

# **MIKROBIA PERTANIAN**

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# **MIKROBIA PERTANIAN**

**Ir. Hj. Sopalena, MP., Ph.D**



# **MIKROBIA PERTANIAN**

**Ir. Hj. Sopialena, MP., Ph.D**

Desain Cover :  
**Mulawarman University Press**

Tata Letak :  
**Mulawarman University Press**

Ukuran :  
**xv+228 hlm, Uk: 15.5 x 23 cm**

ISBN :  
**978-623-7480-53-2**

Cetakan Pertama :  
**Maret 2020**

Hak Cipta 2020, Pada Penulis

---

**Isi diluar tanggung jawab percetakan**

---

**Copyright © 2020 by MULAWARMAN UNIVERSITY PRESS**  
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

## **PENERBIT MULAWARMAN UNIVERSITY PRESS**

Anggota IKAPI dan APPTI  
Gedung LP2M Universitas Mulawarman  
Jl. Krayan, Kampus Gunung Kelua,  
Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia, 75119  
Telp/Faks: (0541) 747432  
Website: [www.mup.unmul.ac.id](http://www.mup.unmul.ac.id)  
E-mail: [mup@unmul.ac.id](mailto:mup@unmul.ac.id), [mup@lppm.unmul.ac.id](mailto:mup@lppm.unmul.ac.id)

---

## **KATA PENGANTAR**

---

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang mana telah memberikan rahmat kepada kita semua, sehingga pada kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan buku tentang MIKROBIA PERTANIAN dan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung sehingga dapat terselesaikannya buku ini.

Tujuan dari pembuatan buku ini adalah untuk mempelajari pentingnya mikrobial dalam kehidupan manusia khususnya dibidang pertanian serta buku ini diharapkan dapat menjadi referensi mahasiswa Strata 1 agar dapat mengenal lebih jauh mengenai mikrobial yang banyak berperan dalam kehidupan sehari-hari.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada anak-anakku yang banyak mendukung penulis serta kepada mahasiswa Fakultas Pertanian serta pihak yang banyak menyokong sumbang pemikiran dalam penyempurnaan penulisan ini. Mudah-mudahan apa yang sudah diberikan menjadikan ibadah bagi kita semua dan mudah-mudahan akan banyak membawa keberkahan bagi kita. Amien.

Samarinda, Maret 2020

Penulis



---

## DAFTAR ISI

---

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>

### **BAKTERI**

<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>2</b>
A. Latar Belakang.....	2
<b>BAB II PEMBAHASAN.....</b>	<b>3</b>
A. Klasifikasi Bakteri.....	3
B. Sifat Bakteri.....	6
C. Macam Macam Bakteri.....	11
D. Peranan Bakteri Dalam Industri Pangan.....	15
E. Habitat Bakteri.....	18
F. Struktur Sel Bakteri.....	20
G. Reproduksi Bakteri.....	40
H. Siklus Hidup Bakteri.....	44

### **JAMUR**

<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>48</b>
A. Sejarah Jamur.....	48
B. Sejarah Evolusi Fungi.....	48
C. Pengertian Fungi (Jamur).....	49

<b>BAB II. PEMBAHASAN.....</b>	<b>50</b>
A. Sejarah Taksonomi Fungi .....	50
B. Struktur Tubuh Jamur .....	51
C. Jenis-Jenis Jamur.....	54
D. Ciri-Ciri Umum Jamur .....	62
E. Sistem Reproduksi Fungi (Jamur).....	63
F. Penyakit Yang Disebabkan Oleh Jamur .....	68
G. Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur. ....	73
H. Peranan Jamur. ....	75

## **RAGI ATAU YEAST**

<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>78</b>
---------------------------------	-----------

A. Latar Belakang .....	78
-------------------------	----

<b>BAB II. RAGI.....</b>	<b>78</b>
--------------------------	-----------

A. Pengertian Ragi .....	78
--------------------------	----

B. Sejarah Ragi .....	81
-----------------------	----

C. Pertumbuhan Ragi .....	83
---------------------------	----

D. Ekologi Ragi.....	84
----------------------	----

E. Reproduksi Ragi.....	85
-------------------------	----

<b>BAB III. RAGI ALAMI .....</b>	<b>86</b>
----------------------------------	-----------

