



**MODUL BIOINDUSTRI
(IBL 610)**

**MODUL SESI KE-6
PEMANFAATAN KHAMIR DAN KAPANG
DALAM INDUSTRI**

DISUSUN OLEH

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

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

PEMANFAATAN KHAMIR DAN KAPANG DALAM INDUSTRI

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Mengetahui jenis khamir dan kapang yang digunakan dalam industri.
2. Menjelaskan jenis produk yang dihasilkan oleh khamir dan kapang.
3. Menjelaskan produk non pangan yang dihasilkan oleh khamir dan kapang.

B. Uraian dan Contoh

Salah satu jenis mikroba yang dimanfaatkan untuk fermentasi bahan pangan adalah kelompok jamur. Dua golongan jamur, yaitu khamir dan kapang dapat digunakan untuk fermentasi bahan pangan. Kira-kira apa perbedaan antara khamir dan kapang? Berikut adalah perbedaan antara keduanya.

Tabel 1. Perbedaan antara khamir dan kapang.

Khamir (<i>yeast</i>)	Kapang (<i>mold</i>)
<ul style="list-style-type: none">✘ Mikroorganisme bersel tunggal (uniseluler).✘ berkembang biak dengan pertunasan.✘ Tidak berfilamen.✘ Tidak berflagela.	<ul style="list-style-type: none">✘ Mikroorganisme bersel banyak (multiseluler).✘ Berkembang biak dengan spora.✘ Berfilamen.✘ Tubuh terbagi menjadi 2 bagian yaitu miselium dan spora.

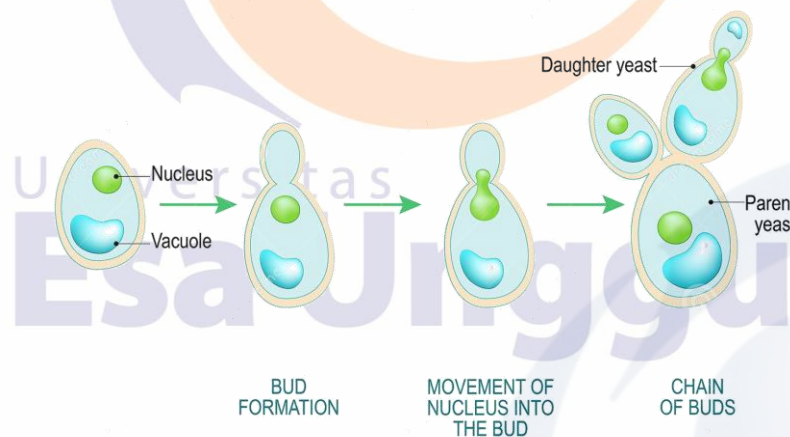
1. Khamir (*yeast*)

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*.



Gambar 1. Hasil pengamatan *yeast* pada mikroskop elektron (kiri) dan *yeast* yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari Baker's yeast (kanan).

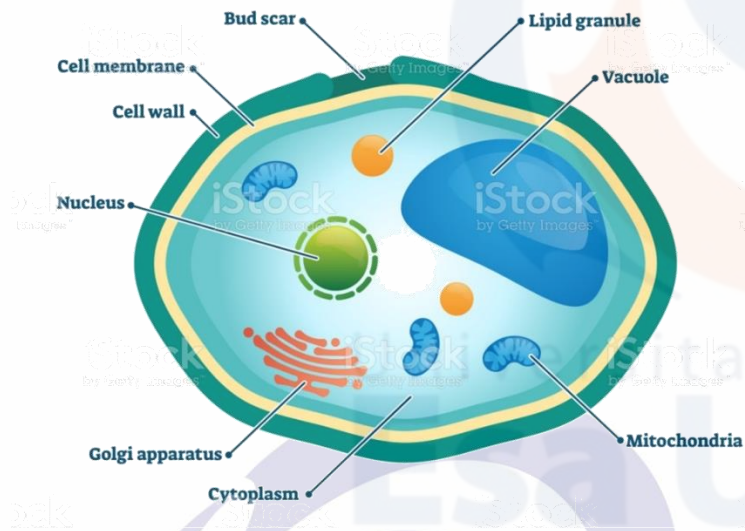
Khamir merupakan organisme uniseluler yang melakukan reproduksi aseksual dengan pertunasan dan seksual dengan spora. Cara reproduksi yang paling sering dilakukan adalah reproduksi aseksual. Ukuran tubuhnya sedikit lebih besar dibandingkan dengan bakteri. Khamir memiliki dinding sel yang lebih kuat dibandingkan dinding sel pada protozoa. Saat melakukan pemecahan bahan kimia tertentu maka hasilnya lebih efektif dengan volume yang lebih banyak dibandingkan kapang.



