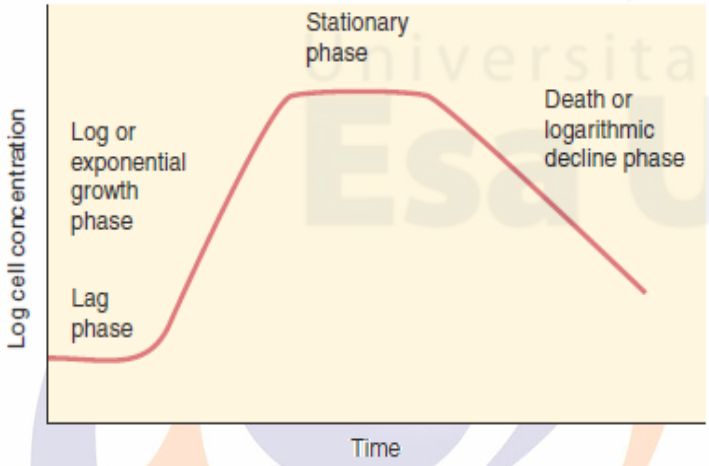
Gambar 8. Yeast yang ditumbuhkan pada media pertumbuhan.

Mikroba memiliki beberapa fase dalam perkembangbiakannya. Cara yang paling mudah dalam melihat fase perkembangbiakan mikroba adalah pada bakteri. Terdapat 4 fase yang bisa diamati, yaitu :

1. **Fase lag (*lag phase*)**, pada fase ini bakteri sedang melakukan penyesuaian dengan medium pertumbuhan, belum banyak pembelahan sel yang terjadi. Meskipun demikian, pada fase ini banyak dilakukan sintesis RNA maupun protein yang diperlukan dalam perkembangbiakannya.
2. **Fase log (*log phase*),** pada fase ini terjadi pembelahan sel yang sangat optimal. Bakteri melakukan banyak perbanyakan diri sehingga seiring dengan perjalanan waktu jumlah bakteri juga semakin banyak. Fase log ini juga dikenal dengan fase eksponensial.
3. **Fase stasioner,** pada fase ini proses perbanyakan bakteri semakin melambat, sehingga jumlah bakteri yang mati dengan yang baru

membelah adalah sama. Hal ini bisa terjadi karena nutrisi pertumbuhan yang semakin sedikit dan juga mulai terbentuknya beberapa hasil metabolisme yang dapat menghambat pembelahan sel.

4. **Fase kematian**, pada fase ini kematian sel bakteri terjadi lebih banyak dibandingkan dengan perkembangbiakan sel baru. Hal ini bisa disebabkan karena semakin terbatasnya nutrisi pertumbuhan atau kondisi lingkungan yang semakin tidak mendukung pertumbuhan bakteri.



Gambar 12. Kurva pertumbuhan bakteri yang terdiri dari fase lag, log, stasioner dan kematian.

Beberapa bidang industri yang menggunakan mikroba dalam produksinya bisa dilihat pada gambar berikut :

Pangan	Kedokteran	Lingkungan
• Fermentasi anggur • Kecap • Keju • Enzim makanan • Asam amino • Vitamin	• Vaksin • Hormon • Antibiotik • Terapi gen	• Bioremediasi • Pengolahan limbah air • *Bioleaching*, pemisahan timah

Gambar 13. Beberapa industri yang menggunakan mikroba dalam produksinya.

Beberapa mikroba ternyata dapat melakukan dapat melakukan fermentasi dalam kehidupannya. Jika terdapat medium dan kondisi yang sesuai, maka mikroorganisme ini dapat melakukan fermentasi. Pada bidang industri, proses ini dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang menguntungkan secara ekonomi. Pada awal perkembangan mikrobiologi industri pun dimulai dengan pemanfaatan mikroba dengan proses fermentasinya untuk menghasilkan produk makanan. Sampai sekarang industri makanan dan minuman dengan proses fermentasi dari mikroba masih banyak dilakukan. Hal ini tidak terlepas dari beberapa keuntungan menggunakan mikroba dalam menghasilkan suatu produk. Selain makanan dan minuman, proses fermentasi juga dapat digunakan untuk produksi beberapa bahan kimia seperti etanol, asam sitrat dan lain, produksi enzim dan bahkan untuk mendegradasi limbah.

