MODUL MATA KULIAH

BIOPROSES

(IBK 551)

Disusun Oleh

Ariyo Prabowo Hidayanto, M.Si.

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga *Modul Bioprose*sini dapat hadir ke hadapan pembaca.Modul ini disusun sebagai salah satu referensi ajar mata kuliah yang berisi teori dan konsep disertai dengan latihan dan tugas.

Modul ini diharapkan praktis dan representatif untuk pedoman belajar bagi mahasiswa peserta mata kuliah bioproses. Perbaikan secara terus menerus dilakukan demi kesempurnaan modul ini untuk penyesuaian dengan silabus mata kuliah bioproses.

Semoga modul ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, khususnya mahasiswa Bioteknologi, Universitas Esa Unggul.

Jakarta, 2017

Penyusun

Ariyo Prabowo Hidayanto, M.Si.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI iii
Bab 1 Pendahuluan 1
Bab2Mikroorganisme 7
Bab3Fermentasi 21
Bab4Pengenalan Bioseparasi 30
Bab5Pengantar Proses Industri 36

BAB 1
PENDAHULUAN

A. Pengantar

Mata kuliah Bioproses dimulai dengan pengantar mengenai teknologi bioproses agar mahasiswa dapat memahami definisi, dasar, sejarah, tujuan serta kegunaan dalam mempelajari ilmu ini. Melalui pemahaman ini, diharapkan agar para mahasiswa dapat memahami konsep dasar bioproses serta aplikasinya.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam memahami seluk beluk teknologi bioproses

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan definisi teknologi bioproses
2. Menjelaskan konsep dasar, sejarah teknologi bioproses
3. Menjelaskan tujuan pembelajaran dan pemanfaatan teknologi bioproses

D. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

E. MATERI

Pendahuluan

Teknologi bioproses merupakan teknologi yang berperan sangat vital dewasa ini, khususnya jika diaplikasikan pada industri makanan, kimia, serta farmasi. Secara umum, teknologi bioproses merupakan suatu teknologi yang didasari pada pemanfaatan produk yang dihasilkan dari mikroba, hewan, sel tanaman, serta komponen sel seperti enzim yang bertujuan untuk menghasilkan produk baru yang lebih berfaedah serta mengurangi produk sisa. Penggunaan mikroorganisme untuk mengubah material biologi menjadi produk seperti makanan yang difermentasi sudah dimulai sejak jaman romawi kuno. Sejak saat itu, teknologi bioproses sudah digunakan untuk memproduksi produk komersial dengan skala besar mulai dari industri yang bernilai komersial rendah (industri alkohol dan pelarut organik lain) sampai industri yang bernilai komersial tinggi (produk kimia khusus ; antibiotik, protein terapi, serta vaksin). Pada saat itu, pemanfaatan enzim dan sel hidup untuk memproduksi produk komersial seperti roti dan bir juga sudah dikenal sebagai produk dari teknologi bioproses.

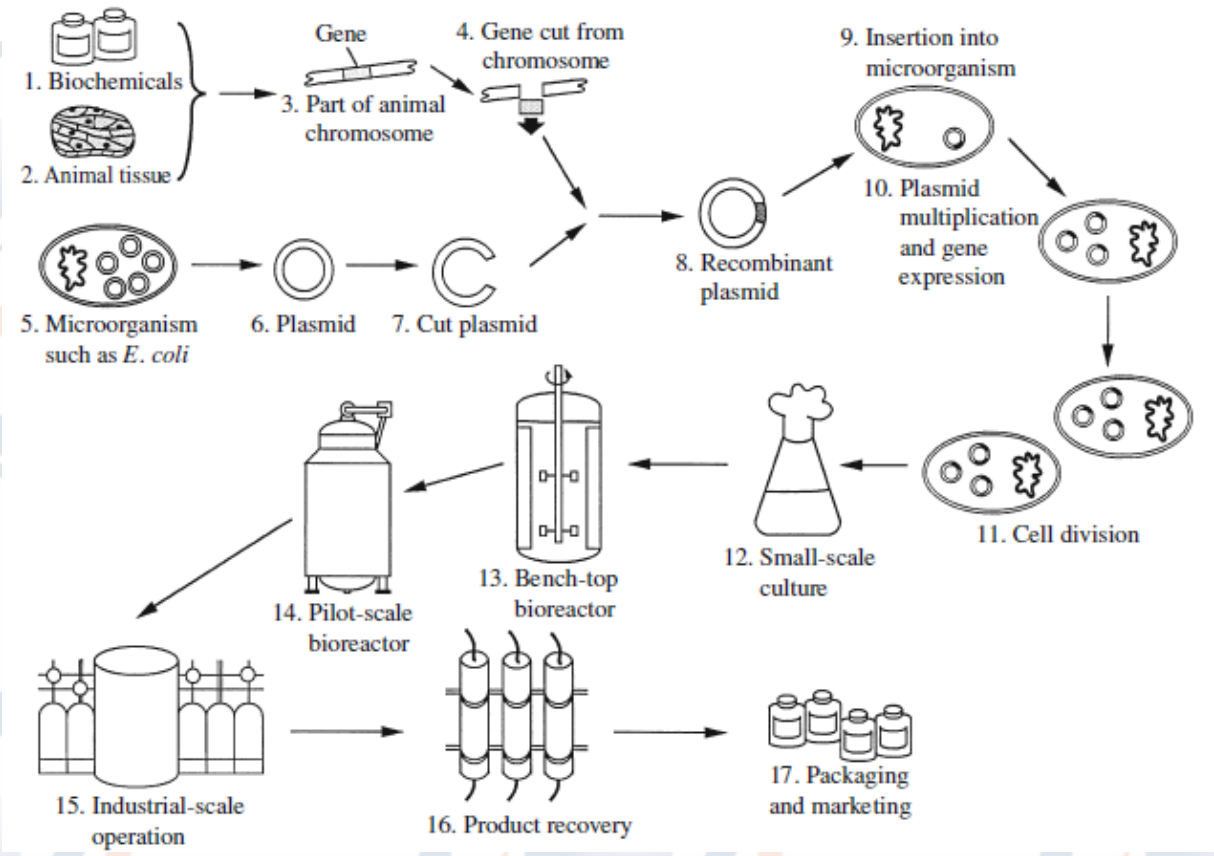
Produk	Mikroorganisme yang digunakan
Biomassa	
• Ragi roti	*Saccharomyces cerevisiae*
• Kultur keju	*Lactococcus spp.*
• Protein sel tunggal	*Candida utilis / Pseudomonas methylotrophus*
• Kultur yogurt	*Streptococcus thermophilus dan Lactobacillus bulgaricus*
Produk organik	
• Aseton / butanol	*Clostridium acetobutylicum*
• Etanol	*Saccharomyces cerevisiae*
• Gliserol	*Saccharomyces cerevisiae*
Asam organik	
• Asam sitrat	*Aspergillus niger*
• Asam glukonik	*Aspergillus niger*
• Asam laktat	*Lactobacillus delbrueckii*
Asam amino	
• L-Arginin	*Brevibacterium flavum*
• L-Asam Glutamat	*Corynebacterium glutamicum*
• L-Lisin	*Brevibacterium flavum*
• L-Fenilalanin	*Corynebacterium glutamicum*
Enzim	

• α-Amilase • Glukoamilase • Glukosa isomerase • Pektinase • Protease • Renin	*Bacillus amyloliquefaciens* *Aspergillus niger* *Bacillus coagulans* *Aspergillus niger* *Bacillus spp.* *Mucor miehei or* ragi rekombinan
Vitamin • Cyanocobalamin (B12) • Riboflavin (B2)	*Propionibacterium shermanii / Pseudomonas denitrificans* *Eremothecium ashbyii*
Antibiotik • Cephalosporin • Penisilin • Ansamisin • Tetrasiklin	*Cephalosporium acremonium* *Penicillium chrysogenum* *Nocardia mediterranei* *Streptomyces aureofaciens*

Tabel 1. Contoh Produk Bioproses

Kemampuan seseorang dalam memanfaatkan kemampuan sel dan enzim sangat berhubungan dengan berbagai disipiln ilmu yang ada seperti biokimia, mikrobiologi, imunologi, serta fisiologi sel. Pengetahuan dalam area tersebut dewasa ini sangat aplikatif terbukti dengan ditemukannya peralatan bioteknologi modern seperti DNA rekombinan, pemeriksaan gen, fusi sel, kultur jaringan. Semua produk tersebut menawarkan kesempatan baru untuk mensintesis produk baru atau meningkatkan metode bioproses. Sebagai hasilnya, industri obat-obatan mutakhir, kultur jaringan dan organ untuk manusia, biochip untuk komputer genersi baru, pestisida yang ramah lingkungan, mikroba pendegradasi dengan kemampuan yang unggul semakin berevolusi dengan pesat di masa mendatang.

Walaupun proses dan produk baru dapat dibentuk dan dibangun dalam laboratorium, pada kenyataannya, menerapkan bioteknologi modern dalam dunia industri membutuhkan skill keteknikan dan pemikiran “bagaimana” yang mendalam. Hal ini disebabkan karena sistem biologi sangat kompleks dan sulit dikontrol, tetapi mereka tetap mematuhi hukum kimia dan fisika sehingga tetap dapat dianalisis secara keteknikan. Dalam hal ini, substansi di bidang teknik (engineering input) sangat penting untuk dipelajari dalam bioproses seperti desain dan operasi bioreaktor, sterilisasi, peralatan untuk pemurnian produk, otomatisasi sistem dan kontrol proses, serta desain pabrik fermentasi yang efisien serta aman. Dibawah ini diilustrasikan pemanfaatan teknologi bioproses pada DNA Rekombinan mulai dari skala laboratorium hingga ke pasaran



Gambar 1. Contoh Pemanfaatan Bioproses

Pendekatan Kuantitatif

Teknologi bioproses merupakan teknologi yang berperan sangat vital dewasa ini. Karakteristik biologi dari sel dan enzim kadang kadang mengharuskan penerapan bioproses, dengan demikian, pengetahuan mengenai sel dan enzim adalah hal yang sangat penting untuk desain keteknikan. Sebagai contoh, kestabilan termal enzim perlu diperhitungkan ketika memilih kondisi operasi seperti suhu reaktor enzim, sensitifitas dari organisme pada inhibisi substrat yang akan menentukan apakah substrat harus dimasukkan dalam fermentor secara bertahap atau secara langsung. Selain itu, proses pemilihan atau manipulasi organisme harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Faktor lain yang harus diperhitungkan adalah kondisi permeabilitas sel dimana kondisi ini dapat membatasi jumlah produk jika organisme yang digunakan sangat rentan untuk bertahan terhadap gaya mekanik pada operasional fermentor. Wilayah lain yang membutuhkan pemahaman serta kerjasama antara ilmuwan di bidang sains dan teknik adalah pembentukan medium. Sebagai contoh, penambahan serum sangat berfaedah bagi pertumbuhan sel hewan, tetapi bisa sangat signifikan mengurangi hasil produk selama pemulihan, bahkan, pada skala besar akan memerlukan sterilisasi dan prosedur penanganan secara khusus.

Semua wilayah perkembangan bioproses yang meliputi bahan baku sel dan enzim yang digunakan, kondisi kultur, peralatan fermentasi, operasi yang digunakan pada pemurnian produk adalah saling berkaitan erat. Adanya perbaikan dalam satu wilayah dapat juga merugikan wilayah yang lain, sehingga perlu adanya sistem terintegrasi pada penggunaan bioproses. Sayangnya, pada praktiknya, mengkombinasikan kemampuan teknik dan biologi tidak selalu dapat dilakukan dikarenakan cara pandang yang berbeda diantara keduanya. Contohnya ilmuwan di bidang biologi memiliki kemampuan eksperimental yang kuat dan bagus dalam pengujian secara kualitatif tetapi kurang dalam kalulasi dan pengujian persamaan matematika. Jika dibandingkan dengan seorang teknik, mereka sangat ideal dalam kalkulasi (desain alat dan proses), metode kuantitatif, aspek fisis serta matematis. Selain itu, seorang teknik cenderung menganggap suatu permasalahan secara garis besar dan pragmatis yaitu pada hasil akhir proses secara kuantitatif, sehingga pada satu sisi memiliki pertentangan dengan seorang biologis yang lebih memandang pada aspek ketelitian, kompleksitas, serta keajaiban (semisal pada fungsi sel dan enzim).