Gambar 2. Proses pembelahan sel yeast dengan cara pertunasan (sumber: www.dreamstime.com).

Pada gambar 2 terlihat cara perbanyakkan sel khamir dengan cara pertunasan. Sel lama akan membentuk tunas, kemudian terjadi pembelahan nukleus menjadi 2, masing-masing untuk sel lama dan sel anakan. Kemudian terjadi lagi

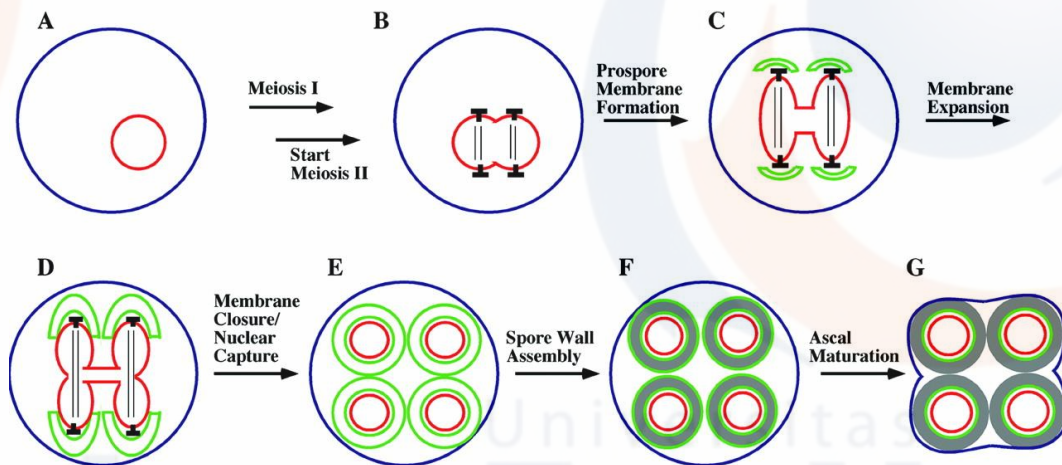
pembentukan tunas baru dari sel anakan, demikian seterusnya sehingga terbentuk sel khamir yang bertambah banyak.



Gambar 3. Struktur sel khamir.

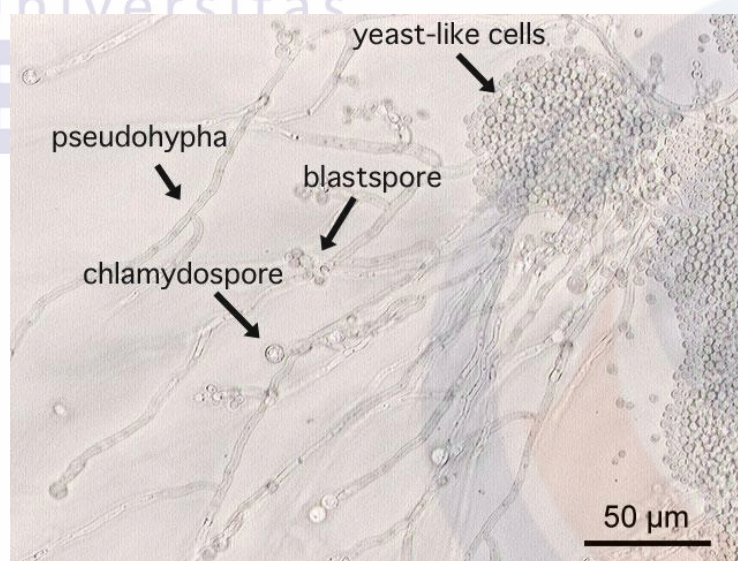
Struktur sel khamir seperti struktur pada organisme eukariotik lainnya. Pada bagian terluar terdapat dinding sel yang melapisi membran sel. Pada sitoplasmanya terdapat beberapa organel seperti badan Golgi, mitokondria terdapat juga granul-granul lemak dan vakuola. Inti sel memiliki membran inti dan merupakan pusat pengendalian pertumbuhan sel.