A. Pengertian Ragi Alami .....	86
--------------------------------	----

B. Bahan untuk Membuat Ragi Alami.....	87
--	----

C. Pembuatan Ragi Alami .....	89
-------------------------------	----

D. Penyimpanan Ragi Alami .....	90
---------------------------------	----

<b>BAB IV. PEMANFAATAN RAGI .....</b>	<b>91</b>
A. Bir .....	91
B. Roti .....	95
C. Proses Pembuatan Roti .....	96
D. Proses Pembuatan Tape Singkong.....	101
E. Proses Pembuatan Tape Ketan .....	104

**VIRUS**

<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>110</b>
A. Sejarah Virus .....	110
<b>BAB II. PEMBAHASAN.....</b>	<b>115</b>
A. Ciri-Ciri Virus .....	115
B. Siklus Hidup Virus .....	115
C. Virus yang Menyerang Tanaman. ....	126

**PROTOZOA**

<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>135</b>
A. Latar belakang .....	135
<b>BAB II. PEMBAHASAN.....</b>	<b>136</b>
A. Pengertian Protozoa.....	136
B. Bentuk Tubuh Protozoa.....	137
C. Habitat .....	138
D. Ciri-ciri Protozoa.....	139
E. Morfologi Protozoa .....	141

F. Fisiologi Protozoa .....	143
G. Adaptasi Protozoa .....	144
H. Kelas Berdasarkan Alat Gerak .....	146
I. Peranan Protozoa.....	166
<b>BAB III. PENUTUP.....</b>	<b>168</b>
A. Kesimpulan .....	168

## **NEMATODA**

<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>170</b>
A. Pengertian Nematoda .....	170
B. Morfologi dan Anatomi Nematoda .....	172
C. Klasifikasi Nematoda Tumbuhan.....	178
<b>BAB II. PEMBAHASAN.....</b>	<b>186</b>
A. Sistem Fisiologi Nematoda .....	186
B. Peranan Nematoda Pada Tumbuhan .....	192
C. Peran Nematoda Dalam Biologis Tanah .....	193
D. Gejala Penyakit Yang Disebabkan Oleh Nematoda.....	202
E. Beberapa Spesies Nematoda Pada Tanaman Yang Banyak Ditemukan .....	206
F. Pentingnya Nematoda Dalam Pertanian.....	219

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>223</b>
----------------------------	------------

---

## DAFTAR GAMBAR

---

Gambar 1.	Bentuk-bentuk bakteri .....	6
Gambar 2.	Bakteri <i>Lactobacillus</i> ( <a href="https://id.m.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus">https://id.m.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus</a> ) .....	11
Gambar 3.	Bakteri <i>Acebacter xylium</i> ( <a href="https://blog.ub.ac.id/s12017/tag/bakteri-acetobacter-xylinum/">https://blog.ub.ac.id/s12017/tag/bakteri-acetobacter-xylinum/</a> .....	12
Gambar 4.	Bakteri <i>Clostridium Botulinum</i> ( <a href="https://id.m.wikipedia.org/wiki/Clostridium_botulinum">https://id.m.wikipedia.org/wiki/Clostridium_botulinum</a> ) .....	12
Gambar 5.	Bakteri <i>Ralstonia solanacearum</i> (Sumber <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Ralstonia_solanacearum">https://en.wikipedia.org/wiki/Ralstonia_solanacearum</a> )	14
Gambar 6.	Bakteri <i>Xanthomonas Oryzae</i> .....	15
Gambar 7.	Sel Bakteri (Sumber <a href="https://www.gurupendidikan.co.id/sel-bakteri/">https://www.gurupendidikan.co.id/sel-bakteri/</a> ) .....	21
Gambar 8.	Flagela Bakteri (Sumber <a href="https://klikisma.com/2015/05/struktur-flagela-bakteri.html">https://klikisma.com/2015/05/struktur-flagela-bakteri.html</a> ).....	21
Gambar 9.	Flagelum (Sumber <a href="https://id.wikipedia.org/wiki/Flagelum">https://id.wikipedia.org/wiki/Flagelum</a> ) .....	23
Gambar 10.	Kapsul bakteri (Sumber <a href="https://biologigonz.blogspot.com/2014/01/kapsul-bakteri.html">https://biologigonz.blogspot.com/2014/01/kapsul-bakteri.html</a> ).....	27