Untuk itu, segala ketidakselarasan antara seorang teknik dengan biologis sudah sepatutnya untuk dihilangkan. Melalui teknologi bioproses, sudah sepatutnya integrasi disiplin antar ilmu lebih ditingkatkan. Bioproses selain mengajarkan aplikasi proses seperti deain komersil, survey pasar, bahkan berkomunikasi dengan para profesional, juga mengajarkan aspek biologi secara fundamental meliputi aspek laboratorium, analisis data, serta desain riset

Oleh karena itu, seiring dengan makin maraknya pemanfaatan aspek biologi, maka makin banyak para ilmuwan yang tertarik untuk berkecimpung dalam bidang teknologi bioproses yang dapat memberikan cakrawala baru pada produksi secara masal. Dengan demikian, menjadi suatu keharusan bagi seorang bioteknologi untuk dapat bekerja dalam multidisiplin antara sains dan teknik.

F. EVALUASI BELAJAR

1. Rangkuman

Teknologi bioproses merupkan teknologi yang berperan sangat vital dewasa ini, khususnya jika diaplikasikan pada industri makanan, kimia, serta farmasi. Secara umum, teknologi bioproses merupakan suatu teknologi yang didasari pada pemanfaatan produk yang dihasilkan dari mikroba, hewan, sel tanaman, serta komponen sel seperti enzim yang bertujuan untuk menghasilkan produk baru yang lebih berfaedah serta mengurangi produk sisa. Teknologi ini sudah dimulai sejak jaman romawi kuno. Sejak saat itu, teknologi ini sudah digunakan untuk memproduksi

produk komersial dengan skala besar mulai dari industri yang bernilai komersial rendah sampai industri yang bernilai komersial tinggi. Bioproses menerapkan konsep bioteknologi modern pada dunia industri yang membutuhkan skill keteknikan serta pemikiran ilmiah “bagaimana” yang mendalam.

2. Latihan

1. Apa yang dimaksud teknologi bioproses ?
2. Mengapa dewasa ini teknologi bioproses makin berkembang pesat ?

3. Tugas

1. Berbagai obat antibiotik, seperti tetrasiklin, ampisilin, dan amoksilin merupakan senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme dengan cara apa ?
2. Produksi dengan bioproses lebih banyak menggunakan apa ?
3. Sebutkan 3 komponen utama dalam pemanfaatan teknologi bioproses !

G. Penilaian Tugas

1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
2) Blog di link ke web hybrid learning.
3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas

H. Daftar Pustaka

Doran, P.M. (2013). *Bioprocess Engineering Principles. 2nd ed*, Elsevier Ltd., Oxford, United Kingdom

BAB 2
MIKROORGANISME

A. Pengantar

Bab ini membahas mengenai syarat syarat mikroorganisme yang digunakan pada teknologi bioproses yang meliputi jenis mikroorganisme fermentasi, pertumbuhan sel, kurva pertumbuhan, kondisi nutrien dan lingkungan, cara mengukur pertumbuhan mikroba, serta mikroba untuk industri fermentasi. Melalui pemahaman ini, diharapkan agar para mahasiswa dapat memahami seluk beluk mikroorganisme yang digunakan pada teknologi bioproses.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman secara komprehensif mengenaimikroorganisme sebagai salah satu komponen terpenting pada teknologi bioproses

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan jenis mikroorganisme, pertumbuhan sel dan kurva tumbuh
2. Menjelaskan kondisi lingkungan dan nutrien agar mikroorganisme dapat tumbuh
3. Menjelaskan konsep sederhana tentang cara mengukur pertumbuhan mikroba dan mikroba untuk industri fermentasi

D. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

E. MATERI

Mikroorganisme Fermentasi

Fermentasi bahan pangan adalah sebagai hasil kegiatan beberapa jenis mikroorganisme baik bakteri, khamir, dan kapang. Mikroorganisme yang memfermentasi bahan pangan dapat menghasilkan perubahan yang menguntungkan (produk-produk fermentasi yang diinginkan) dan perubahan yang merugikan (kerusakan bahan pangan). Dari mikroorganisme yang memfermentasi bahan pangan, yang paling penting adalah bakteri pembentuk asam laktat, asam asetat, dan beberapa jenis khamir penghasil alkohol. Jenis-jenis mikroorganisme yang berperan dalam teknologi fermentasi adalah :

A.Bakteri Asam Laktat

Dari kelompok ini termasuk bakteri yang menghasilkan sejumlah besar asam laktat sebagai hasil akhir dari metabolisme gula (karbohidrat). Asam laktat yang dihasilkan dengan cara tersebut akan menurunkan nilai pH dari lingkungan pertumbuhannya dan menimbulkan rasa asam. Ini juga menghambat pertumbuhan dari beberapa jenis mikroorganisme lainnya. Dua kelompok kecil mikroorganisme dikenal dari kelompok ini yaitu organisme-organisme yang bersifat homofermentatif dan heterofermentatif.

Jenis-jenis homofermentatif yang terpenting hanya menghasilkan asam laktat dari metabolisme gula, sedangkan jenis-jenis heterofermentatif menghasilkan karbondioksida dan sedikit asam-asam volatil lainnya, alkohol, dan ester disamping asam laktat. Beberapa jenis yang penting dalam kelompok ini:

1. *Streptococcus thermophilus, Streptococcus lactis* dan *Streptococcus cremoris*. Semuanya ini adalah bakteri gram positif, berbentuk bulat (coccus) yang terdapat sebagai rantai dan semuanya mempunyai nilai ekonomis penting dalam industri susu

2. *Pediococcus cerevisae*. Bakteri ini adalah gram positif berbentuk bulat, khususnya terdapat berpasangan atau berempat (tetrads). Walaupun jenis ini tercatat sebagai perusak bir dan anggur, bakteri ini berperan penting dalam fermentasi daging dan sayuran

3. *Leuconostoc mesenteroides, Leuconostoc dextranicum*.

Bakteri ini adalah gram positif berbentuk bulat yang terdapat secara berpasangan atau rantai pendek. Bakteri-bakteri ini berperanan dalam perusakan larutan gula dengan produksi pertumbuhan dekstran berlendir. Walaupun demikian, bakteri-bakteri ini merupakan jenis yang penting dalam permulaan fermentasi sayuran dan juga ditemukan dalam sari buah, anggur, dan bahan pangan lainnya

4. *Lactobacillus lactis, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus delbrueckii*.

Organisme-organisme ini adalah bakteri berbentuk batang, gram positif dan sering berbentuk pasangan dan rantai dari sel-selnya. Jenis ini umumnya lebih tahan terhadap

keadaan asam dari pada jenis-jenis Pediococcus atau Streptococcus dan oleh karenanya menjadi lebih banyak terdapat pada tahapan terakhir dari fermentasi tipe asam laktat. Bakteri bakteri ini penting sekali dalam fermentasi susu dan sayuran

B.Bakteri Asam Propionat

Jenis-jenis yang termasuk kelompok ini ditemukan dalam golongan Propionibacterium, berbentuk batang dan merupakan gram positif. Bakteri ini penting dalam fermentasi bahan pangan karena kemampuannya memfermentasi karbohidrat dan juga asam laktat dan menghasilkan asam-asam propionat, asetat, dan karbondioksida. Jenis-jenis ini penting dalam fermentasi keju Swiss.

B.Bakteri Asam Asetat

Bakteri ini berbentuk batang, gram negatif dan ditemukan dalam golongan Acetobacter sebagai contoh *Acetobacter aceti*. Metabolismenya lebih bersifat aerobik (tidak seperti spesies tersebut di atas), tetapi peranannya yang utama dalam fermentasi bahan pangan adalah kemampuannya dalam mengoksidasi alkohol dan karbohidrat lainnya menjadi asam asetat dan dipergunakan dalam pabrik cuka.

C.Khamir

Khamir sejak dulu berperan dalam fermentasi yang bersifat alkohol dimana produk utama dari metabolismenya adalah etanol. *Saccharomyces cerevisiae* adalah jenis yang utama yang berperan dalam produksi minuman beralkohol seperti bir dan anggur dan juga digunakan untuk fermentasi adonan dalam perusahaan roti.

D.Kapang

Kapang jenis-jenis tertentu digunakan dalam persiapan pembuatan beberapa macam keju dan beberapa fermentasi bahan pangan Asia seperti kecap dan tempe. Jenis-jenis yang termasuk golongan Aspergillus, Rhizopus, dan Penicillium sangat penting dalam kegiatan tersebut.

Dalam proses fermentasi, mikroorganisme harus mempunyai tiga karakteristik penting yaitu:

1. Mikroorganisme harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok untuk memperbanyak diri
2. Mikroorganisme harus memiliki kemampuan untuk mengatur ketahanan fisiologi dan memilki enzim-enzim esensial yang mudah dan banyak supaya perubahan-perubahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi
3. Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan harus sesuai supaya produksi maksimum

Berdasarkan sumber mikroorganisme, proses fermentasi dibagi 2 (dua) yaitu:

1. Fermentasi spontan**,** adalah fermentasi bahan pangan dimana dalam pembuatannya tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi, tetapi

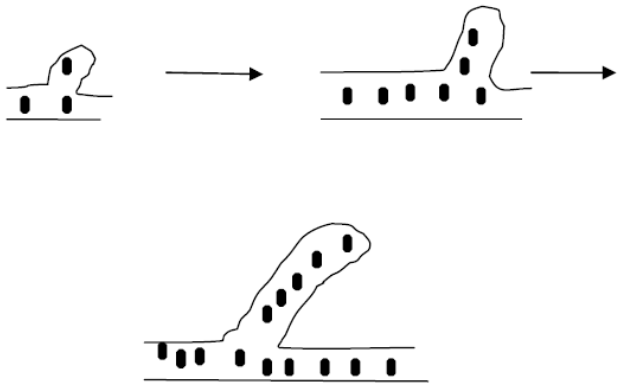
mikroorganisme yang berperan aktif dalam proses fermentasi berkembang baik secara spontan karena lingkungan hidupnya dibuat sesuai untuk pertumbuhannya, dimana aktivitas dan pertumbuhan bakteri asam laktat dirangsang karena adanya garam, contohnya pada pembuatan sayur asin.

2. Fermentasi tidak spontanadalah fermentasi yang terjadi dalam bahan pangan yang dalam pembuatannya ditambahkan mikrorganisme dalam bentuk starter atau ragi, dimana mikroorganisme tersebut akan tumbuh dan berkembangbiak secara aktif merubah bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan, contohnya pada pembuatan tempe dan oncom.

Pertumbuhan Mikroorganisme

Pertumbuhan didefinisikan sebagai pertambahan secara teratur semua komponen didalam sel hidup. Pada organisme multiseluler, pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel per organisme, dimana ukuran sel juga menjadi lebih besar. Pada organisme iniseluler (bersel tunggal) yang disebut pertumbuhan adalah pertambahan jumlah sel, yang berarti juga pertambahan jumlah organisme, misalnya pertumbuhan yang terjadi pada suatu kultur mikroba.

Pada organisme soenositik, selama pertumbuhan ukuran sel menjadi bertambah besar tetapi tidak terjadi pembelahan sel. Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 1. Pertumbuhan Sel Soenositik

Pertumbuhan disebut dalam keadaan keseimbangan jika terjadi secara teratur pada kondisi konstan, sehingga jumlah pertambahan komponen kimia juga konstan. Sebagai contoh, pertambahan jumlah masa sel sebanyak dua kali dalam keadaan keseimbangan akan mengakibatkan penambahan jumlah komponen sel seperti air, protein, RNA, DNA dan sebagainya sebanyak dua kali pula.

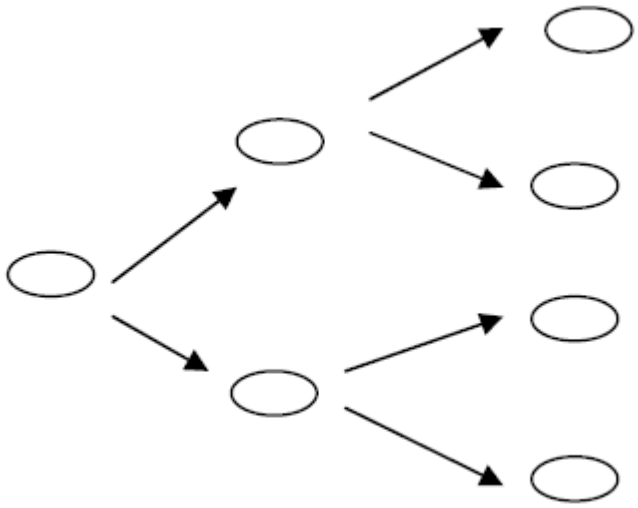
Umur suatu sel ditentukan setelah pembelahan sel selesai, sedangkan umur kultur ditentukan dari waktu atau lamanya inkubasi. Ukuran sel tergantung dari kecepatan pertumbuhan. Semakin baik zat nutrisi didalam substratnya mengakibatkan pertumbuhan sel semakin cepat dan ukuran sel semakin besar.