Khamir dapat dibedakan menjadi 2, yaitu kelompok **khamir sejati** (*true yeast*) dan kelompok **khamir liar** (*wild yeast*). Kelompok **khamir sejati** merupakan khamir yang terdapat dalam kelas *Ascomycotina* dengan ciri memiliki spora. Salah satu spesies yang masuk dalam kelas *Ascomycotina* adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang sering digunakan dalam peragian kue. Spesies lain yang masuk dalam kelompok ini adalah *Pichia pastoris*. Spesies ini juga sangat berperan dalam proses fermentasi bahan pangan sejak lama. Beberapa tahun terakhir, spesies ini diketahui sangat baik digunakan dalam riset bioteknologi. Hal ini dikarenakan DNA pada *Pichia pastoris* sangat lengkap sehingga dapat digunakan untuk riset tentang analisis gen. Selain itu, genom *Pichia pastoris* dapat digunakan untuk proses rekombinasi gen, terutama gen-gen yang berasal dari organisme eukariotik. Kelebihan lain adalah spesies ini dapat menghasilkan protein hasil rekombinasi gen ini.



Gambar 4. Proses pembentukan spora pada *Saccharomyces cerevisiae* diperlihatkan dari A-G, terdapat proses meiosis dalam pembentukan spora ini.

Kelompok khamir yang lain adalah khamir liar (*wild yeast*) yang berciri tidak menghasilkan spora untuk perkembangbiakannya. Beberapa spesies yang termasuk dalam kelompok ini antara lain *Candida sp.*, *Torulopsis sp.*, *Brettanomyces sp.*, *Rhodotorula sp.*, *Trichosporon sp.* dan *Kloeckera sp.* Pada proses fermentasi, keberadaan spesies-spesies ini terkadang diharapkan dan terkadang juga tidak diharapkan dalam proses fermentasi.



Gambar 5. Struktur *Candida albicans* dalam pengamatan dengan mikroskop.

Spesies *Candida albicans* merupakan spesies jamur yang hidup sebagai flora normal pada beberapa tubuh manusia seperti lapisan mukosa pada rongga mulut, usus hingga saluran reproduksi. Spesies jamur ini berperan dalam proses pencernaan makanan dengan pemecahan gula dan nutrisi lain. Spesies ini juga dikenal sebagai penyebab penyakit terutama pada individu dengan respon imunitas tubuh yang lemah, seperti candidiasis pada individu dengan AIDS.

Setelah kita mengetahui beberapa jenis khamir, maka kita juga harus mengetahui produk-produk pangan apakah yang bisa dihasilkan dari khamir ini. Beberapa produk 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

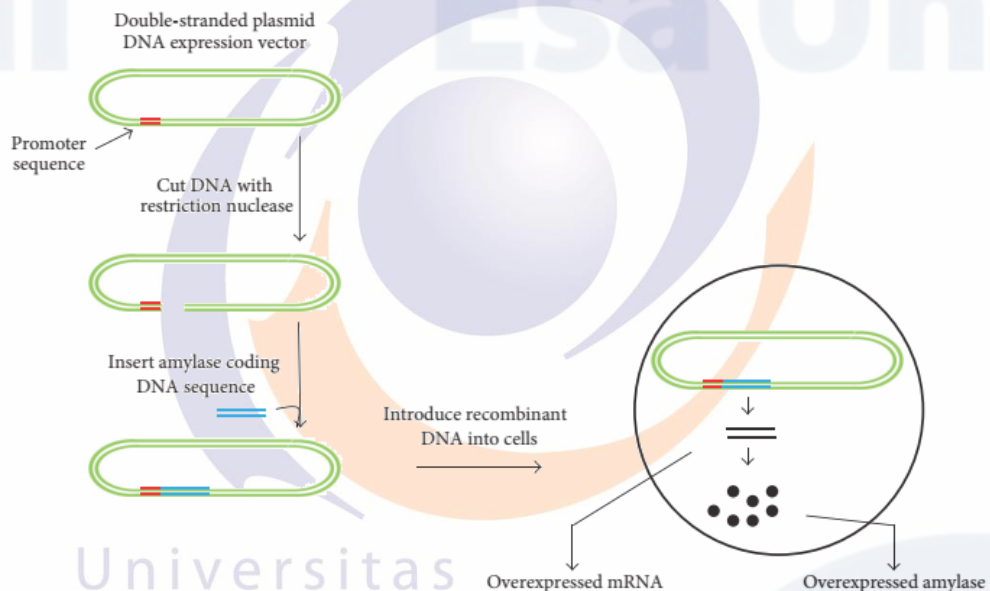


Gambar 6. Beberapa produk pangan dari khamir, (searah jarum jam) sauerkraut, xanthan gum, keju dan angkak.

Produk-produk non-pangan yang 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 7. Proses rekayasa genetika yang digunakan dalam produksi enzim amilase (Gopinath, 2017).

Kita akan melihat salah satu produk hasil fermentasi khamir lebih detil, agar kita dapat memahami bagaimana khamir ini dapat berguna dalam proses industri.