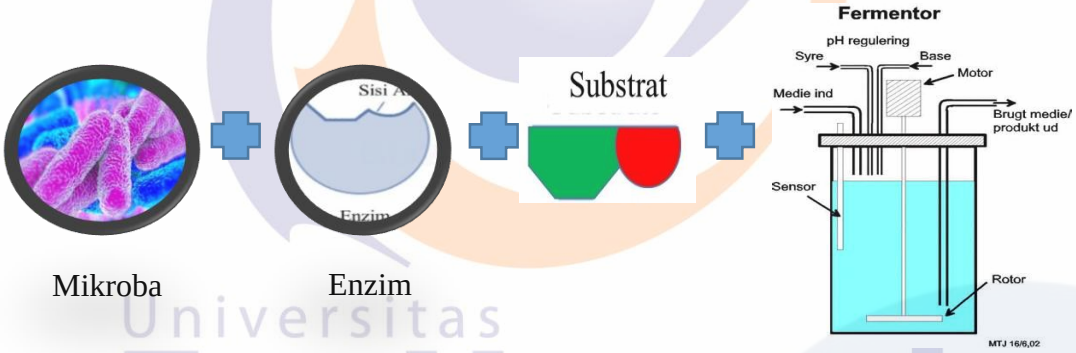
Gambar 1. Asam sitrat dan etanol merupakan produk yang bisa dihasilkan dari proses fermentasi mikroba

Terdapat istilah fermentasi dan teknologi fermentasi. Sepintas terlihat sama saja, tetapi apa sebenarnya definisi dari kedua istilah ini? **Fermentasi** adalah proses deasimilasi anaerobik/aerobik senyawa-senyawa organik yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme atau ekstrak dari sel-sel tersebut. Sedangkan **teknologi fermentasi** adalah upaya manusia untuk mencapai kondisi optimal agar proses fermentasi dapat memperoleh hasil yang maksimal serta sesuai dengan target yang direncanakan secara kualitatif ataupun kuantitatif.

Industri fermentasi sendiri merupakan suatu industri yang menggunakan fermentasi sebagai metode yang digunakan untuk menghasilkan produk yang berguna bagi manusia. Dalam metodenya industri fermentasi ini memanfaatkan mikroba untuk melakukan fermentasi.

Gambar 2. Industri fermentasi memanfaatkan mikroba dalam prosesnya.

Pada proses fermentasi, bahan baku utama yang digunakan adalah : mikroorganisme, enzim, medium/substrat dan fermentor/bioreaktor.



Mikroba Enzim

Gambar 3. Bahan baku untuk proses fermentasi, terdiri dari mikroba, enzim, substrat dan fermentor.

Medium untuk fermentasi dibuat untuk dapat menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba. Nutrisi ini penting untuk energi, pembelahan sel dan biosintesis produk-produk metabolisme. Jenis medium ada 2, yaitu :

a. Medium padat.
b. Medium cair.

Gambar 7. Dua jenis medium yang dapat digunakan untuk menumbuhkan mikroba, yaitu medium padat (kiri) dan medium cair (kanan).