Bakteri

Bakteri adalah sel prokariotik yang tumbuh dengan cara pembelahan biner, dimana satu sel akan membelah secara simetris menjadi dua sel. Tahap-tahap yang terjadi selama pembelahan adalah sebagai berikut :

(1). Mula-mula terjadi peningkatan jumlah komponen-komponen sel termasuk DNA sehingga ukuran sel juga bertambah besar

(2). Terjadi pembelahan sel yang dimulai dengan pertumbuhan dinding sel, pembentukan spektum dan pemisahan septum, dimana masing-masing anak sel mempunyai setengah dinding sel induknya



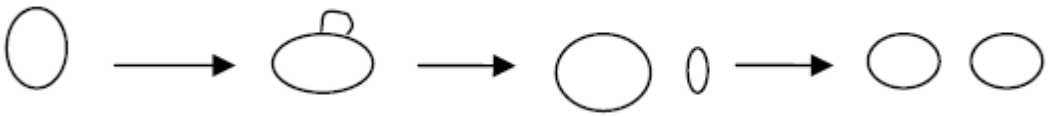
Gambar 2. Pembelahan Biner pada Bakteri

Khamir

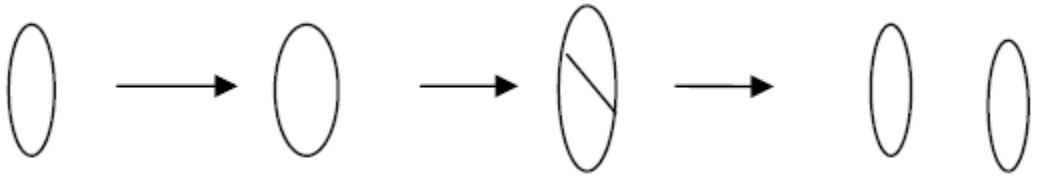
Khamir adalah sel eukariotik yang berbeda dengan kapang dalam beberapa hal yaitu :

(1). Khamir tidak membentuk spora aseksual seperti pada kapang

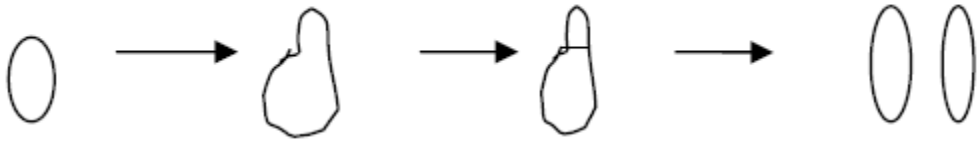
(2). Selama siklus pertumbuhan vegetatif, khamir umumnya terdapat dalam bentuk sel tunggal. Khamir dapat tumbuh dengan cara menbentuk tunas (budding) atau membelah (fission), atau campuran dari pertunasan dan pembelahan (bud-fission). Anak sel yang terbentuk kadang-kadang tidak melepaskan diri dari induknya sehingga membentuk pseudomiselium



Gambar 3. Pertunasan



Gambar 4. Pembelahan

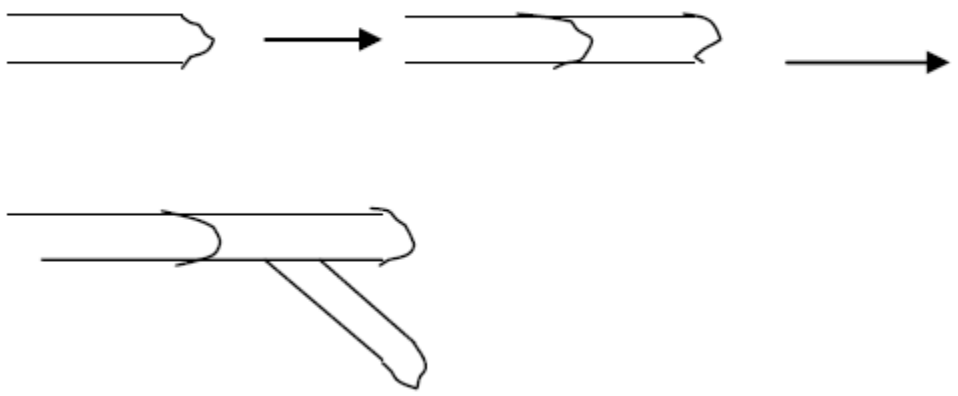


Gambar 5. Pertunasan dan Pembelahan

Kapang

Kapang adalah organisme eukariotik yang tumbuh dengan cara perpanjangan hifa. Hifa yang terbentuk kadang-kadang bersifat multinukleat dengan diameter 2 – 10 µm. Pertumbuhan dengan cara perpanjangan hifa juga terjadi pada beberapa khamir aerobik dan bakteri yang tergolong Actinomycetes seperti Actynomyces, Streptomyces, dan Nocardia. Pada Actynomycetes hifa yang terbentuk mempunyai diameter yang lebih kecil (± 1µm) dengan ukuran yang lebih pendek.

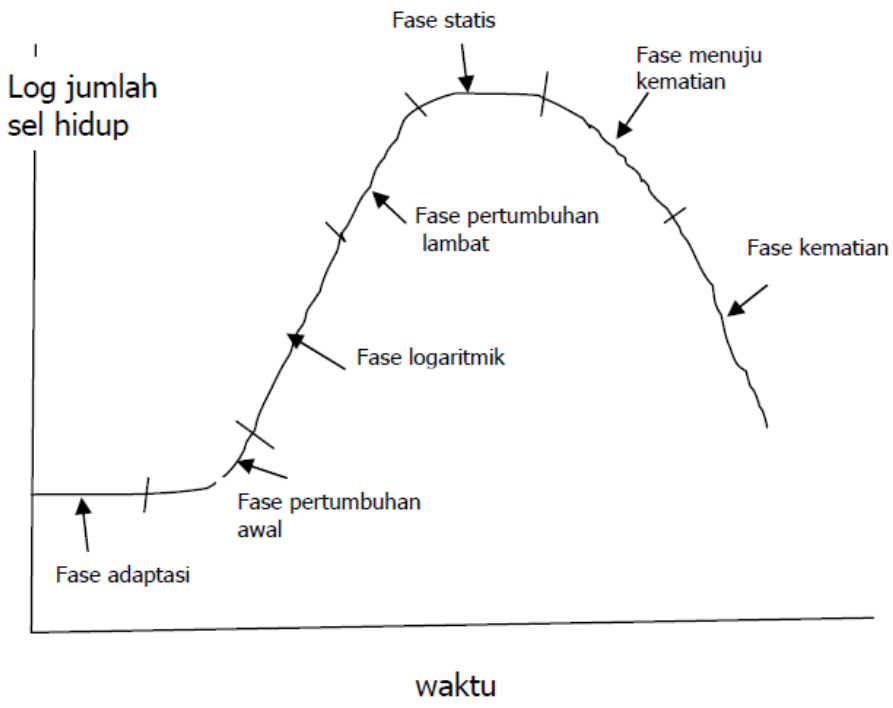
Panjang hifa dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan. Jika tumbuh pada permukaan medium, hifa berukuran sangat panjang, sedangkan jika tumbuh dibawah permukaan (terendam), hifa akan terputus-putus sehingga ukurannya lebih pendek tetapi bercabang-cabang. Semakin cepat pengocokan pada kultur terendam. Semakin pendek hifa yang terbentuk.



Gambar 6. Pertumbuhan Miselium

Kurva Pertumbuhan

Pertumbuhan mikroba didalam suatu kultur mempunyai kurva seperti terlihat pada gambar :



Gambar 7. Kurva Pertumbuhan

Fase Adaptasi

Jika mikroba dipindahkan kedalam suatu medium, mula-mula akan mengalami fase adaptasi untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan disekitarnya. Lamanya fase adaptasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

(1). Medium dan lingkungan pertumbuhan.

Jika medium dan lingkungan pertumbuhan sama seperti medium dan lingkungan sebelumnya, mungkin tidak diperlukan waktu adaptasi. Tetapi jika nutrien yang tersedia dan kondisi lingkungan yang baru berbeda dengan sebelumnya, diperlukan waktu penyesuaian untuk mensintesis enzim-enzim.

(2). Jumlah inokulum.

Jumlah awal sel yang semakin tinggi akan mempercepat fase adaptasi.

Fase adaptasi mungkin berjalan lambat karena beberapa sebab, misalnya :

- Kultur dipindahkan dari medium yang kaya nutrien ke medium yang kandungan nutriennya terbatas
- Mutan yang baru dipindahkan dari fase statis ke medium baru dengan komposisi sama seperti sebelumnya

Fase Pertumbuhan Awal

Setelah mengalami fase adaptasi, mikroba mulai membelah dengan kecepatan yang rendah karena baru mulai menyesuaikan diri.

Fase Pertumbuhan Logaritmik

Pada fase ini mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH dan kandungan nutrien, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Pada fase ini mikroba membutuhkan energi lebih banyak daripada fase lainnya. Pada fase ini kultur paling sensitif terhadap keadaan lingkungan.

Fase Pertumbuhan Lambat.

Pada fase ini pertumbuhan populasi mikroba diperlambat karena beberapa sebab :

(1)Zat-zat nutrisi didalam medium sudah sangat berkurang

(2) Adanya hasil-hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba

Pada fase ini jumlah populasi masih naik karena jumlah sel yang tumbuh masih lebih banyak dari pada jumlah sel yang mati.

Fase Pertumbuhan Tetap (statis).

Pada fase ini jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini menjadi lebih kecil-kecil karena sel tetap membelah meskipun zat-zat nutrisi sudah habis. Karena kekurangan zat nutrisi, sel kemungkinan mempunyai komposisi berbeda dengan sel yang tumbuh pada fase logaritmik. Pada fase ini sel-sel lebih tahan terhadap keadaan ekstrim seperti panas, dingin, radiasi dan bahan-bahan kimia.

Fase Menuju Kematian dan Fase Kematian

Pada fase ini sebagian mikroba mulai mengalami kematiankarena beberapa sebab yaitu :

(1). Nutrien didalam medium sudah habis

(2). Energi cadangan didalam sel habis

Kecepatan kematian tergantung dari kondisi nutrien, lungkungandan jenis mikroba.

Pengaruh Nutrien dan Lingkungan terhadap Kecepatan Pertumbuhan Mikroba.

Perbedaan dalam anatomi mikroba dan mekanisme pertumbuhan menyebabkan perbedaan dalam kecepatan pertumbuhan. Pada umumnya semakin kompleks struktur sel suatu organisme, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk membelah diri atau semakin lama waktu generasinya. Oleh karena itu, bakteri mempunyai waktu generasi yang paling cepat, diikuti oleh khamir dan kapang, sedangkan protozoa mempunyai waktu generasi yang paling lama.

Pengaruh Nutrien

Kecepatan pertumbuhan pada fase logaritmik dipengaruhi oleh tersedianya nutrien didalam medium dan dapat mencapai maksimum. Kecepatan pertumbuhan mempengaruhi ukuran sel dan jumlah asam nukleat di dalam sel. Semakin tinggi kecepatan pertumbuhan semakin besar ukuran sel dan semakin tinggi jumlah asam nukleat di dalam sel. Demikian pula semakin tinggi kecepatan pertumbuhan akan meningkatkan jumlah massa sel dan ribosoma per unit DNA.

Pengaruh Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan pertumbuhan spesifik mikroba dapat digolongkan menjadi :

(1). Psikrofilik

(2). Mesofilik

(3). Thermofilik

Suhu juga mempengaruhi efisiensi konversi substrat (karbonenergi) menjadi massa sel. Pada umumnya yield konversi maksimum terjadi pada suhu yang lebih rendah dari pada suhu dimana kecepatan pertumbuhan maksimum.Hal ini penting dalam proses optimasi dimana diinginkan kecepatan pertumbuhan secara maksimum tetapi bukan yield pertumbuhan maksimum.