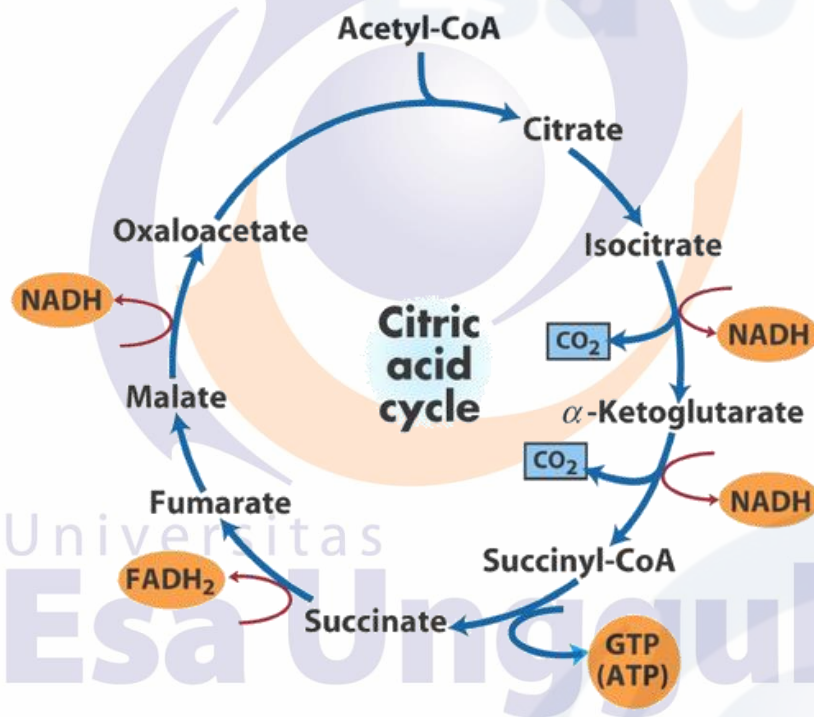
Asam Organik.

Beberapa asam organik dihasilkan oleh mikroba dan sejalan dengan pertumbuhannya. Asam-asam organik ini berperan sebagai metabolit primer. Beberapa asam organik yang dihasilkan oleh mikroba antara lain:

- a. Asam sitrat

- b. Asam asetat
- c. Asam laktat

Asam sitrat dikenal juga dengan nama *2-hydroxy propane-1,2,3-tricarboxylic acid*. Senyawa ini secara alami terdapat dalam lemon dan diketahui beberapa manfaatnya, sehingga berpotensi dikembangkan dalam proses industri. Seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi diketahui bahwa asam sitrat juga menjadi senyawa antara dalam siklus Krebs (TCA cycle) yang terjadi pada hampir semua organisme. Siklus ini merupakan bagian dari proses respirasi sel yang sangat penting untuk kehidupan organisme.



Gambar 8. Siklus Krebs dalam proses respirasi sel yang menghasilkan asam sitrat (sumber: www.respirationresource.weebly.com).

Pada tahun 1920-an diketahui bahwa asam organik ini merupakan hasil metabolisme dari *Aspergillus niger* yang kemudian dinamakan *Citromyces*. Produk ini kemudian mempunyai nilai ekonomis yang tinggi sehingga dapat merajai produksi asam sitrat di dunia. Mikroorganisme lain yang juga dapat menghasilkan

asam sitrat antara lain : *Candida catenula*, *C. guilliermondii*, *Yarrowia lipolytica*, *C. tropicalis*.

Kondisi kultur yang optimum sangat diperlukan bagi pertumbuhan khamir sehingga dapat menghasilkan asam sitrat dengan kualitas yang baik. Kondisi optimum terdiri dari nutrisi, pH dan waktu kultur yang optimum. Berikut adalah contoh kondisi optimum untuk kultur khamir penghasil asam sitrat :