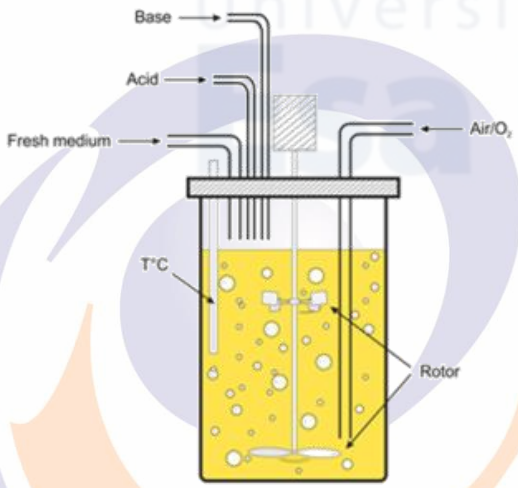
Untuk proses fermentasi, kultur mikroba dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu

1. Kultur permukaan/*surface fermentation*
2. Kultur terendam/*submerged fermentation*
3. Kultur padat/*solid-state fermentation.*

Kultur permukaan/*surface fermentation* dilakukan dengan menanam mikroba pada medium cair atau medium padat yang ditempatkan pada rak aluminium. Kemudian rak ini ditempatkan di ruang fermentasi dengan pengontrolan aliran udara di dalamnya. Metode kultur ini saat ini sangat jarang digunakan di industri dikarenakan tingginya biaya untuk membangun instalasi kultur permukaan, mahalnya biaya personil untuk melakukan kultur ini dan waktu fermentasi yang lama sehingga menyebabkan produktivitasnya rendah.

Kultur terendam/*submerged fermentation* (SmF) merupakan metode fermentasi yang paling sering digunakan pada industri. Pada metode ini kultur mikroba dilakukan pada medium cair yang diletakkan di fermentor. Kelebihan kultur terendam adalah proses fermentasi yang dapat dikontrol dan cepat, tidak memerlukan banyak ruangan, pemurnian produk mudah, biaya pekerja murah dan mudah dijaga dalam kondisi steril. Terdapat 3 jenis kultur terendam ini, yaitu :

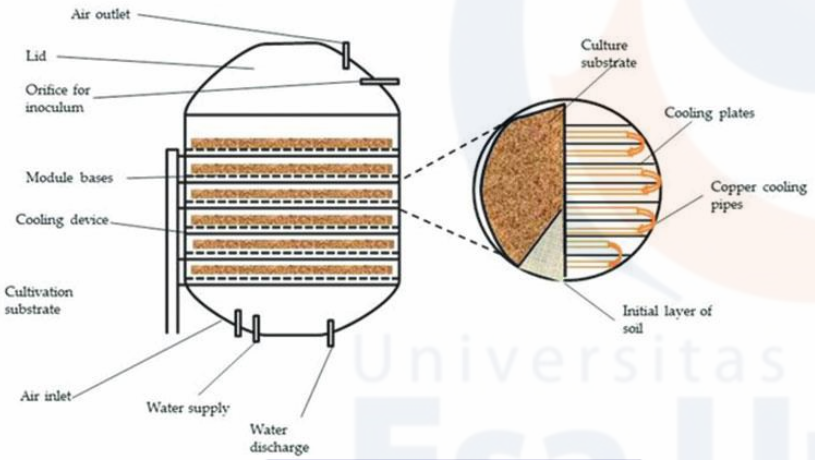
a. *Batch fermentation* : Bioreaktor steril diisi dengan media segar steril lalu diinokulasi dengan inokulum (merupakan sistem tertutup).
b. *Fed-batch fermentation* : pada metode ini, medium steril yang berisi nutrisi akan dimasukkan ke dalam fermentor sesekali seiring dengan pertumbuhan sel, sehingga terjaga tidak sampai pada fase kematian.
c. *Continuous fermentation* : pada metode ini medium steril ditambahkan secara terus menerus secara perlahan-lahan dalam fermentor bersamaan dengan dikeluarkannya medium sisa setelah proses fermentasi.



Gambar 8. Fermentasi dengan metode kultur terendam (submerged fermentation) dilakukan dengan menanam mikroba pada medium cair dengan pasokan oksigen dalam fermentor. (sumber: www.biosciencenotes.com).