Gambar 11. Sel Bakteri Positif dan Sel Bakteri Negatif (Sumber ://infomikrobiologi.blogspot.com/2013/09/pewarnaan- diferensial-pewarnaan-gram_7.html) .....	31
Gambar 12. Bakteri Gram Positif (Sumber <a href="https://id.wikipedia.org/wiki/Gram-positif">https://id.wikipedia.org/wiki/Gram-positif</a> ) .....	34
Gambar 13. Bakteri Gram Negatif (Sumber <a href="https://id.wikipedia.org/wiki/Gram-negatif">https://id.wikipedia.org/wiki/Gram-negatif</a> ) .....	35
Gambar 14. Komponen Penyusun Bakteri (Sumber <a href="http://harlindah.blogspot.com/2009/03/8.Protoplas%20dan%20Sferoplas">http://harlindah.blogspot.com/2009/03/ 8. Protoplas dan Sferoplas</a> ).....	36
Gambar 15. Proses pembelahan biner pada bakteri .....	40
Gambar 16. Proses Transduksi (Sumber <a href="https://www.edubio.info/2017/01/transformasi-transduksi-dan-konjugasi.html">https://www.edubio.info/2017/01/transformasi- transduksi-dan-konjugasi.html</a> ).....	42
Gambar 17. Proses Transformasi (Sumber <a href="https://www.edubio.info/2017/01/transformasi-transduksi-dan-konjugasi.html">https://www.edubio.info/2017/01/transformasi- transduksi-dan-konjugasi.html</a> ) .....	42
Gambar 18. Proses Konjungsi (Sumber <a href="https://www.edubio.info/2017/01/transformasi-transduksi-dan-konjugasi.html">https://www.edubio.info/2017/01/transformasi- transduksi-dan-konjugasi.html</a> ).....	43
Gambar 19. Siklus hidup bakteri 4 Fase .....	44
Gambar 20. Struktur Tubuh Jamur.....	53
Gambar 21. Microsporidia .....	54
Gambar 22. Chytrids .....	55
Gambar 23. Blastocladiomycota .....	56
Gambar 24. Neocallimastigomycota .....	57

Gambar 25. Glomeromycota .....	57
Gambar 26. Ascomycota .....	58
Gambar 27. Basidiomycota .....	59
Gambar 28. Incertae Sedis .....	60
Gambar 29. Reproduksi Jamur Secara Seksual .....	64
Gambar 30. Reproduksi Jamur secara Aseksual .....	66
Gambar 31. Gajala Serangan <i>Jamur Pyihium</i> dan <i>Rhizoctonia</i> .....	69
Gambar 32. Gejala Serangan Jamur <i>Phytophthora infestans</i> .....	70
Gambar 33. Gejala Serangan Jamur <i>Alternaris brassicae</i> .....	71
Gambar 34. Gejala Serangan Jamur <i>Cercospora beticola</i> .....	72
Gambar 35. Gejala serangan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	73
Gambar 36. Ragi.....	79
Gambar 37. Compressed yeast, Active dry yeast, dan Instant dry yeast. (Sumber : google.com) .....	81
Gambar 38. Theodor Schwann, van Leeuwenhoek, dan Louis Pasteur. ....	83
Gambar 39. Siklus reproduksi ragi. ....	85
Gambar 40. Contoh dari ragi alami. ....	86
Gambar 41. Proses pembuatan ragi alami. ....	90
Gambar 42. Perbedaan fermentasi permukaan dan fermentasi terendam. Sumber : slideshare.net .....	92
Gambar 43. Barley.....	92
Gambar 44. “Mash Tun” .....	93