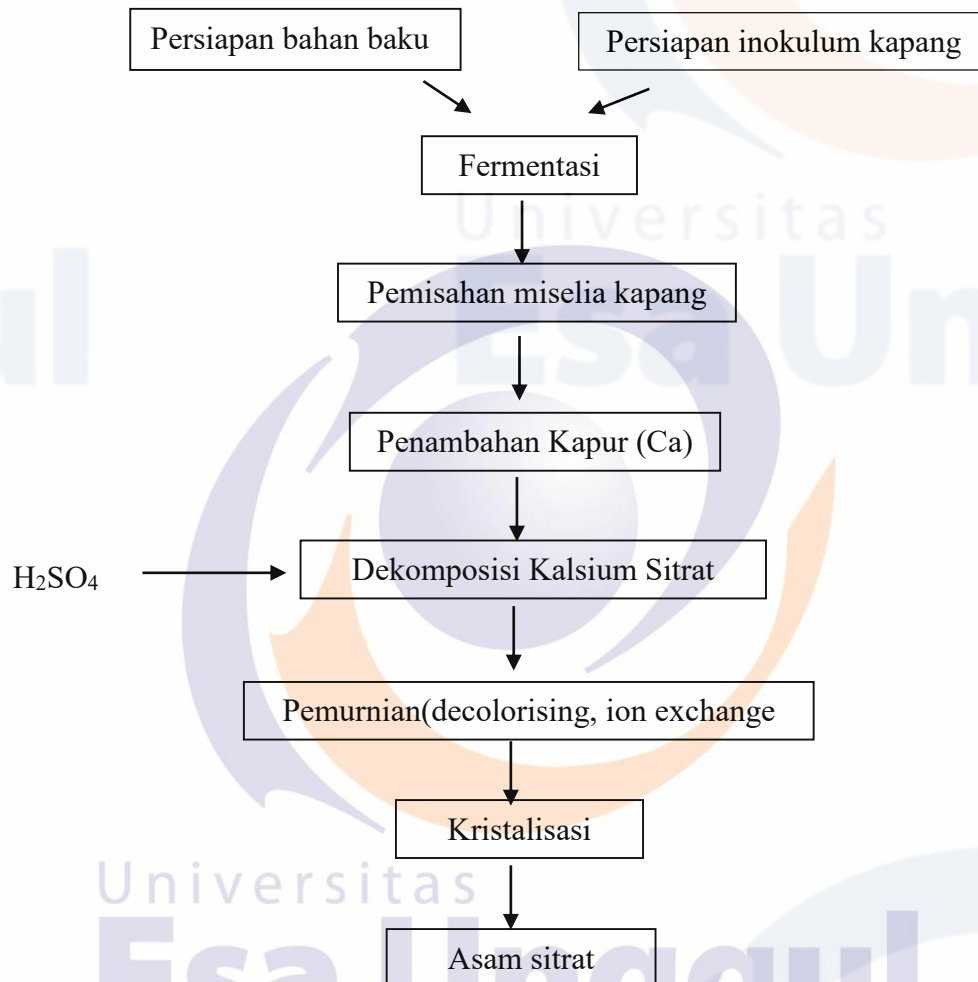
Konsentrasi gula	120-250 g/l
Ion logam	Mn < 10^{-8} M Zn < $10^{-6} - 10^{-7}$ M Fe < 10^{-4} M
Tekanan oksigen terlarut	>10 mbar
pH	1.6-2.2
Konsentrasi Phosphat	0.2-1.0 g/l
Garam amonium	>2.0 g/l
Waktu	160-240 jam

Proses produksi asam sitrat oleh kapang dimulai dari persiapan bahan baku berupa medium dan kondisi kultur, serta persiapan inokulum khamir. Setelah itu dilakukan pengkulturan khamir ini di medium yang telah disiapkan kemudian dilakukan proses fermentasi. Miselia yang terbentuk dalam kultur khamir kemudian dipisahkan. Dilakukan penambahan Kalsium (Ca) ke dalam media kultur. Ketika dilakukan penambahan H_2SO_4 terjadi dekomposisi asam sitrat. Hasil ini kemudian dilanjutkan dengan proses pemurnian yang memisahkan produk dengan bahan-bahan lain, menghilangkan warna-warna tertentu dari kultur dan lain-lain). Setelah itu dilakukan proses kristalisasi, sehingga dihasilkanlah asam sitrat seperti yang kita kenal sekarang.

Pemanfaatan asam sitrat dalam bidang industri sangat beranekaragam, yaitu sebagai pengawet dan pengasam dari makanan, juga dapat digunakan dalam produksi permen (21% dari semua bahan), dalam industri minuman, asam sitrat juga dapat digunakan dan komposisinya bisa mencapai 45% dari semua bahan.

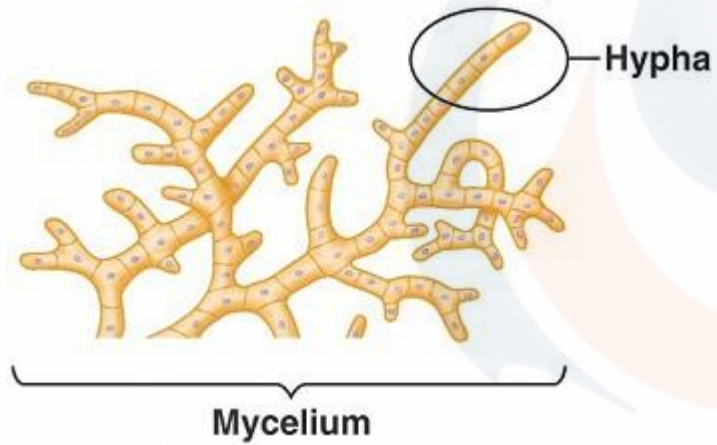
Kemudian asam sitrat juga dapat digunakan dalam produk farmasi yang komposisinya mencapai 27% dari total produksi.