Pengaruh Aktifitas Air

Air sangat penting untuk pertumbuhan mikroba karena selain merupakan 80% dari berat sel mikroba, juga karena air berfungsi sebagai reaktan misalnya dalam reaksi hidrolisis, dan sebagai produk misalnya dari reduksi oksigen dalam sistem transpor elektron.

Pengaruh pH

Kebanyakan mikroba dapat tumbuh pada kisaran pH sebesar 3 – 4 unit pH atau pada kisaran 1000 – 10.000 kali konsentrasi ion hidrogen. Kebanyakan bakteri mempunyai pH optimum sekitar pH 6.5 – 7.5. Dibawah 5.0 dan diatas 8.5 bakteri tidak tumbuh dengan baik. Khamir menyukai pH 4 – 5 dan tumbuh pada kisaran pH 2.5 – 8.5. Oleh karena itu untuk menumbuhkan khamir biasanya dilakukan pada pH rendah untuk mencegah kontaminasi bakteri. Kapang mempunyai pH optimum antara 5 dan 7 dan dapat tumbuh pada kisaran pH 3 – 8.5.

Nilai pH untuk pertumbuhan mikroba mempunyai hubungan dengan suhu pertumbuhannya. Jika suhu pertumbuhan naik, pH optimum untuk pertumbuhan juga naik. Dalam fermentasi, kontrol pH penting sekali dilakukan karena pH yang optimum harus dipertahankan selama fermentasi. Perubahan pH dapat terjadi selama fermentasi karena H dilepaskan selama konsumsi NH_4^+ dan dikonsumsi selama metabolisme NO_3^- dan penggunaan asam amino sebagai sumber karbon.

Aerob / Anaerob (Pengaruh adanya Oksigen)

Berdasarkan kebutuhan akan oksigen, mikroba dapat dibedakan yaitu mikroba yang bersifat aerobik (membutuhkan oksigen untuk siklus hidupnya), anaerobik (tak membutuhkan oksigen untuk siklus hidupnya) dan anaerobik fakultatif (memiliki sifat aerob dan anaerob). Kapang dan khamir pada umumnya bersifat aerobik, sedangkan bakteri dapat bersifat aerobik dan anaerobik. Dalam fermentasi menggunakan mikroba aerobik, aerasi selama proses fermentasi sangat berpengaruh terhadap produk akhir yang dihasilkan. Setiap bakteri mempunyai suatu enzim yang tergolong flavoprotein yang dapat bereaksi dengan oksigen membentuk senyawa-senyawa beracun yaitu H_2O_2 dan suatu radikal bebas yaitu O_2^-.

Bakteri yang bersifat aerobik mempunyai enzim-enzim yaitusuperoksida dismutase yang memecah radikal bebas tersebut,dan enzim katalase yang memecah H_2O_2 sehingga menghasilkansenyawa-senyawa akhir yang tidak beracun.

Bakteri yang bersifat anaerobik fakultatif juga mempunyaienzim superoksida dismutase, tetapi tidak mempunyai enzimkatalase, melainkan mempunyai enzim peroksidase yangmengkatalis reaksi antara H_2O_2dengan senyawa organik,menghasilkan senyawa yang tidak beracun.

$$\text{Flavoprotein} + O_2 \longrightarrow H_2O_2 + O_2^-$$

Gambar 8. Produk Flavoprotein

Sedangkan, bakteri yang bersifat anaerobik tidak mempunyai enzimsuperoksida dismutase maupun katalase, oleh karena itu oksigenmerupakan racun bagi bakteri tersebut karena terbentuknya H_2O_2dan O_2^-.

Cara Mengukur Pertumbuhan Mikroba

Dalam fermentasi biasanya perlu dilakukan pengukuran jumlah mikroba untuk mengetahui kecepatan pertumbuhannya. Pengukuran jumlah mikroba dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu secara langsung atau tidak langsung, yang dapat dibedakan atas beberapa kelompok sebagai berikut :

A. Pengukuran jumlah sel, dengan cara :
   1. Perhitungan mikroskopik langsung (Petroff- Hausser, hemasitometer)
   2. Hitungan cawan (menghitung sel yang hidup)
   3. Perhitungan sel secara otomatis (menggunakan coulter counter atau Flow Cytometer)

B. Pengukuran massa sel, dengan cara :
   1. Pengukuran berat sel kering
   2. Kekeruhan
   3. Volume sel yang dipadatkan (PVC = Packed sell volume)

C. Pendugaan massa sel secara tidak langsung
   1. Pengukuran konsumsi nutrien
   2. Pengukuran komponen sel
   3. Pengukuran produk yang terbentuk
   4. Pengukuran panas fermentasi
   5. Perubahan viskositas

Cara pengukuran yang paling sering digunakan untuk mengukur kecepatan pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi adalah pengukuran massa sel, baik secara langsung maupun tidak langsung. Sedangkan pengukuran jumlah sel dengan cara mikroskopik dan hitungan cawan.

Mikroba untuk Industri Fermentasi

Mikroba yang umum digunakan dalam industri fermentasi terutama tergolong dalam bakteri dan fungi tingkat rendah yaitu kapang dan khamir. Selain digunakan dalam industri fermentasi, mikroba juga banyak digunakan untuk tujuan lain, misalnya dalam pengolahan limbah dan pembersihan bahan-bahan beracun, serta fiksasi nitrogen di bidang pertanian. Beberapa contoh penggunaan mikroba untuk industri :

1. Produksi massa sel : protein sel tunggal untuk makanan ternak dan manusia, pertisida (*Bacillus thuringiensis*)

2. Penggunaan bagian-bagian yang penting dari sel : biokatalis (enzim), antigen permukaan, protein lamelar untuk filter membran, polisakharida kapsul (kriptoxantin, xantan, alginat, skleran, kurdlan), pigmen, lipid (untuk biotransformasi lipid)

3. Produksi metabolisme primer : alkohol, asam organik, asam amino, kofaktor, vitamin (B12 dan riboflavin), metana, hidrogen.

4. Produksi metabolisme sekunder : antibiotik, toksin, komponen flavor.

5. Aplikasi aktivitas metabolisme mikroba dalam :

- Pengawetan : keju, yoghurt, saurkraut, pikel, sosis, silase
- Pengolahan : roti, kecap
- Pengolahan limbah dan pembersihan bahan-bahan beracun : penghilangan fosfat, H_2S , hidrokarbon halogenasi
- Pelarutan limbah untuk aplikasi selanjutnya : dekomposisi selulosa dan lignin, pelarutan pati, degradasi khitin, dekomposisi dinding sel khamir
- Modifikasi struktur kimia dengan cara biotransformasi
- Penggunaan mikroba sebagai inang untuk DNA sel lain dalam produksi hormon manusia, antigen virus dan lain-lain

Isolasi Mikroba

Mikroorganisme yang penting dalam industri fermentasi dapat diperoleh dari berbagai sumber dialam. Sebagai contoh, bakteri pembentuk spora yaitu Bacillus dan Clostridium sering ditemukan dari tanah, bakteri asam laktat sering ditemukan pada susu, bakteri asam asetat sering ditemukan pada sari buah, dan sebagainya. Untuk mendapatkan isolat mikroba dari suatu bahan yang mengandung campuran mikroba dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung dari jenis mikroorganismenya.

Beberapa jenis isolasi :

1. Isolasi pada agar cawan

Cara untuk mengisolasi kultur pada agar cawan adalah dengan goresan kuadran. Pada bagian agar tempat dimulainya goresan, populasi mikroba biasanya terlalu pekat sehingga koloni akan berkumpul menjadi satu. Dengan semakin banyaknya goresan atau penyebaran yang dilakukan akan semakin sedikit sel-sel mikroba yang terbawa oleh loop, sehingga setelah inkubasi akan terbentuk koloni-koloni secara terpisah

2. Isolasi dalam medium cair

Cara termudah untuk mengisolasi mikroba dalam medium cair adalah metode pengenceran. Dalam metode ini, inokulum diencerkan didalam medium steril, dan sejumlah tabung yang berisi medium diinokulasi dengan suspensi inokulum dari masing- masing pengenceran

3. Isolasi Sel tunggal

Untuk mengisolasi sel mikroba yang ukurannya besar dan tidak dapat diisolasi dengan metode agar cawan atau pengenceran, ada suatu cara isolasi yang disebut isolasi sel tunggal.Sel mikroba yang dapat dilihat dengan pembesaran 100 kali atau kurang, setiap selnya dapat dipisahkan dan diambil menggunakan pipet kapiler yang sangat halus, kemudian dicuci beberapa kali didalam medium steril yang jumlah relatif besar untuk menghilangkan mikroba kontaminan yang ukurannya lebih kecil.

F. EVALUASI BELAJAR

1. Rangkuman

Mikroorganisme yang memfermentasi bahan pangan dapat menghasilkan perubahan yang menguntungkan (produk-produk fermentasi yang diinginkan) dan perubahan yang merugikan (kerusakan bahan pangan). Dari mikroorganisme yang memfermentasi bahan pangan, yang paling penting adalah bakteri pembentuk asam laktat, asam asetat, dan beberapa jenis khamir penghasil alkohol. Dalam proses fermentasi, mikroorganisme harus mempunyai tiga karakteristik penting yaitu:

1. Mikroorganisme harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok untuk memperbanyak diri
2. Mikroorganisme harus memiliki kemampuan untuk mengatur ketahanan fisiologi dan memilki enzim-enzim esensial yang mudah dan banyak supaya perubahan-perubahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi
3. Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan harus sesuai supaya produksi maksimum

Kurva pertumbuhan bakteri memiliki beberapa fase yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan awal, fase pertumbuhan logaritmik, fase pertumbuhan lambat, fase pertumbuhan tetap (statis), fase menuju kematian dan fase kematian. Selain itu, mikroorganisme sangat bergantung pada beberapa parameter seperti nutrien, suhu, aktifitas air,pH, kehadiran Oksigen.

2. Latihan

1. Bagaimana cara mengukur pertumbuhan suatu mikroba ?
2. Pada pH dengan range berapakah umumnya mikroba dapat tumbuh ?

3. Tugas

1. Apa yang dimaksud dengan flavoprotein ?
2. Gambarkan kurva tumbuh spesies Chlorella yang termasuk dalam alga hijau ! Jelaskan

3. Mengapa fermentasi harus dikondisikan pada suasana anaerob ?

G. Penilaian Tugas

1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
2) Blog di link ke web hybrid learning.
3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas

H. Daftar Pustaka

Suprihatin. (2010). *Modul Teknologi Fermentasi*, Universitas Negri Surabaya, UNESA Press, Surabaya

BAB 3
FERMENTASI

A. Pengantar

Bab ini membahas mengenai definisi, sejarah industri, substrat, komponen, serta produk teknologi fermentasi. Melalui pemahaman ini, diharapkan agar para mahasiswa dapat memahami teknologi fermentasi dengan lebih baik.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman secara komprehensif mengenaifermentasi

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan definisi fermentasi
2. Menjelaskan sejarah industri fermentasi
3. Menjelaskan substrat, komponen, serta berbagai macam produk hasil teknologi fermentasi

D. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

E. MATERI

Pendahuluan

Arti kata fermentasi selama ini berubah-ubah. Kata fermentasi berasal dari Bahasa Latin “fervere” yang berarti merebus (to boil). Arti kata dari bahasa latin tersebut dapat dikaitkan dengan kondisi cairan bergelembung atau mendidih. Keadaan ini disebabkan adanya aktivitas ragi pada ekstraksi buah-buahan atau biji-bijian. Gelembung-gelembung karbondioksida dihasilkan dari katabolisme anaerobik terhadap kandungan gula.

Fermentasi mempunyai arti yang berbeda bagi ahli biokimia dan mikrobiologi industri. Arti fermentasi pada bidang biokimia dihubungkan dengan pembangkitan energi oleh katabolisme senyawa organik. Pada bidang mikrobiologi industri, fermentasi mempunyai arti yang lebih luas, yang menggambarkan setiap proses untuk menghasilkan produk dari pembiakan mikroorganisme.

Perubahan arti kata fermentasi sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh para ahli. Arti kata fermentasi berubah pada saat Gay Lussac berhasil melakukan penelitian yang menunjukkan penguraian gula menjadi alkohol dan karbondioksida. Selanjutnya Pasteur melakukan penelitian mengenai penyebab perubahan sifat bahan yang difermentasi, sehingga dihubungkan dengan mikroorganisme dan akhirnya dengan enzim.