Gambar 45. Hops.....	93
Gambar 46. Bir yang sedang difermentasi. ....	94
Gambar 47. Pengisian bir dalam botol. ....	94
Gambar 48. Jack Daniel’s, salah satu produk bir yang terkenal. ....	95
Gambar 49. Roti .....	95
Gambar 50. Tepung terigu .....	97
Gambar 51. Bahan roti di campur aduk .....	97
Gambar 52. Adonan di diamkan .....	98
Gambar 53. Adonan roti di olah kembali .....	99
Gambar 54. Adonan roti di bentuk.....	100
Gambar 55. Roti yang telah jadi.....	100
Gambar 56. Singkong.....	101
Gambar 57. Singkong yang telah di lepas dari kulitnya .....	101
Gambar 58. Ragi tape singkong. ....	102
Gambar 59. Tape singkong. ....	102
Gambar 60. Tapai yang siap dinikmati. ....	103
Gambar 61. Olahan tapai lain. Kanan tapai goreng dan kiri es tapai. .....	103
Gambar 62. Beras ketan .....	104
Gambar 63. Beras ketan telah dicuci dan diberi perwarna pandan .	104
Gambar 64. Beras ketan yang telah dikukus .....	105
Gambar 65. Beras ketan yang telah masak .....	105
Gambar 66. Beras ketan yang dikukus.....	106

Gambar 67. Ketan dicampur ragi .....	106
Gambar 68. Ketan yang difermentasi .....	107
Gambar 69. Tape ketan yang sudah jadi.....	107
Gambar 70. Sejarah Penemuan Virus (Sumber <a href="http://sejarah--dunia.blogspot.com/2017/10/sejarah-penemuan-virus.html">http://sejarah--dunia.blogspot.com/2017/10/sejarah-penemuan-virus.html</a> ).....	110
Gambar 71. Siklus Hidup Virus (Sumber <a href="https://materiipa.com/daur-hidup-virus">https://materiipa.com/daur-hidup-virus</a> ).....	116
Gambar 72. Siklus Litik.....	117
Gambar 73. Siklus Lisogenik (Sumber <a href="https://materiipa.com/siklus-lisogenik">https://materiipa.com/siklus-lisogenik</a> ) .....	120
Gambar 74. Bentuk Virus Spiral (sumber: <a href="http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com">khalidahmnoerharahap.blogspot.com</a> ).....	124
Gambar 75. Bentuk Virus polyhedral (sumber : <a href="http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com/2018/04/makalah-virus.htm">http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com/2018/04/makalah-virus.htm</a> ).....	125
Gambar 76. Bentuk Virus Bersamopul (sumber: <a href="http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com/2018/04/makalah-virus.htm">http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com/2018/04/makalah-virus.htm</a> ).....	125
Gambar 77. Gejala Serangan Virus Tanaman Tembakau (sumber <a href="https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html">https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html</a> ).....	126
Gambar 78. Gejala Serangan Virus Tungrau (sumber <a href="https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html">https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html</a> ).....	128

Gambar 79. Gejala Terserang Virus Degenerasi Tanaman Jeruk (sumber <a href="https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html">https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html</a> ).....	130
Gambar 80. Tanaman Terserang Virus Yellow (sumber <a href="https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html">https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html</a> ) .....	131
Gambar 81. Tanaman Terserang Virus TUMV (sumber <a href="https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html">https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html</a> ) .....	133
Gambar 82. Gejala Terserang VSD (sumber <a href="http://detiktani.blogspot.com/2013/06/penyakit-vs-d-vaskular-streak-dieback.html">http://detiktani.blogspot.com/2013/06/penyakit-vs-d-vaskular-streak-dieback.html</a> ) .....	134
Gambar 83. Protozoa.....	137
Gambar 84. Contoh Protozoa .....	143
Gambar 85. Rhizopoda bereproduksi .....	148
Gambar 86. Flagellata .....	150
Gambar 87. Ciliata .....	159
Gambar 88. Reproduksi nematoda ( <i>Sumber :</i> <a href="https://www.sridianti.com/cara-reproduksi-nematoda.html">https://www.sridianti.com/cara-reproduksi-nematoda.html</a> ).....	188
Gambar 89. Organ Ekskresi Pada Nematode .....	190

---

# **BAKTERI**

---

# **BAB I. PENDAHULUAN**

---

## **A. Latar Belakang**

Mikroorganisme adalah organisme yang berukuran sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga harus menggunakan alat bantu yaitu mikroskop. Setiap satu sel mikroorganisme mampu melakukan aktivitas kehidupan yaitu dapat mengalami pertumbuhan, menghasilkan energy, dan bereproduksi dengan sendirinya.