Berikut adalah proses produksi asam sitrat.

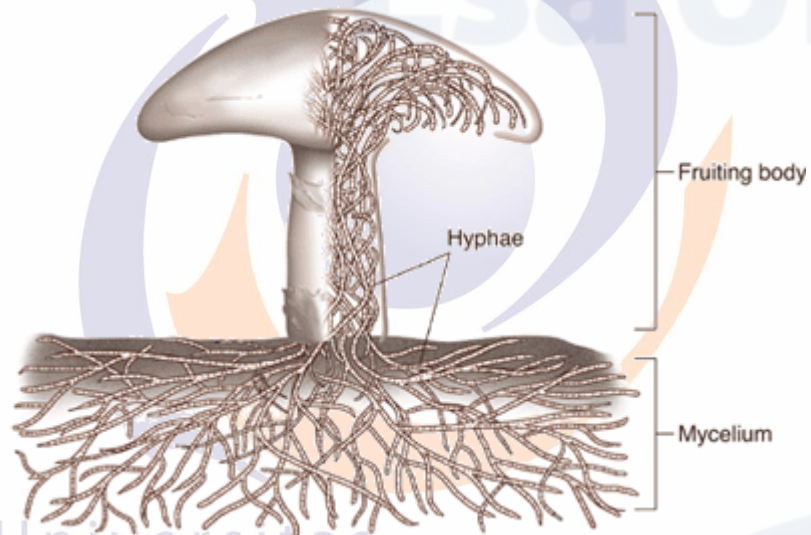


2. Kapang (*mold*)

Kapang atau dalam bahasa Inggris disebut dengan mold adalah jamur tingkat tinggi yang memiliki struktur vegetatif yang disebut miselium. Miselium ini merupakan kumpulan hifa yang saling bertumpang tindih. Bentuk dari miselium ini bervariasi, dari koloni yang kecil hingga membentuk struktur jamur makroskopis yang bisa dilihat dengan mata telanjang. Struktur ini disebut dengan badan buah (*fruiting bodies*). Contoh jamur makroskopis ini antara lain jamur merang, jamur kuping dan lain-lain.



Gambar 9. Miselium (*Mycelium*) terbentuk dari kumpulan hifa (*hyphae*).

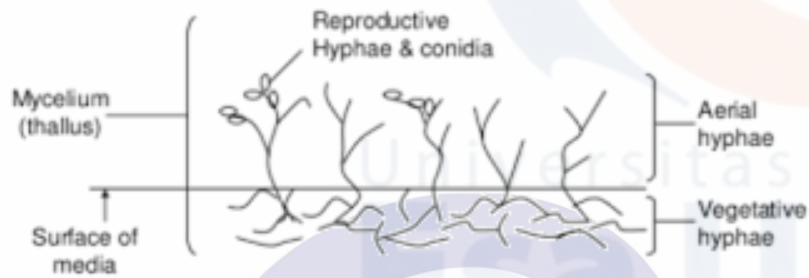


Gambar 10. Miselium dapat membentuk struktur badan buah (*fruiting bodies*) pada jamur makroskopis.



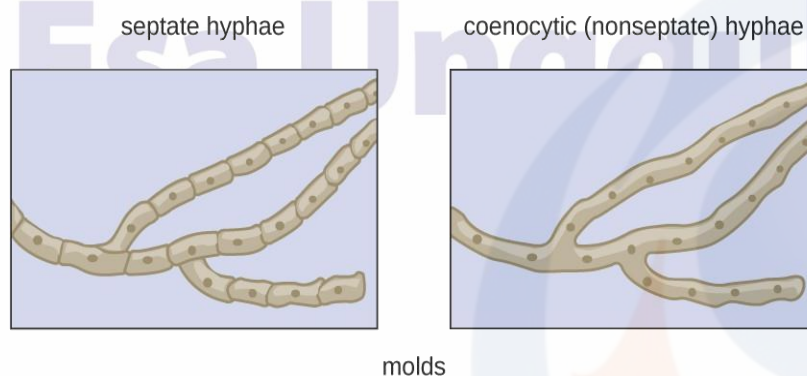
Gambar 11. Salah satu bentuk jamur makroskopis.