Untuk beberapa lama fermentasi terutama dihubungkan dengan karbohidrat, bahkan sampai sekarang pun masih sering digunakan. Padahal pengertian fermentasi tersebut lebih luas lagi, menyangkut juga perombakan protein dan lemak oleh aktivitas mikroorganisme.

Meskipun fermentasi sering dihubungkan dengan pembentukan gas yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup, pada saat ini pembentukan gas maupun terdapatnya sel mikroorganisme hidup tidak merupakan kriteria yang esensial. Dalam beberapa proses fermentasi misalnya fermentasi asam laktat, tidak ada gas yang dibebaskan. Fermentasi dapat juga berlangsung (meskipun jarang terjadi) dengan menggunakan ekstrak enzim yang berfungsi sebagai katalisator reaksi.

Dari uraian diatas dapat disarikan bahwa fermentasi mempunyai pengertian suatu proses terjadinya perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme.Untuk hidup, semua mikroorganisme membutuhkan sumber energi yang diperoleh dari metabolisme bahan pangan dimana mikroorganisme berada di dalamnya. Bahan baku energi yang paling banyak digunakan oleh mikroorganisme adalah glukosa. Dengan adanya oksigen beberapa mikroorganisme mencerna glukosa dan menghasilkan air, karbondioksida, dan sejumlah besar energi (ATP) yang digunakan untuk tumbuh. Ini adalah metabolisme tipe aerobik. Akan tetapi beberapa mikroorganisme dapat mencerna bahan baku energinya tanpa adanya oksigen dan sebagai hasilnya bahan baku energi ini hanya sebagian yang dipecah. Bukan air, karbondioksida, dan sejumlah besar energi yang dihasilkan, tetapi hanya sejumlah kecil energi, karbondioksida, air, dan produk

akhir metabolik organik lain yang dihasilkan. Zat-zat produk akhir ini termasuk sejumlah besar asam laktat, asam asetat, dan etanol, serta sejumlah kecil asam organik volatil lainnya, alkohol dan ester dari alkohol tersebut. Pertumbuhan yang terjadi tanpa adanya oksigen sering dikenal sebagai fermentasi.

Sejarah Industri Fermentasi

Tahap pertama industri fermentasi dimulai sebelum tahun 1900, yaitu mulai pembuatan alkohol dan vinegar. Di Arab produksi dalam skala besar dimulai tahun 1700. Pengembangan proses dengan menggunakan termometer dimulai tahun 1757 dan pemindahan panas pada tahun 1801. Pada pertengahan abad 19, fungsi khamir dalam fermentasi alkohol mulai dikembangkan. Pada akhir abad 19 mulai digunakan kultur murni khamir pada pembuatan starter.

Vinegar pada mulanya dihasilkan dari oksidasi wine karena perkembangan mikroba liar. Perkembangan kemudian dengan menggunakan generator yang diikuti dengan medium penyangga. Pada akhir abad 19 dan awal abad 20 mulai digunakan medium yang dipasteurisasi dan ditambah 10% vinegar yang baik untuk menjadikan asam dan mencegah kontaminasi. Jadi konsep proses mulai dikembangkan pada awal abad 20.

Tahap ke dua yaitu dari tahun 1900 - 1940 dengan mulai dikembangkan produk baru seperti massa sel khamir, gliserol, asam sitrat, asam laktat dan aseton-butanol. Pembuatan ragi roti merupakan proses aerob sehingga sel tumbuh cepat. Jika oksigen tidak ada, maka yang dihasilkan alkohol dan bukan sel khamir. Masalah pembatas adalah konsentrasi fermentasi awal, karena pertumbuhan sel dibatasi oleh kemampuan penggunaan sumber karbon daripada oksigen. Pertumbuhan sel juga dipengaruhi oleh penambahan komponen fermentasi dalam jumlah kecil selama proses. Teknik ini sekarang disebut kultur *Fedbatch* dan secara luas digunakan dalam fermentasi industri dengan oksigen sebagai pembatas. Perkembangan fermentasi aseton butanol secara aseptis selama perang dunia II dipelopori oleh Weizmann.

Pada tahap ke tiga mulai dihasilkan penisilin pada kultur *submerged* secara aseptis. Produksi penisilin secara aerob sangat mudah mengalami kontaminasi, terutama pemasukkan udara dalam skala besar. Program pengembangan strain dilakukan dalam pilot-plant. Pada tahap ini (1940 sampai sekarang) banyak ditemukan proses-proses baru diantaranya antibiotik yang lain, vitamin, gibrelin, asam amino, enzim dan transformasi steroid.

Tahap ke empat (1960 sampai sekarang), sejumlah perusahaan besar meneliti tentang produksi protein sel tunggal untuk ternak. Tahap ini merupakan pengembangan tahap ke tiga dengan skala lebih besar, dengan kemungkinan harga jual yang lebih rendah.

Mulai tahap ini semakin diperhatikan kontrol peralatan dan proses menggunakan kontrol komputer dan mulai dilakukan penelitian strain yang digunakan melalui rekayasa genetik.

Tahap ke lima (1979 sampai sekarang) mulai diteliti dan diproduksi senyawaan yang tidak umum dihasilkan mikrobia seperti interferon, insulin dengan manipulasi genetik. Produksi konvensional juga dapat ditingkatkan melalui rekayasa genetik. Perkembangan tahap ini semakin canggih sesuai perkembangan bioteknologi.

Substrat Fermentasi

Dalam industri fermentasi diperlukan substrat yang murah, mudah tersedia dan efisien penggunaannya. Usaha selalu dilakukan untuk menemukan substrat baru yang lebih murah dan lebih baik, tetapi kadang-kadang timbul masalah baru dalam hal cara penyimpanannya, kemudahannya untuk disterilisasi atau komposisi yang berbeda.

Dalam industri fermentasi dimana produk-produknya juga dapat dihasilkan secara sintetis atau dengan cara lainnya, pemilihan substrat merupakan hal yang kritis. Sebagai contoh misalnya produksi asam-asam amino (glutamat, lisin, metiamin, dan sebagainya) serta PST (Protein Sel Tunggal).Pemilihan substrat untuk fermentasi produk-produk tersebut harus sedemikian rupa sehingga harga produknya dapat bersaing dengan harga produk yang diproduksi dengan cara lain.

Persyaratan Umum Substrat Fermentasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan substrat untuk fermentasi adalah :

1. Tersedia dan mudah didapat.
2. Sifat fermentasi.
3. Harga dan faktor harga.

Substrat untuk fermentasi harus tersedia sepanjang tahun. Substrat yang berasal dari limbah tanaman musiman tidak mudah didapat, terutama bila periode pemanenannya pendek dan bahan tersebut mudah terkontaminasi dan menjadi buruk. Substrat yang baik untuk industri adalah yang relatif stabil dan dapat disimpan selama beberapa bulan. Jika sebagai substrat digunakan bahan buangan atau limbah suatu industri, mutu dan komposisinya sering bervariasi tergantung dari proses yang digunakan sebelumnya.

Harga substrat merupakan faktor penting dalam industri tetapi dalam pemilihan substrat harus diperhitungkan jumlah karbon yang tersedia yang berbeda pada masing-masing substrat.

Faktor lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan substrat adalah kecepatan aerasi dan atau agitasi, dimana kecepatan ini harus dinaikkkan jika digunakan substrat yang lebih tereduksi.

Substrat Sumber Karbon

<u>Molase</u>

Karbohidrat merupakan sumber energi tradisional dalam industri fermentasi. Glukosa dan sukrosa jarang digunakan sebagai satu-satunya sumber karbon karena harganya mahal, sedangkan limbah industri gula yaitu molase merupakan sumber karbohidrat termurah. Disamping mengandung sejumlah gula, molase juga mengandung senyawa bernitrogen, vitamin dan elemen terbatas. Komposisi molase bervariasi tergantung bahan mentah yang digunakan untuk produksi gula, misalnya molase gula bit dan gula tebu.Perbedaan mutu molase juga dipengaruhi oleh lokasi, kondisi iklim dan proses produksi pada masing-masing pabrik. Selain molase, residu dari sakarifikasi pati yang terkumpul setelah kristalisasi gula juga sering digunakan sebagai substrat fermentasi.Misalnya molase hidrol adalah limbah produksi glukosa dari jagung.

Ekstat Malt

Ekstak kecambah barlei merupakan substratyang baik untuk fungi, khamir dan actinomycetes. Ekstrak malt kering mengandung 90 – 92% karbohidrat, terdiri dari heksosa (glukosa, fruktosa) disakarida (maltosa, sukrosa), trisakharida (maltotriosa) dan dekstrin. Komposisi asam amino dari ekstrak malt bervariasi tergantung dari biji-bijian yang digunakan, tetapi 50% dari jumlah asam amino selalu dalam bentuk protein substrat yang mengandung ekstrak malt harus disterilisasi secara hati-hati, karena pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi pencoklatan (reaksi Mailard) karena pHnya rendah dan kandungan gula pereduksi tinggi yang akan bereaksi dengan grup amino dari amin, asam amino atau protein.

Pati dan Dekstrin

Sebagai sumber karbon, pati dan dekstrin dapat digunakan langsung oleh mikroorganisme yang memproduksi amilase. Dalam industri etanol, selain digunakan sirup glukosa sebagai substrat, sering juga digunakan pati.

Limbah Sulfit

Limbah sulfit dari industri kertas yang merupakan limbah yang mengandung gula dengan berat kering 9 – 13 %, terutama digunakan untuk memperbanyak khamir. Limbah sulfit dari pohon canifera mengandung 2 – 3% total gula, dimana 80% dari gula tersebut adalah heksosa (glukosa, mamosa, galaktosa) dan lainnya adalah pentosa (xitosa, arabinosa).

Selulosa

Selulosa mulai banyak digunakan sebagai substrat fermentasi karena mudah didapat dan murah harganya. Sumber selulosa pada umumnya dalam bentuk limbah, misalnya jerami, bongkol jagung, limbah kayu, bagase dan limbah kertas. Biasanya penggunaan selulose sebagai sumber karbon tidak dapat langsung, tetapi harus mengalami hidrolisa

terlebih dahulu secara kimia atau enzimatik. Sirup glukosa yang dihasilkan dari hidrolisa selulosa dapat digunakan untuk memproduksi etanol, disamping itu juga produk lain seperti butanol, aseton dan isopropanol. Sekarang telah banyak digunakan mikroba yang memproduksi selulose dalam fermentasi selulosa.

Minyak nabati

Minyak nabati seperti minyak kedelai, minyak biji kapas dan minyak palem digunakan sebagai substrat tambahan, yaitu ditambahkan kedalam medium dimana karbohidrat merupakan sumber energi.

Metanol

Jika dilihat dari kandungan karbonnya, metanol merupakan substrat fermentasi yang termurah, tetapi hanya dapat dipecah oleh beberapa bakteri dan khamir. Metanol sering digunakan sebagai substrat untuk produksi protein sel tunggal. Produk-produk yang diproduksi dari fermentasi metanol misalnya asam sitrat dan fumarat, valin, lysin dan threonin. Produksi asam sitrat oleh Aspergillus niger dapat dirangsang dengan penambahan metanol. Metanol dapat diperoleh dari oksidasi metana atau gas alam.

Sumber-sumber Nitrogen

Corn Steep Liquor

Beberapa proses fermentasi dalam skala besar menggunakan garam amonium, urea atau gas amonia sebagai sumber nitrogen. Tetapi sumber nitrogen yang dapat dimetabolisme secara paling efisien adalah “corn steep liquor”, yang terbentuk dalam proses produksi pati dari jagung. Ekstrat pekat dari “corn steep liquor” (sekitar 4% nitrogen) mengandung berbagai asam amino seperti alanin, arginin, asam glutamat, isoleusin, threonin, valin, fenilalanin, methionin dan cystin. Gula yang terdapat didalamnya segera dapat diubah menjadi asam laktat (9- 20%) oleh bakteri asam laktat.