Menurut Buckle (2010), bahan pangan dapat berperan penting sebagai agen dari penularan atau pemindahan penyakit karena mikroorganisme yang bersifat patogenik terhadap manusia. Mikroorganisme tersebar di lingkungan sekitar, maka dari itu akibatnya produk pangan seringkali tidak steril karena tercemar oleh berbagai jenis mikroorganisme. Bukan hanya sebagai sumber zat bagi makhluk hidup, bahan pangan juga merupakan sebagai sumber makanan bagi perkembangan mikroorganisme.

Akan tetapi, mikroorganisme tidak selalu membawa dampak buruk dalam bahan pangan, mereka juga dapat membawa keuntungan seperti perbaikan bahan dari segi mutu, baik dari aspek gizi juga meningkatkan daya simpannya. Biasanya melalui proses fermentasi (bahan pangan) oleh mikroorganisme seperti contoh keju dan yoghurt (dari susu), tempe (dari kedelai), dan tape (dari ubi kayu). Beberapa ini adalah contoh mikroorganisme yang berhubungan dengan bahan pangan yaitu bakteri, kapang, khamir, dan virus. Namun, khamir tidak berperan penting dalam penyakit yang ditularkan melalui makanan (Buckle, 2010).

Bakteri merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang paling penting dan banyak macamnya, bakteri merupakan salah satu mikroba yang mempengaruhi kehidupan tumbuhan. Bakteri juga sangat erat hubungannya dengan makanan. Adanya bakteri dalam bahan pangan

dapat mengakibatkan pembusukan yang tidak diinginkan atau menimbulkan penyakit yang ditularkan melalui makanan atau dapat melangsungkan fermentasi yang menguntungkan (Buckle, 2010). Bakteri secara garis besar terdapat di lingkungan alam yang berhubungan dengan hewan, tumbuh-tumbuhan, udara, air dan tanah. Buktinya, di lingkungan banyak yang terkontaminasi oleh bakteri.

## **BAB II PEMBAHASAN**

---

### **A. Klasifikasi Bakteri**

Klasifikasi ilmiah merujuk bagaimana para ahli biologi mengkategorikan spesies dari organisme yang punah maupun yang hidup. Klasifikasi modern berakar pada sistem Carolus Linnaeus, yang mengelompokkan spesies menurut sifat fisik yang dimiliki. Pengelompokan ini telah dirubah oleh Linnaeus untuk menjaga konsistensi dengan sifat umum yang diturunkan dari Darwin.

Untuk mempelajari makhluk hidup secara keseluruhan itu tidak mudah, sehingga para ahli biologi membuat klasifikasi (pengelompokan) makhluk hidup. Klasifikasi makhluk hidup merupakan suatu cara memilah dan mengelompokkan makhluk hidup menjadi golongan atau kelompok tertentu.

Tujuan klasifikasi makhluk hidup adalah agar mudah dalam mengenali, membandingkan, dan mempelajari makhluk hidup tersebut. Maksud dari membandingkan ini adalah mencari perbedaan dan persamaan sifat atau ciri dari makhluk hidup itu sendiri.

Klasifikasi makhluk hidup didasari oleh persamaan dan perbedaan ciri yang dimiliki makhluk hidup, seperti bentuk tubuh atau fungsi pada alat tubuhnya. Makhluk hidup yang memiliki ciri yang sama dikelompokkan dalam satu kelompok.