Hifa pada kapang bisa dibedakan menjadi hifa vegetatif, hifa reproduktif dan hifa aerial. Hifa vegetatif adalah hifa yang berada di medium dan berfungsi untuk menyerap makanan. Sedangkan hifa aerial adalah hifa yang terletak di atas medium. Jika ujung hifa aerial ini berisi spora, maka hifanya dinamakan hifa reproduktif.



Gambar 12. Tipe-tipe hifa yaitu hifa vegetatif, aerial dan reproduktif yang memiliki spora (dalam gambar ini konidia).

Berdasarkan ada tidaknya sekat, maka hifa dapat dibedakan menjadi hifa yang bersekat (*septate hyphae*) dan hifa yang tidak bersekat (*nonseptate hyphae*). Sekat ini dinamakan septa. Septa akan membagi hifa menjadi beberapa sel. Namun, septa ini memiliki pori-pori sehingga memungkinkan sitoplasma dan inti sel bergerak dari satu sel ke sel yang lain. Hal ini terjadi dalam proses pembelahan sel.



Gambar 13. Hifa pada kapang bisa memiliki septa (*septate hyphae*) atau tidak memiliki septa (*nonseptate hyphae*) (sumber: www.courseslumenlearning.com).

Kapang kelas Ascomycetes, Basidiomycetes dan Deuteromycetes merupakan kapang yang hifanya bersekat. Sedangkan Zygomycetes dan Oomycetes merupakan kelas kapang yang tidak memiliki septa pada hifanya.

Beberapa kapang yang digunakan dalam industri makanan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Produk makanan yang menggunakan kapang

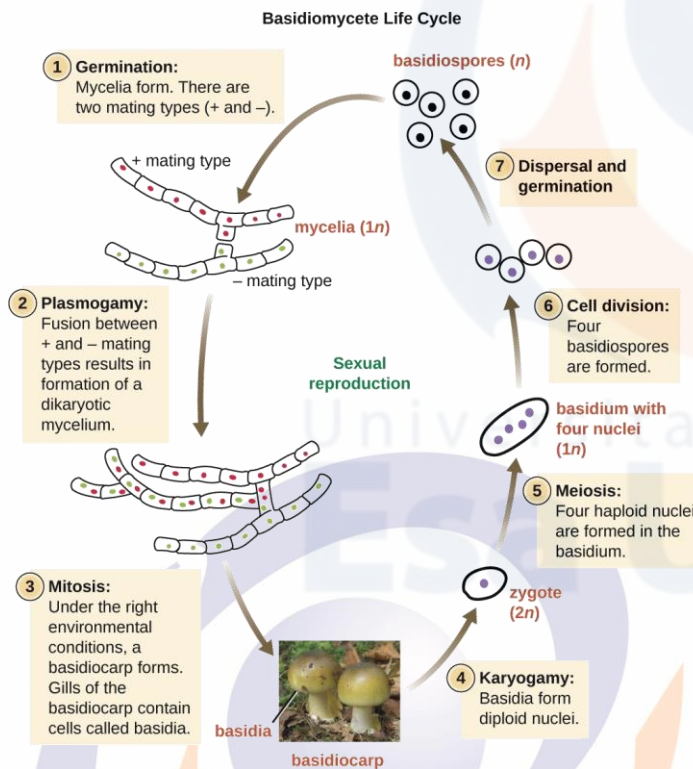
Produk	Bahan Dasar	Jenis Kapang
Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oligospora</i> <i>Rhizopus oryzae</i>
Oncom merah	Bungkil kacang tanah	<i>Neurospora sitophia</i>
Oncom hitam	Ampas tahu	<i>Rhizopus oligospora</i> <i>Rhizopus oryzae</i>
Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus oryzae</i>
Tauco	Kedelai	<i>Aspergillus oryzae</i>
Ragi tape	Beras	<i>Rhizopus aspergillus</i>
Keju biru	Susu	<i>Penicillium requeforti</i>
Keju camemberti	Susu	<i>Penicillium camemberti</i>

Siklus reproduksi kapang diawali dengan pembentukan spora, kemudian berkembang menjadi hifa dan miselia. Terdapat hifa (+) dan (-) yang kemudian saling bergabung (fusi) membentuk hifa baru yang memiliki dua nukleus dalam satu septa (hifa dikaritotik). Setelah itu akan terjadi pertumbuhan kapang yang memiliki spora. Kemudian spora-spora ini akan mengalami pembelahan meiosis sehingga akan terbentuk spora yang haploid dan siap untuk digunakan dalam pertumbuhan baru. Gambar 14 memperlihatkan siklus hidup pada Basidiomycetes dengan sporanya yang disebut basidiospora.