Ekstrak Khamir

Ekstrak khamir merupakan ekstrak yang baik untuk berbagai mikroba. Ekstrak ini diproduksi dari ragi roti melalui otolisis pada suhu 50 – 55 ^{0}C,atau melalui plasmolisis dengan penambahan NaCl pada konsentrasi tinggi. Ekstrak khamir mengandung asam-asam amino dan peptida, vitamin larut air dan karbohidrat. Glikogen dan trehalosa dari sel khamir terhidrolisa menjadi glukosa selama produksi ekstrak khamir. Komposisi ekstrak khamir bervariasi tergantung dari substrat yang digunakan untuk menumbuhkan khamir.

Pepton

Pepton atau hidrolisat protein dapat digunakan oleh berbagai mikroba, tetapi harganya relatif mahal untuk keperluan industri. Sumber-sumber pepton adalah daging, kasenin, gelatin, keratin, biji kacang tanah, tepung kedelai, biji kapas dan biji bunga matahari. Komposisi pepton bervariasi tergantung dari sumbernya dan cara hidrolisisnya, yaitu hidrolisis asam atau enzimatis. Pepton dari gelatin kaya akan prolin dan hidroksiprolin,

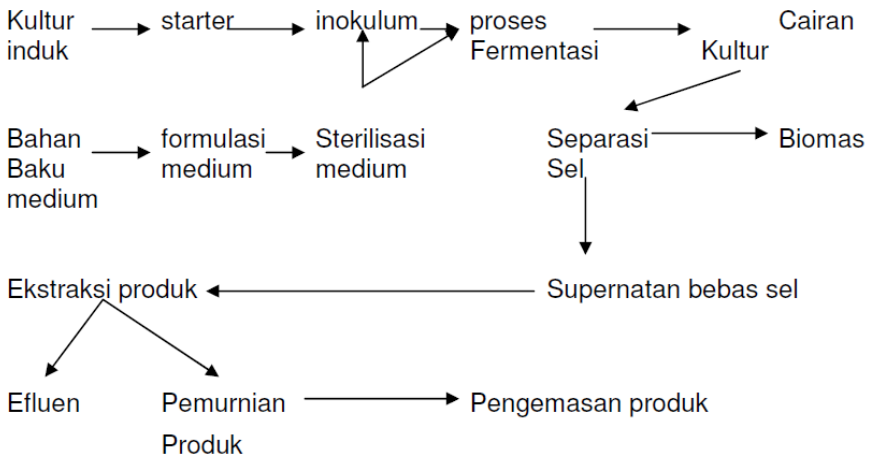
tetapi hampir tidak mengandung asam amino sulfur. Sebaliknya pepton dari keratin mempunyai bagian besar prolin dan cystin, tetapi tidak mengandung lysis. Pepton dari sumber tanaman (pepton kedelai, pepton biji kapas) mengandung karbohidrat dalam jumlah tinggi.

Komponen Fermentasi

Proses fermentasi mempunyai enam komponen dasar yaitu:,

1. Susunan medium yang digunakan selama pengembangan inokulum dan di dalam fermentor.
2. Sterilisasi medium, fermentor dan peralatan yang lain.
3. Aktivitas produksi, pemanfaatan kultur murni, jumlah inokulum untuk produksi.
4. Pertumbuhan mikrobia dalam fermentor produksi pada kondisi optimum untuk pembentukan hasil.
5. Ekstraksi produk dan pemurnian.
6. Penanganan limbah yang dihasilkan selama proses.

Hubungan antar komponen dapat dilihat pada gambar :



Gambar 1. Skema Umum Proses Fermentasi

Namun demikian, salah satu hal yang perlu diperhatikan di bidang penelitian adalah perancangan perbaikan efisiensi fermentasi secara terus menerus. Sebelum proses fermentasi dapat dilakukan, organisme yang dipakai harus diisolasi, dimodifikasi sehingga dapat menghasilkan produk yang diharapkan dalam skala komersial, hal ini tentunya membutuhkan perancangan peralatan. Proses ekstraksi produk juga harus diperhatikan karena ini menyangkut biaya produksi yang tidak sedikit.

Beberapa faktor – medium, garam, keasaman, kultur, dan waktu – berperan penting dalam fermentasi. Proses fermentasi bersifat sederhana namun harus teliti sehingga flavor, tekstur, aroma, dan karakteristik lainnya yang diharapkan, dapat muncul.

Berbagai makanan dan minuman seperti roti, tape, tempe, wine dan yogurt dibuat melalui proses fermentasi. Sebagai bahan pangan tambahan beberapa produk fermentasi telah umum digunakan. Sebagai contoh, gum xanthan merupakan polisakarida dengan berat molekul tinggi yang dihasilkan melalui proses fermentasi menggunakan bakteri *Xanthomonas campestris* dengan gula sebagai substrat. Gum gellan adalah polisakarida yang larut dalam air dan dihasilkan dari fermentasi dengan kultur murni *Sphingomonas elodea*. Kedua hidrokoloid ini umum digunakan dalam industri pangan sebagai pengental, penstabil, dan pembentuk tekstur. Akhir-akhir ini dikembangkan pula isoflavon kedelai untuk digunakan dalam makanan, minuman, dan farmasi. Isoflavon kedelai seperti genistein, daidzein, dan glycitein memiliki manfaat penting bagi kesehatan dan proses fermentasi dapat menghasilkan komponen-komponen tersebut.

F. EVALUASI BELAJAR

1. Rangkuman

Fermentasi berasal dari Bahasa Latin “fervere” yang berarti merebus (to boil). Arti kata dari bahasa latin tersebut dapat dikaitkan dengan kondisi cairan bergelembung atau mendidih. Keadaan ini disebabkan adanya aktivitas ragi pada ekstraksi buah-buahan atau biji-bijian. Gelembung-gelembung karbondioksida dihasilkan dari katabolisme anaerobik terhadap kandungan gula. Fermentasi mempunyai arti yang berbeda bagi ahli biokimia dan mikrobiologi industri. Arti fermentasi pada bidang biokimia dihubungkan dengan pembangkitan energi oleh katabolisme senyawa organik. Pada bidang mikrobiologi industri, fermentasi mempunyai arti yang lebih luas, yang menggambarkan setiap proses untuk menghasilkan produk dari pembiakan mikroorganisme. Dari uraian diatas dapat disarikan bahwa fermentasi mempunyai pengertian suatu proses terjadinya perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Dalam industri fermentasi diperlukan substrat yang murah, mudah tersedia dan efisien penggunaannya. Usaha selalu dilakukan untuk menemukan substrat baru yang lebih murah dan lebih baik, tetapi kadang-kadang timbul masalah baru dalam hal cara penyimpanannya, kemudahannya untuk disterilisasi atau komposisi yang berbeda. Dalam industri fermentasi dimana produk-produknya juga dapat dihasilkan secara sintetis atau dengan cara lainnya, pemilihan substrat merupakan hal yang kritis. Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan substrat untuk fermentasi

adalah tersedia dan mudah didapat, sifat fermentasi, harga dan faktor harga. Selain itu, beberapa faktor – medium, garam, keasaman, kultur, dan waktu – berperan penting dalam fermentasi. Proses fermentasi bersifat sederhana namun harus teliti sehingga flavor, tekstur, aroma, dan karakteristik lainnya yang diharapkan, dapat muncul. Berbagai makanan dan minuman seperti roti, tape, tempe, wine dan yogurt dibuat melalui proses fermentasi. Sebagai bahan pangan tambahan beberapa produk fermentasi telah umum digunakan

2. Latihan

1. Sebutkan produk – produk hasil fermentasi !
2. Mengapa kita membutuhkan teknologi fermentasi ?
3. Sebutkan syarat – syarat penggunaan mikrobial dalam teknologi fermentasi !

3. Tugas

1. Sebutkan beberapa mikroorganisme yang dapat digunakan pada proses fermentasi !
2. Sebutkan komponen proses fermentasi !

G. Penilaian Tugas

1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
2) Blog di link ke web hybrid learning.
3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas

H. Daftar Pustaka

Kumalaningsih, S dan Hidayat, N. (1995). *Mikrobiologi Hasil Pertanian*, IKIPMalang, Malang

Schlegel, H.G. and Schmidt, K. (1986). *General Microbiology*(translated by M. Kogut), Cambridge University Press, Cambridge

Stanbury, P.F and Whitaker, A (1984). *Principles of Fermentation Technology,* Pergamon Pers, Oxford

Suprihatin. (2010). *Modul Teknologi Fermentasi*, Universitas Negri Surabaya, UNESA Press, Surabaya

BAB 4
PENGENALAN BIOSEPARASI

A. Pengantar

Bab ini membahas mengenai pengenalan teknologi bioseparasi yang umum yaitu koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, ekstraksi serta distilasi. Melalui pemahaman ini, diharapkan agar para mahasiswa dapat memahami pengantar bioseparasi dengan lebih baik.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar pada pemahaman mengenai teknologi bioseparasi

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan tentang prinsip koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi
2. Memahami dan mampu menjelaskan tentang prinsip ekstraksi
3. Memahami dan mampu menjelaskan tentang prinsip distilasi

D. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

F. **MATERI**

MetodeKoagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, dan Filtrasi

Dalam sebuah proses produksi pastinya menghasilkan limbah, baik dalam bentuk gas, padat maupun cair, sehingga sebuah proses produksi selalu diikuti dengan proses pengolahan limbah. Proses pengolahan limbah umumnya melibatkan proses fisika maupun kimia. Pengolahan proses kimia antara lain netralisasi, koagulasi, flokulasi, aerasi, sedangkan proses fisika antara lain penyaringan (screening), filtrasi, pengendapan. Limbah cair dalam sisa produksi umumnya berupa koloid atau suspensi dari berbagai sisa bahan baku maupun hasil reaksi. Partikel koloid yang stabil terlalu ringan untuk mengendap dan sulit bergabung dengan partikel lainnya karena muatan elektris pada permukaan elektrostatis antar masing-masing partikel.

Salah satu metode pengolahan air limbah yang cukup banyak digunakan adalah proses koagulasi dan flokulasi, tujuannya untuk memisahkan polutan berupa koloid dari dalam air limbah dengan jalan memperbesar ukuran partikel padatan di dalamnya. Koloid merupakan campuran yang cukup stabil karena adanya gaya penstabil. Kestabilan koloid dapat dikurangi dengan proses koagulasi (proses destabilisasi) melalui penambahan bahan kimia dengan muatan berlawanan. Terjadinya muatan pada partikel koloid menyebabkan double layer pelindung koloid terganggu sehingga antar partikel yang berlawanan cenderung bergabung membentuk inti flok.

Pada proses koagulasi dilakukan dengan penambahan bahan kimia yang disertai dengan pengadukan cepat. Bahan kimia yang ditambahkan ke dalam air buangan mempunyai sifat tertentu, yaitu bermuatan (+) yang akan menetralkan muatan (-). Bahan kimia yang ditambahkan disebut koagulan. Jenis koagulan yang biasa ditambahkan antara lain $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, atau PAC (Poly Alumunium Chlorida). Koagulan yang ditambahkan, misalnya tawas ($Al_2(SO_4)_3$) akan terlarut dalam air, dan molekul ini dapat menempel pada permukaan koloid dan Al yang bermuatan (+) akan bereaksi dengan partikel koloid yang bermuatan (-), kemudian mengendap sebagai flok $Al(OH)_3$.

Reaksi : $Al_2(SO_4)_3.14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 14H_2O + 6CO_2$

Proses koagulasi selalu diikuti dengan flokulasi untuk mengatasi energy penstabil koloid sehingga partikel dapat mengalami tumbukan dan membentuk flok. Pengadukan cepat dilakukan pada proses koagulasi sampai partikel koloid membentuk mikroflok. Pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik^{-1}). Pengadukan dilanjutkan dengan pengadukan lambat sampai terbentuk makroflok. pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukandengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik^{-1}). Waktu pengadukan cepat dan lambat berbeda. Pada pengadukan cepat, waktu yang diperlukan tidak lebih dari 1 menit,

sedangkan pengadukan lambat membutuhkan waktu 15 hingga 60 menit. Pengadukan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara mekanis, cara hidrolis, dancara pneumatis.

Flok yang terbentuk akan mencapai ukuran maksimum kemudian mengendap. Flok yang mengendap dipisahkan dari larutannya dengan teknik sedimentasi dan filtrasi. Sedimentasi merupakan proses pemisahan partikel padatan dari larutan.

Ekstraksi

Ekstraksi cair-cair (*liquid extraction, solvent extraction*): yaitu pemisahan *solute* dari cairan pembawa (diluen) menggunakan solven cair. Campuran diluen dan solven tersebut bersifat heterogen (immiscible, tidak saling campur), dan jika dipisahkan terdapat 2 fase, yaitu fase diluen (rafinat) dan fase solven (ekstrak).