Berikut beberapa contoh klasifikasi di dalam Divisi Schizophyta (Bakteri):

1. Monera

Divisio : Schizophyta  
Class : Schizomycetes  
Ordo : Eubacteriales  
Familia : Eubacteriaceae  
Genus : Rhizobium  
Spesies : *Rhizobium leguminosarum*

Kingdom : Monera

Divisio : Schizophyta  
Class : Schizomycetes  
Ordo : Chlamydothricales  
Familia : Crenothricaceae  
Genus : Crenothrix  
Spesies : *Crenothrix polyspora*

Kingdom : Monera

Divisio : Schizophyta  
Class : Schizomycetes

Ordo : Actinomycerales  
Familia : Streptomycetaceae  
Genus : Streptomyces  
Spesies : *Streptomyces rimosus*

Kingdom : Monera  
Divisio : Schizophyta  
Class : Schizomycetes  
Ordo : Myxobacteriales  
Familia : Cytophagaceae  
Genus : Cytophaga  
Spesies : *Cytophaga rubra*

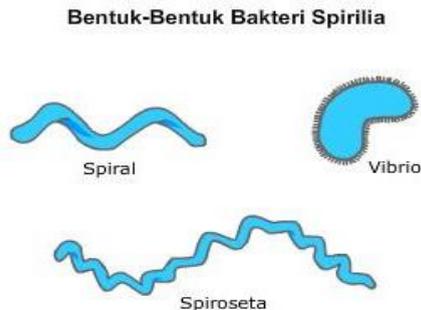
Kingdom : Monera  
Divisio : Schizophyta  
Class : Schizomycetes  
Ordo : Beggiatiales  
Familia : Beggiatoaceae  
Genus : Thiotrix  
Spesies : *Thiotrix nivea*

## B. Sifat Bakteri

### 1. Bentuk Fisik Bakteri

Menurut Buckle (2010), Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal yang tidak terlihat oleh mata, tetapi dengan bantuan mikroskop, mikroorganisme tersebut akan nampak. Walaupun terdapat berbagai jenis bakteri, tetapi hanya beberapa karakteristik bentuk sel yang dapat ditemukan, yaitu :

- a. Berbentuk bulat atau cocci (tunggal = coccus)
- b. Berbentuk batang atau bacilli (tunggal = bacillus)
- c. Berbentuk spiral atau spirilli (tunggal = spirillum)
- d. Berbentuk koma atau vibrios (tunggal = vibrio)



Gambar 1. Bentuk-bentuk bakteri

(Sumber <https://efineko.wordpress.com/2013/09/29/bentuk-bentuk-bakteri/>)

### 2. Fisiologis Bakteri

Struktur tubuh bakteri terdiri dari sel tunggal, meskipun ada juga yang hidupnya berpasangan, tetapi setiap selnya hanya hidup sendiri. Pada tubuh bakteri terdapat bulu-bulu yang berfungsi

sebagai alat bergerak, ada juga yang terlihat berselubung berfungsi sebagai pembungkus (Adam, 1992).

Bakteri mampu merombak banyak bahan makanan karena kemampuan dalam biokimia nya yang bermacam-macam, hal ini diketahui oleh industri yang mengembangkan produk-produk yang resisten terhadap perusakan untuk menghindari kerugian ekonomis dan kerugian lainnya. Contohnya ialah bakteri asam laktat yang merupakan bakteri gram positif berbentuk kokus atau batang, tidak memiliki spora, suhu optimum  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ , tidak motil dan bersifat anaerob, katalase negatif dan oksidase positif dengan menghasilkan asam laktat yang digunakan untuk fermentasi karbohidrat.

Banyak dari BAL mampu tumbuh dengan baik di lingkungan yang terdapat dan tidak terdapat  $\text{O}_2$ ), sehingga dapat digolongkan ke anaerob aerotoleran. Sifat spesialnya adalah dapat tumbuh pada kadar gula, alcohol, dan garam yang tinggi, memfermentasikan monosakarida dan disakarida (Syahrurahman, 1994). Bakteri mampu memperbanyak diri melalui pembelahan biner (membelah diri) pada suasana lingkungan yang cukup baik. Misalnya pada media pembenihan dapat tumbuh dengan cepat dalam kurun waktu 10 jam, juga dapat berkembang biak menjadi jutaan. Bakteri bergerak menggunakan flagella yang diadaptasi dari kata flagellum yang berarti bulu atau cambuk. Akan tetapi, terdapat pula bakteri yang tidak dapat bergerak misalnya golongan coccus.