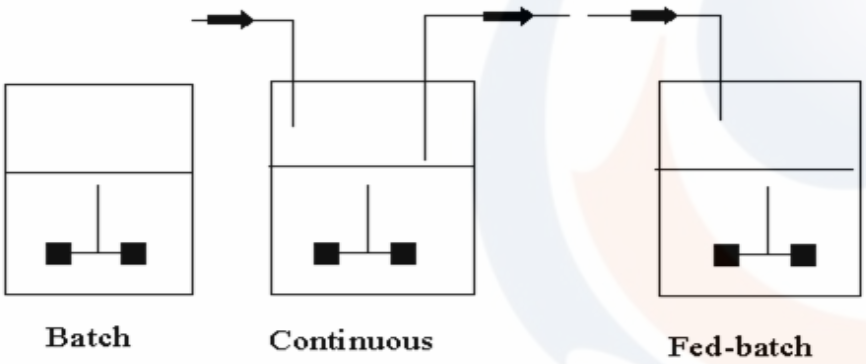
Kultur padat/*solid-state fermentation* (SSF) dilakukan dengan cara melakukan penanaman mikroba pada medium padat. Secara tradisional, metode ini dilakukan untuk menghasilkan makanan yang bergizi bagi masyarakat seperti tempe dan oncom. Secara industri, metode ini dilakukan pada tempat tertentu. Beberapa substrat yang bisa digunakan dalam kultur padat ini antara lain dedak, teh, ampas tebu, serbuk gergaji dan limbah kelapa. Selain makanan, metode fermentasi ini juga dapat digunakan untuk menghasilkan enzim, asam-asam organik, bahan penyedap rasa, untuk bioproses seperti bioremediasi dan bioleaching, serta menjadi metode yang potensial dalam industri obat-obatan, kimia maupun bahan bakar. Kelebihan dari metode kulur padat ini adalah tidak banyak menghasilkan limbah sehingga lebih aman bagi lingkungan, produksinya tinggi,

murah dalam peralatan dan pengoperasiannya dan medium/substrat yang digunakan juga sederhana.



Gambar 9. Skema kultur padat yang bisa digunakan di industri. (sumber: www.microbenotes.com)

Gambar 10. Aplikasi kultur padat untuk menghasilkan enzim makanan pada suatu industri (sumber: www.takabio.com)



Gambar 13. Skema macam-macam fermentor

Fermentasi sendiri merupakan usaha untuk meningkatkan pertumbuhan mikroba fermentatif dibandingkan mikroba proteolitik dan lipolitik sehingga makanan menjadi lebih awet dengan aroma yang lebih baik. Selain itu terdapat beberapa manfaat yang bisa didapatkan dari proses fermentasi pada pangan, antara lain :

1. Makanan akan memiliki nilai gizi yang lebih baik.
2. Makanan mudah dicerna.
3. Makanan akan lebih aman dikonsumsi.
4. Memberikan rasa yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa fermentasi.
5. Menghasilkan senyawa fungsional, yang dapat berpengaruh pada fungsi tubuh manusia.

Beberapa jenis mikroba yang dapat digunakan dalam proses fermentasi ini ada bermacam-macam, yaitu dari **golongan bakteri**, terdapat Bakteri Asam Laktat/BAL (*Pediococcus, Leuconostoc* dan *Lactobacillus*) dan bakteri asam asetat (*Acetobacter, Bacillus sp.*); dari **golongan jamur** terdapat *Amylomyces, Aspergillus, Monascus, Neurospora, Rhizopus, Mucor*; dan dari **golongan yeast** ada *Saccharomyces sp., Candida sp., Endomycopsis sp., Torulopsis sp.*, Berdasarkan mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi, maka makanan dapat digolongkan menjadi :

1. Homofermentasi, yaitu makanan fermentasi dengan 1 jenis mikroba.
2. Heterofermentasi, yaitu makanan fermentasi dengan lebih dari 1 jenis mikroba dari spesies yang berbeda.