- Fase rafinat = fase residu, berisi diluen dan sisa solut
- Fase ekstrak = fase yang berisi solut dan solven

Pemilihan solven menjadi sangat penting. Solven dipilih yang memiliki sifat :

a. Solut mempunyai kelarutan yang besar dalam solven, tetapi solven sedikit atau tidak melarutkan diluen
b. Tidak mudah menguap pada saat ekstraksi
c. Mudah dipisahkan dari solut, sehingga dapat dipergunakan kembali
d. Tersedia dan tidak mahal

Berbagai jenis metode pemisahan yang ada, ekstraksi pelarut atau juga disebut juga ekstraksi air merupakan metode pemisahan yang paling baik dan popular. Pemisahan ini dilakukan baik dalam tingkat makro maupun mikro. Prinsip distribusi ini didasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua zat pelarut yang tidak saling bercampur. Batasannya adalah zat terlarut dapat ditransfer pada jumlah yang berbeda dalam kedua fase terlarut. Teknik ini dapat digunakan untuk kegunaan preparatif, pemurnian, pemisahan serta analisis pada semua kerja.

Berbeda dengan proses retrifikasi, pada ekstraksi tidak terjadi pemisahan segera dari bahan-bahan yang akan diperoleh (ekstrak), melainkan mula-mula hanya terjadi pengumpulan ekstrak (dalam pelarut). Suatu proses ekstraksi biasanya melibatkan tahap-tahap berikut:

1. Mencampurkan bahan ekstrak dengan pelarut dan membiarkannya saling kontak. Dalam hal ini terjadi perpindahan massa dengan cara difusi pada bidang antar muka bahan ekstraksi dan pelarut. Dengan demikian terjadi ekstraksi yang sebenarnya, yaitu pelarut ekstrak
2. Memisahkan larutan ekstrak dari refinat, kebanyakan dengan cara penjernihan atau filtrasi

3. Mengisolasi ekstrak dari larutan ekstrak dan mendapatkan kembali pelarut. Umumnya dilakukan dengan mendapatkan kembali pelarut. Larutan ekstrak langsung dapat diolah lebih lanjut atau diolah setelah dipekatkan

Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Prinsip pemisahan campuran dengan metode distilasi didasarkan pada perbedaan titik didih zat atau larutan yang merupakan komponen dari campuran tersebut. Dalam distilasi, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu, dan zat yang mempunyai titik didih paling tinggi akan tertinggal dalam labu.

Distilasi dilakukan menggunakan sebuah alat yang disebut distilator. Distilator terdiri dari sebuah chamber / labu, pemanas, kondensor, dan tempat untuk distilatnya. Labu dirangkai dengan kondensor kemudian, dan di ujung kondensor diletakkan tempat untuk distilat. Campuran yang akan dipisahkan ditempatkan dalam chamber atau labu yang disambungkan dengan kondensor. Kemudian campuran tersebut dipanaskan sehingga zat atau larutan yang akan dipisahkan menguap kemudian masuk melewati kondensor dan akan mengembun dan berubah menjadi larutan yang akan menetes pada ujung kondensor. Pemanasan dilakukan pada titik didih zat atau larutan yang akan dipisahkan dan dipertahankan suhunya sampai tidak ada lagi larutan yang menetes dari ujung kondensor, begitu seterusnya.

Distilasi ada beberapa jenis, antara lain :

1. Distilasi sederhana, prinsipnya memisahkan dua atau lebih komponen dari campuran senyawa berdasarkan perbedaan titik didih komponennya
2. Distilasi fraksinasi (bertingkat), sama prinsipnya dengan distilasi sederhana, hanya distilasi bertingkat ini memiliki rangkaian alat kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki titik didih yang berdekatan. Contohnya pada pemisahan minyak bumi
3. Distilasi azeotrop, memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit dipisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tersebut, atau dengan menggunakan tekanan tinggi
4. Distilasi kering : memanaskan material padat untuk mendapatkan fasa uap dan cairnya. Biasanya digunakan untuk mengambil cairan bahan bakar dari kayu atau batu bata

5. Distilasi vakum: memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi, motode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didihnya menjadi rendah, dalam prosesnya suhu yang digunakan untuk mendistilasinya tidak perlu terlalu tinggi

F. EVALUASI BELAJAR

1. Rangkuman

Bioseparasi dapat digunakan pada beberapa aspek. Salah satu metode pengolahan air limbah yang cukup banyak digunakan adalah proses koagulasi dan flokulasi, tujuannya untuk memisahkan polutan berupa koloid dari dalam air limbah dengan jalan memperbesar ukuran partikel padatan di dalamnya. Flok yang mengendap dipisahkan dari larutannya dengan teknik sedimentasi dan filtrasi. Sedimentasi merupakan proses pemisahan partikel padatan dari larutan. Pada teknologi lain yaitu ekstraksi dapat kita gunakan untuk kegunaan preparatif, pemurnian, pemisahan serta analisis pada semua kerja. Ekstraksi pelarut atau juga disebut juga ekstraksi air merupakan metode pemisahan yang paling baik dan populer. Pemisahan ini dilakukan baik dalam tingkat makro maupun mikro. Prinsip distribusi ini didasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua zat pelarut yang tidak saling bercampur. Batasannya adalah zat terlarut dapat ditransfer pada jumlah yang berbeda dalam kedua fase terlarut. Terakhir yaitu distilasi atau penyulingan yang merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Prinsip pemisahan campuran dengan metode distilasi didasarkan pada perbedaan titik didih zat atau larutan yang merupakan komponen dari campuran tersebut. Dalam distilasi, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu, dan zat yang mempunyai titik didih paling tinggi akan tertinggal dalam labu.

Distilasi dilakukan menggunakan sebuah alat yang disebut distilator. Distilator terdiri dari sebuah chamber / labu, pemanas, kondensor, dan tempat untuk distilatnya.

2. Latihan

1. Sebutkan prinsip kerja ekstraksi dan distilasi !
2. Jelaskan langkah langkah proses distilasi !

3. Tugas

1. Apa aplikasi penerapan dari distilasi khususnya pada bioproses ?

2. Filtrasi memiliki beberapa syarat, sebutkan dan jelaskan !
3. Apa aplikasi pemanfaatan metode koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi pada industri pemurnian air limbah ?

G. Penilaian Tugas

1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
2) Blog di link ke web hybrid learning.
3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas

H. Daftar Pustaka

Dewi, S. R. Dan Indriani, D. W., (2016). *Modul PraktikumTeknik Bioseparasi*. Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang

BAB 5
PENGANTAR PROSES INDUSTRI

A. Pengantar

Bab ini membahas mengenai pengantar proses industri yang meliputi bahan baku industri, proses dalam industri, serta mutu dari produk. Melalui pemahaman ini, diharapkan agar para mahasiswa dapat memahami pengenalan proses industri dengan lebih baik.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar pada pemahaman mengenai proses industri

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan tentang bahan baku industri
2. Memahami dan mampu menjelaskan tentang proses dalam industri
3. Memahami dan mampu menjelaskan tentang mutu dari produk

D. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

E. MATERI

Bahan Baku Industri

Industri merupakan usaha manusia agar barang yang berasal dari alam dapat dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual dan memiliki prospek menguntungkan dari segi ekonomi. Bahan dari alam memiliki senyawa kimia yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan tertentu, misalnya sebagai pangan, pakan, bahan bakar, pupuk, kosmetika, dan sebagainya sehingga kehidupan manusia menjadi lebih nyaman. Suatu industri kimia harus memperhatikan kelestarian lingkungan dan diharapkan pengolahan bahan industri aman terhadap lingkungan, serta produk yang dihasilkan ramah lingkungan.

Ada anggapan bahwa ilmu kimia atau industri kimia identik dengan industri racun atau bahan beracun yang merugikan kehidupan kita. Pestisida diproduksi untuk mematikan atau mengendalikan hama. Obat antibiotik diproduksi untuk mematikan mikroorganisme penyebab penyakit. Apabila pestisida atau obat antibiotik tersebut digunakan secara berlebihan tanpa kendali dapat menyebabkan kerusakan lingkungan alami atau keracunan bagi pengguna obat antibiotik tersebut.

Bahan baku untuk industri kimia diperoleh dari alam hayati (hewan, tumbuhan, dan mikroba) dan nonhayati (minyak bumi, mineral) atau lainnya. Hutan tanaman industri jenis tertentu (Pinus sp./cemara, Cassia sp.) sebagai bahan baku untuk kayu olahan atau bahan baku bubur kertas (pulp) hendaknya dikelola dengan memperhatikan ekologi yang seimbang. Penanaman kembali pohon yang ditebang atau tebang pilih hutan alami perlu kita lakukan dengan tertib agar kondisi ekologis yang seimbang dapat membantu terselenggaranya paru-paru dunia hutan tropika kita. Penambangan bauksit untuk memperoleh logam alumunium sebagai bahan baku industri, sebaiknya diproduksi dengan memperhatikan wawasan ekologis.

Proses industri dimaksudkan untuk memisahkan produk kimia dari campuran senyawaan kimia yang berasal dari bahan alami sebagai bahan baku. Bahan baku yang berasal dari alam, mencakup dari alam hayati (organ hidup, misalnya hewan, tumbuhan dan mikroba), nonhayati (bukan organ hidup, misalnya mineral, minyak bumi, batu bara) dan bahan lainnya (misalnya bahan baku yang timbul karena adanya proses fisik, yaitu pengendapan $CaCO_3$ yang terjadi di daerah pegunungan dan terbentuknya antibiotik karena adanya bioproses).

Bahan Alam Hayati

Banyak produk kimia yang berasal dari alam hayati. Kertas merupakan hasil industri pabrik bubur kertas (*pulp*), berasal dari serat selulosa yang terdapat pada bagian kayu banyak tumbuhan. Gula atau sukrosa yang merupakan produk industri gula, berasal dari tanaman perkebunan tebu atau bit. Tepung atau amilase merupakan polisakarida yang banyak digunakan untuk industri pangan ataupun obat-obatan, berasal dari tanaman atau

umbi dari ketela pohon, ubi jalar atau biji-bijian serealia seperti jagung dan gandum. Di samping itu, amilase banyak diproduksi dari batang pohon sagu dan batang enau. Alkaloid kinin dan turunannya kelompok kuinolin, banyak digunakan untuk obat sakit malaria diproduksi dari ekstraksi atau sari kulit batang kina. Sejak dahulu Indonesia terkenal dengan perkebunan kina dan diekspor ke mancanegara.

Bahan Alam Nonhayati

Mineral merupakan bahan baku industri untuk menghasilkan produk kimia berupa berbagai jenis pupuk (TSP, superfosfat, KCl, dan NaCl), bahan bakar (minyak bumi, batu bara, dan uranium) dan bahan logam (aluminium dari mineral bauksit, besi dari mineral pirit, apatit) serta logam mulia (emas/Au, perak/Ag, tembaga/Cu berasal dari berbagai mineral). Untuk memperoleh produk kimia, apakah logam mulia atau logam biasa, pupuk atau bahan bakar perlu perlakuan terhadap mineral yang ditambang, misalnya perlu pemisahan mineral bauksit dari campuran lainnya, seperti pasir dan lumpur. Kemudian, dengan proses peleburan, elektrolisis atau proses lainnya akan diperoleh logam aluminium. Logam aluminium banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang, kendaraan otomotif, mebel, alat rumah tangga, elektronika, dan sebagainya.

Bahan mineral sering kali menghasilkan berbagai campuran mineral dari berbagai logam seperti nikel/Ni, kobalt/Co, besi/Fe, kromium/Cr atau lainnya. Bahkan dari proses produksi logam tersebut masih tersimpan unsur/mineral uranium dalam jumlah yang sangat kecil. Limbah pertambangan tersebut adakalanya diekspor ke negara maju untuk diproses lebih lanjut agar diperoleh bahan kimia dengan konsentrasi uranium yang tinggi. Hasil dari proses ini banyak digunakan untuk bahan bakar energi sebagai Pusat Listrik Tenaga Nuklir/PLTN. Sumber energi listrik ini telah banyak digunakan di beberapa negara maju, seperti Eropa, Amerika maupun Asia, misalnya Jepang, India, dan Korea Selatan.