#### a. Kondisi lingkungan untuk hidup Bakteri

Setiap makhluk hidup pasti bergantung kepada lingkungan sekitarnya agar dapat bertahan hidup, begitu pula dengan bakteri. Dalam hal ini, ada dua faktor yang memengaruhi pertumbuhan bakteri menurut Gama dan Sherrington (1994), yaitu:

1) Faktor Intrinsik yaitu sifat-sifat yang berasal bahan itu sendiri atau dari dalam bakterinya tersebut. Di dalam faktor intrinsik dapat diklasifikasikan dalam beberapa faktor:

a) Waktu

Laju perbanyakkan bakteri sangat bervariasi yang dikelompokkan menurut spesies dan kondisi pertumbuhan bakteri itu sendiri.

Namun pada kondisi yang optimal, pada umumnya bakteri mampu memperbanyak diri melalui pembelahan biner sekali setiap 20 menit.

b) Makanan

Tidak hanya manusia, hewan, dan tumbuhan saja yang memerlukan makanan, bakteri juga memerlukan nutrisi yang mampu menyediakan:

- (1) Energi, biasanya diperoleh dari substansi mengandung karbon.
- (2) Nitrogen untuk sintesa protein.
- (3) Vitamin dan yang berkaitan dengan faktor pertumbuhan.

c) Kelembaban

Seperti halnya semua organisme, bakteri pun memerlukan air untuk mempertahankan hidupnya. Pada umumnya, kadar air yang diperlukan bakteri sekitar 85%.

Air sangat penting bagi bakteri, pengurangan kadar air dari protoplasma mampu menyebabkan metabolisme

terhenti. Bakteri gram positif cenderung hidup di kelembapan udara yang lebih tinggi dibandingkan gram negatif karena perubahan struktur membran selnya yang mengandung lipid layer.

#### d) Suhu

Suhu berperan penting dalam mengatur jalannya metabolisme bakteri. Jika suhu di lingkungan sekitar bakteri lebih tinggi dari yang dibutuhkan, maka dapat menyebabkan denaturasi protein dan komponen sel esensial, sehingga sel bisa mati. Begitu pula sebaliknya, jika suhu di lingkungan sekitar bakteri lebih rendah dari yang seharusnya, maka berakibat membran sitoplasma tidak berwujud cair sehingga transportasi nutrisi akan terhenti. Dalam hal ini, bakteri dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok menurut suhu pertumbuhan yang diperlukan.

- (1) Psikrofil (penyuka suhu dingin) dapat tumbuh baik pada suhu dibawah  $20^{\circ}\text{C}$ , kisaran suhu optimal adalah  $10^{\circ}\text{C}$  sampai  $20^{\circ}\text{C}$ .
- (2) Mesofil (penyuka suhu sedang) memiliki suhu pertumbuhan optimal antara  $20^{\circ}\text{C}$  sampai  $45^{\circ}\text{C}$ .
- (3) Termofil (penyuka suhu tinggi) dapat tumbuh baik pada suhu diatas  $45^{\circ}\text{C}$ , kisaran pertumbuhan optimalnya adalah  $50^{\circ}\text{C}$  sampai  $60^{\circ}\text{C}$ .
- (4) Hipertermofil (penyuka suhu sangat tinggi) dapat tumbuh baik pada suhu antara  $65^{\circ}\text{C}$ - $114^{\circ}\text{C}$ , kisaran pertumbuhan optimalnya adalah diatas  $88^{\circ}\text{C}$ .

#### e) Oksigen

Tersedianya oksigen dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, dalam hal ini bakteri diklasifikasikan menjadi empat kelompok menurut keperluan oksigennya.

- (1) Aerob Obligat yaitu bakteri yang hanya dapat tumbuh jika terdapat oksigen yang banyak.
- (2) Aerob Fakultatif yaitu bakteri yang mampu tumbuh dengan baik jika oksigen cukup, tetapi juga dapat tumbuh secara anaerob atau minim akan oksigen. Contohnya ialah bakteri *Lactobacillus*.
- (3) Anaerob Fakultatif yaitu bakteri yang tumbuh dengan baik jika tidak ada oksigen, tetapi juga dapat tumbuh secara aerob atau adanya oksigen tetapi dikit.
- (4) Anaerob Obligat yaitu bakteri yang tidak butuh akan oksigen. Bahkan ia bisa mati jika di lingkungan sekitarnya terdapat oksigen. Contohnya pada bakteri *Methanobacterium*.

f) Ph (konsentrasi Ion Hidrogen)

Biasanya organisme memiliki kisaran pH optimal yang sedikit. Ph yang optimal dapat ditentukan melalui masing-masing spesies. Kebanyakan organisme (neutrophiles) dapat tumbuh baik pada ph 6,0-8,0. (Brooks FG, 2001).