Beberapa jenis kapang yang penting dalam industri.

1. *Aspergillus niger*.

Kapang ini penting dalam pembuatan asam sitrat dalam industri. Penggunaan asam sitrat dalam industri diketahui cukup luas, terutama dalam industri makanan. Bahan ini juga dapat digunakan dalam industri farmasi.



Gambar 14. Siklus hidup *Basidiomycetes* (sumber : www.courseslumenlearning.com).

2. *Rhizopus oryzae*.

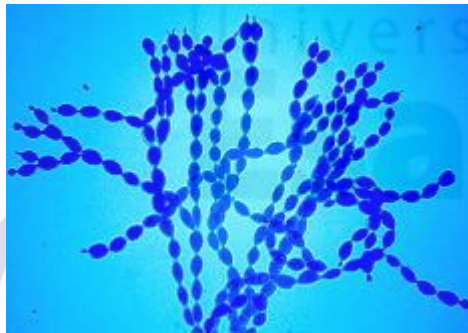
Kapang yang satu ini secara tradisional digunakan untuk produksi tempe. Kapang ini membuat kedelai lebih enak untuk dimakan dan enzim yang dihasilkannya (potease, lipase dan amilase) membuat penyerapan nutrisi menjadi lebih baik. Aroma dari tempe juga menjadi khas karena kapang ini. Miselia dari *Rhizopus oryzae* ini dapat mengikat kedelai yang digunakan sebagai bahan dasar sehingga tempe menjadi lebih padat/kompak.



Gambar 15. *Rhizopus oryzae* dalam pengamatan dengan mikroskop.

3. *Neurospora sitophila*

Kapang yang satu ini telah digunakan juga secara tradisional untuk menghasilkan makanan bergizi lainnya yaitu oncom. Makanan ini berasal dari Jawa Barat dan telah menyebar ke seluruh Indonesia. Hampir sama dengan *R. oligosporus*, kapang yang digunakan dalam pembuatan oncom ini juga menghasilkan protease dan lipase yang berperan dalam pembentukan nutrisi pada oncom.



Gambar 16. *Neurospora sitophila* dalam pengamatan menggunakan mikroskop.

4. *Monascus purpureus*

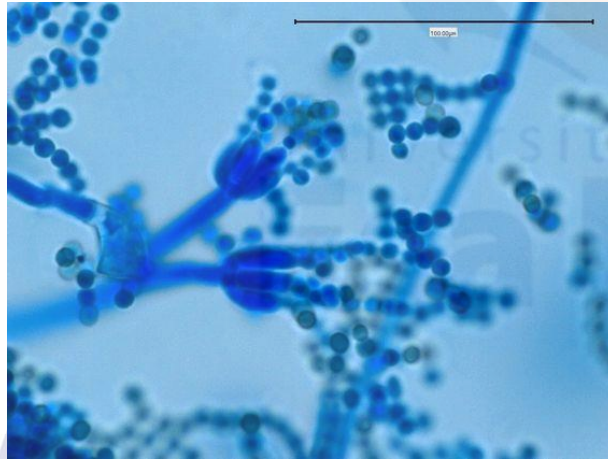
Kapang ini digunakan untuk pembuatan angkak atau beras fermentasi. Hasil fermentasi ini menghasilkan beras yang memiliki nilai gizi yang tinggi dan sering dikonsumsi oleh penduduk Asia.



Gambar 17. Struktur *Monascus purpureus* yang diamati dengan mikroskop elektron (Manan, 2017).

5. *Penicillium sp.*

Kapang yang satu ini sangat dikenal karena dapat menghasilkan antibiotik penisilin. Antibiotik ini merupakan antibiotik pertama yang ditemukan dan menjadi tonggak penemuan antibiotik-antibiotik lainnya.



Gambar 18. *Penicillium sp* yang diamati dengan mikroskop.

C. Latihan

- Apa sajakah perbedaan khamir dan kapang?
- Sebutkan contoh bahan pangan yang dihasilkan dengan bantuan khamir dan kapang.
- Sebutkan produk asam organik dari khamir.

D. Kunci Jawaban

- Kahmir merupakan organisme bersel tunggal, berkembang biak dengan pertunasan dan tidak memiliki hifa. Sedangkan kapang merupakan organisme multiseluler, berkembangbiak dengan spora dan memiliki hifa.
- Keju, kecap, tempe, oncom, angkak, sauerkraut.
- 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 *Rhizopus 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 purpureus*. *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://courses.lumenlearning.com>.