3. Homomultifermentasi, yaitu makanan fermentasi dengan lebih dari 1 strain mikroba dari spesies yang sama.
4. Polifermentasi, yaitu makanan fermentasi yang dibuat dari beberapa spesies dan strain mikroba yang berbeda. Praktik ini biasanya didapatkan pada produk makanan fermentasi tradisional.

Khamir (*yeast*) adalah mikroorganisme pertama yang digunakan oleh manusia dalam industri pangan. Dimulai sejak 5000 SM, orang Mesir menggunakan mikroba ini dalam produksi minuman beralkohol melalui proses fermentasi. Spesies yang sering digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang dikenal sebagai *Baker's yeast*.

Beberapa produk hasil dari fermentasi khamir ini antara lain:

- Produk-Produk Fermentasi (keju, yoghurt, acar, sauerkraut, sosis, mentega, kecap, minuman beralkohol dll)
- Pewarna (contoh : angkak, merupakan beras putih yang difermentasikan sehingga berwarna merah)
- Glucose Syrup/ HFS (*High Fructose Syrup*) ➔ menggunakan enzim mikrobial
- Pengental (xanthan gum, alginat dll)
- PST (protein Sel Tunggal) : e.g *S cerevisiae, Candida utilis* dlll

Produk-produk non-pangan yang bisa bisa dihasilkan dari khamir antara lain :

- Asam-asam organik (asam asetat, asam laktat dll).
- Pelarut-pelarut organik (etanol, aseton dll).
- Asam-asam amino, enzim, biosurfaktan.
- Peningkat Cita Rasa (MSG, Ribotide dll).

Untuk enzim amilase dan protease dapat diproduksi melalui teknologi rekayasa genetika, dengan cara memasukkan gen amilase dan kemudian dikultur pada medium dengan substrat.

Gambar 6. Beberapa produk pangan dari khamir, (searah jarum jam) sauerkraut, xanthan gum, keju dan angkak.

C. Latihan

a. Ada berapa macam medium yang bisa digunakan dalam proses fermentasi?
b. Berdasarkan banyaknya jenis mikroba yang diinokulasikan, ada berapa macam bahan pangan fermentatif?
c. Sebutkan produk asam organik dari khamir.

D. Kunci Jawaban

a. Ada 2 macam, yaitu medium cair dan medium padat.
b. Ada 4, homofermentasi, heterofermentasi, homomultifermentasi dan polifermentasi.
c. Contoh asam organik yang dihasilkan dari khamir antara lain asam sitrat, asam asetat dan asam laktat.

E. Daftar Pustaka

1. Hidayat, N., Padaga,M.C. & Suhartini, S. (2011). *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
2. Smith,E.E. (2009). *Biotechnology*. Cambridge. Cambridge University Press.
3. Waites,M.J., Morgan,N.L., Rockey, J.S & Higton, G. (2001). *Industrial Microbiology: An Introduction*. London. Blackwell Science.
4. Catabrana, I, R. Perise, I. Hernandez. 2015. Uses of *Rhyzopus oryzae* in the Kitchen. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2(2): 103-111.
5. Manan, M.A., R. Mohamad, A.Ariff. 2017. The Morphology and Structure of Red Pigment Producing Fungus : *Monascus pupureus*. *J. Microbiol Exp*. 5(1). 00138.
6. Mulyani, S, R.W. Wisma. 2016. Analisis Proksimat dan Sifat Organoleptik ”Oncom Merah Alternatif” dan ”Oncom Hitam Alternatif”. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 1(1). 41-51.
7. Gopinath, S.C.B et al. 2017. Biotechnological Processes in Microbial Amylase Production. *BioMed Research International*.
8. Fungi. https://courseslumenlearning.com.

Universitas Esa Unggul
http://esaunggul.ac.id