Bahan Lainnya

Bahan alam hayati merupakan bahan baku industri terbarukan (*renewable*), karena tanaman, hewan atau mikroba dapat menyintesis sendiri dari prekursornya (CO_2, H_2O, N_2, NH_3, S, dan sebagainya) secara biosintesis. Unsur-unsur atau molekul-molekul dapat disintesis menjadi molekul lain atau molekul lebih besar (polimer) yang dapat dilakukan oleh makhluk hidup, berupa tanaman, hewan atau mikroba.

Mikroorganisme, seperti *Rhizopus sp.* yang dapat diperbanyak miselianya dalam waktu singkat, berupa selulosa dari bagian dinding selnya, merupakan bahan baku biopolimer untuk keperluan industri bahan. Berbagai bakteri dapat menyintesis bahan obat vaksin yang banyak digunakan untuk pengobatan bagi kesehatan manusia, ternak maupun hama penyakit tanaman. Obat antibiotik telah banyak diproduksi dari senyawa kimia kelompok tetrasiklin, ampisilin maupun amoksilin, di mana mikroba tumbuh berkembang biak dengan prekursor yang direncanakan, akhirnya menghasilkan zat kimia toksin yang

dapat mematikan mikroba itu sendiri. Senyawa kimia ini banyak dimanfaatkan dalam pengobatan berbagai macam penyakit.

Proses dalam Industri

Dalam industri kimia, pemanfaatan sumber daya alam didasarkan atas sifat dari bahan baku yang digunakan sehingga akan diperoleh produk sesuai dengan yang diinginkan. Proses dalam industri kimia tersebut meliputi proses fisika, proses kimia dan bioproses.

Proses Fisika

Penggalian sumber daya alam yang paling sederhana adalah melalui proses fisika, yaitu dengan memanfaatkan berbagai sifat fisika dari bahan alam tersebut, seperti diameter butiran, suhu, kelarutan, pelelehan, pendidihan, penguapan, penghancuran maupun menghomogenkan suatu campuran. Industri batu bara sebagai bahan baku industri energi, dilakukan dengan penambangan atau pengerukan mineral batu bara dari endapan mineral tersebut dari kulit bumi, kemudian dibawa ke tempat industri energi tersebut, dibakar dan dimanfaatkan. Pembuatan keramik dari mineral tanah liat dengan proses pelumatan sampai homogen dengan mencampur air, pencetakan, pemanasan suhu tinggi dan diperoleh produk keramik sederhana. Modifikasi industri keramik menjadi porselen yang kualitasnya lebih baik, dengan proses fisika yang lebih modern akan menghasilkan produksi industri yang menjanjikan di masa mendatang.

Proses Kimia

Dalam industri kimia, selain terjadi reaksi kimia antara bahan baku yang digunakan, juga harus memperhatikan persyaratan fisik dari bahan baku yang diperlukan (seperti suhu, tekanan, pemanasan, kelarutan, cairan, padatan, gas atau sifat fisika lainnya), dan katalis yang dipergunakan agar reaksi kimia cepat terjadi. Proses kimia biasanya dilaksanakan dahulu di laboratorium kimia untuk skala kecil, kemudian dicoba untuk skala pilot, kemudian dicoba untuk industri besar/pabrikasi/manufaktur. Gas buang CO dari industri petrokimia direaksikan dengan amonia pada suhu dan tekanan tertentu, serta katalis akan diperoleh pupuk urea. Demikian juga industri gas atau larutan amonia dengan mengalirkan gas H_2 dan gas N_2 dari alam dalam suatu reaktor dengan katalis tertentu diperoleh gas amonia yang larut dalam air. Dengan proses elektrolisis, larutan garam NaCl dalam suatu reaktor akan diperoleh NaOH dan gas klor. Gas klor juga merupakan bahan baku industri pestisida Dikloro Difenil Trikloroetana (DDT). DDT sekarang sudah dilarang penggunaannya oleh pemerintah karena dapat mencemari lingkungan. Gas klor juga sebagai bahan baku industri $Ca(OCl)_2$, pelarut organik CCl_4, $CHCl_3$, CH_2Cl_2, dan sebagainya. Dalam industri kimia, penempatan lokasi pabrik/manufaktur selalu dekat dengan asal bahan baku yang digunakan, dan metode proses kimia selalu disesuaikan dengan kondisi lingkungan di mana pabrikasi tersebut dilaksanakan.

Bioproses

Industri bahan kimia modern saat ini banyak menggunakan bioproses, dengan makhluk hidup berupa mikroba, jaringan tumbuhan dan hewan diberdayakan untuk melakukan biosintesis senyawa kimia sesuai dengan sifat genetis biotanya. Pembuatan asam sitrat (suatu asam organik) dan asam glutamat (bahan penyedap makanan dan minuman) dapat dilakukan melalui metode fermentasi dengan bahan baku nutrisi yang direkayasa untuk pertumbuhan mikroba dan jenis mikroba yang berbeda, dengan kondisi suhu, pH, dan prekursor yang telah diteliti sebelumnya. Berbagai jenis antibiotik, vaksin, hormon, antioksidan, dan vitamin banyak diproduksi berdasarkan bioproses. Bidang bioteknologi yang sedang berkembang pesat pada saat ini banyak menjanjikan produk-produk unggulan senyawa kimia adi (*fine chemicals*) dengan merekayasa mikroba dan jaringan tumbuhan/hewan untuk dapat menyintesis secara biokimiawi produk tersebut dan memanipulasi kondisi fisik agar bioproses tersebut berlangsung. Bioproses diawali dengan percobaan skala laboratorium diikuti dengan skala pilot yang sudah diantisipasi menggunakan energi yang lebih rendah dan diakhiri dengan pabrikasi/manufaktur dengan ruang produksi yang lebih hemat. Produk kimia dengan metode bioteknologi melalui bioproses berlangsung dengan padat modal dan padat teknologi.

Mutu dari Produk

Mutu produk bahan kimia yang diproduksi suatu pabrik merupakan kualitas bahan tersebut dipandang dari segi kemurnian yang mendekati 100%, warna yang sesuai dengan warna asli atau mula-mula, serta termasuk efek pengobatan ataupun nilai gizi apabila produk tersebut berupa bahan obat atau makanan. Dalam proses produksi industri kimia, pengawasan kualitas atau *Quality Control* (QC) sangat diperlukan dalam suatu bahan baku, proses produksi, produk, bahkan setiap saat selama proses berlangsung diperlukan pengambilan contoh untuk dianalisis kandungan senyawa kimianya. Analisis kimia ataupun uji stabilitas suatu produk dalam jangka waktu tertentu diperlukan agar suatu produk tersebut dapat dijamin baik bagi konsumen atau pemakainya.

Mutu suatu produk tidak hanya dikontrol pada akhir produksinya dan selama penyimpanan, transportasi, penyajian, serta pada saat dimanfaatkan oleh konsumennya, tetapi juga mutu dari bahan baku tersebut berasal dan selama proses produksi tersebut berlangsung. Kualitas bahan baku memegang peranan sangat penting dalam menentukan kualitas suatu produk. Minyak bumi dari daerah Timur Tengah menghasilkan bahan bakar dengan kadar belerang yang tinggi dibandingkan dengan minyak bumi yang berasal dari berbagai pengilangan minyak di Indonesia. Produk *furniture* dari bahan kayu jati atau kayu hitam jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan kayu lain, menunjukkan struktur selulosa dalam bahan tersebut dalam interaksinya dengan senyawa lain menunjukkan perbedaan yang berpengaruh terhadap kualitas bahan baku kayunya.

Pada produk hasil, produk yang baik mutunya sangat menguntungkan pemakai atau konsumennya. Sebaliknya produk yang kurang baik dapat merugikan konsumen, bahkan dapat membahayakan bagi penggunanya. Sering kali kita mendengar dan melihat berbagai produk pangan nilai gizinya sudah menurun, bahkan meracuni bagi yang memakan atau meminumnya. Berbagai produsen barang elektronik sangat menjaga mutu dan selalu menjaga nama merek dagangnya. Konsumen sangat percaya pada mutu tersebut yang identik dengan merek dagangnya. Mutu suatu produk sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan penanganan produk tersebut mulai dari pengemasan, penyimpanan, transportasi, dan penyajian produk tersebut sampai pada konsumen. Untuk menjaga kepercayaan masyarakat konsumen terhadap produk, produsen memberikan tanggal produksi dan tanggal kedaluwarsa (expired date). Produsen juga mencantumkan komponen senyawa kimia yang terkandung, termasuk bahan kimia pengawet yang diberikan. Pemerintah mewajibkan untuk mencantumkan pada kemasannya akibat mengonsumsi produk tersebut, misalnya produk rokok, alkohol atau makanan/minuman lainnya. Hal itu merupakan usaha pemerintah dalam melindungi konsumen dan tetap menjaga mutu produk industri kimia.

F. EVALUASI BELAJAR

1. Rangkuman

Industri merupakan usaha manusia agar barang yang berasal dari alam dapat dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual dan memiliki prospek menguntungkan dari segi ekonomi. Bahan dari alam memiliki senyawa kimia yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan tertentu, misalnya sebagai pangan, pakan, bahan bakar, pupuk, kosmetika, dan sebagainya sehingga kehidupan manusia menjadi lebih nyaman. Proses industri dimaksudkan untuk memisahkan produk kimia dari campuran senyawaan kimia yang berasal dari bahan alami sebagai bahan baku. Bahan baku yang berasal dari alam, mencakup dari alam hayati (organ hidup, misalnya hewan, tumbuhan dan mikroba), nonhayati (bukan organ hidup, misalnya mineral, minyak bumi, batu bara) dan bahan lainnya (misalnya bahan baku yang timbul karena adanya proses fisik, yaitu pengendapan $CaCO_3$ yang terjadi di daerah pegunungan dan terbentuknya antibiotik karena adanya bioproses). Mikroorganisme, seperti *Rhizopus sp.* yang dapat diperbanyak miselianya dalam waktu singkat, berupa selulosa dari bagian dinding selnya, merupakan bahan baku biopolimer untuk keperluan industri bahan. Berbagai bakteri dapat menyintesis bahan obat vaksin yang banyak digunakan untuk pengobatan bagi kesehatan manusia, ternak maupun hama penyakit tanaman. Obat antibiotik telah banyak diproduksi dari senyawa kimia kelompok tetrasiklin, ampisilin maupun amoksilin, di mana mikroba tumbuh berkembang biak dengan prekursor yang direncanakan, akhirnya menghasilkan zat kimia toksin yang dapat mematikan mikroba itu sendiri.

Industri bahan kimia modern saat ini banyak menggunakan bioproses, dengan makhluk hidup berupa mikroba, jaringan tumbuhan dan hewan diberdayakan untuk melakukan biosintesis senyawa kimia sesuai dengan sifat genetis biotanya. Pembuatan asam sitrat (suatu asam organik) dan asam glutamat (bahan penyedap makanan dan minuman) dapat dilakukan melalui metode fermentasi dengan bahan baku nutrisi yang direkayasa untuk pertumbuhan mikroba dan jenis mikroba yang berbeda, dengan kondisi suhu, pH, dan prekursor yang telah diteliti sebelumnya. Berbagai jenis antibiotik, vaksin, hormon, antioksidan, dan vitamin banyak diproduksi berdasarkan bioproses. Bidang bioteknologi yang sedang berkembang pesat pada saat ini banyak menjanjikan produk-produk unggulan senyawa kimia adi (*fine chemicals*) dengan merekayasa mikroba dan jaringan tumbuhan/hewan.

2. Latihan

1. Mengapa dewasa ini, industri Bioteknologi sedang berkembang pesat ? Jelaskan jawaban anda !
2. Apa saja yang termasuk dalam hasil produk industri bioteknologi ?

3. Tugas

1. Apa definisi limbah hasil pengolahan industri ?
2. Sebutkan limbah hasil buangan industri Bioteknologi ?
3. Uraikan salah satu proses industri pengelolaan limbah produk Bioteknologi yang anda pahami !

G. Penilaian Tugas

1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
2) Blog di link ke web hybrid learning.
3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas

H. Daftar Pustaka

Austin, G and T. Shareve's. (1984). *Chemical Process Industries*. New York: McGraw-Hill.

Baretos, J.W. and M. Eden. (1984). *Contemporary Biomaterials*. New Jersey: Noyes.

Bu'lock, J and B. Krishousen. (1987). *Basic Biotechnology*. London: Scads. Press.