- 2) Faktor Ekstrinsik yaitu kondisi lingkungan dari penanganan dan penyimpanan bahan pangan. Kondisi produk bahan pangan juga akan mempengaruhi spesies mikroorganisme yang mungkin berkembang dan menyebabkan kerusakan.

## C. Macam Macam Bakteri

### 1. Lactobacillus

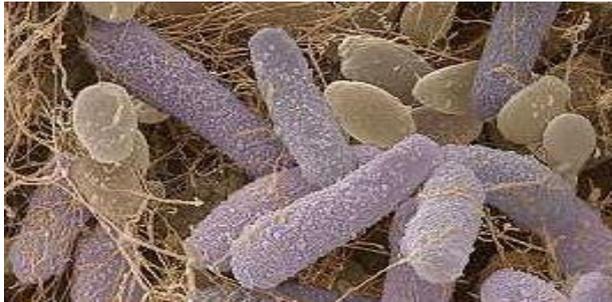
Lactobacillus merupakan jenis bakteri yang memberikan keuntungan. *Lactobacillus bulgarius* mempunyai beberapa ciri-ciri yaitu berbentuk batang, tidak berspora, berantai, juga termasuk dalam bakteri aerob, termasuk dalam bakteri mesofil dengan suhu optimumnya 42<sup>0</sup>C dan tumbuh pada suhu 45<sup>0</sup>C, tidak mampu menahan kadar garam yang rendah namun tahan terhadap kadar keasaman yang tinggi sehingga pH rendah sekitar 5,4 – 4,6. Biasanya bakteri lactobacillus ini dijumpai dalam produk dan limbah persusuan, serelia dan produk daging, air, limbah, bir, anggur, buah-buahan, dan sari buah, acar sayur mayor, adonan roti asam dan bubur (Prasetyo, 2010).



Gambar 2. Bakteri Lactobacillus  
(<https://id.m.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus>)  
Acebacter Xylum

### 2. Acebacter xylium

*Acebacter xylinum* juga merupakan bakteri yang menguntungkan. Bakteri *Acebacter xylinum* memiliki ciri-ciri berbentuk bulat panjang agak bengkok, tidak memiliki spora, berantai, bakteri ini merupakan bakteri aerob (Kusnadi, 2003).



Gambar 3. Bakteri *Acetobacter xylinum*  
(<https://blog.ub.ac.id/s12017/tag/bakteri-acetobacter-xylinum/>)

Bakteri ini termasuk dalam mesofilik yaitu tumbuh dengan baik pada suhu  $28^{\circ}\text{C}$  juga memiliki suhu optimum  $30^{\circ}\text{C}$ . salah satu pemanfaatan bakteri *Acetobacter Xylinum* ialah dalam pembuatan nata de coco, bakteri *acetobacter xylinum* yang membentuk serat nata ditumbuhkan dalam air kelapa yang diperkaya dengan karbon dan nitrogen melalui proses yang terkontrol.

### 3. Clostridium Botulinum

Menurut Jawetz (2005) *Clostridium Botulinum* merupakan bakteri anaerobik yang menyebabkan botulisme dan merupakan organisme Gram positif berbentuk batang, motil, dan memiliki spora yang tahan terhadap sejumlah tekanan lingkungan seperti panas, asam tinggi, dan aktif dalam asam rendah pH lebih dari 4,6 serta kelembaban lingkungan tinggi dengan suhu  $43^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4. Bakteri *Clostridium Botulinum*  
([https://id.m.wikipedia.org/wiki/Clostridium\\_botulinum](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Clostridium_botulinum))

Karakteristik bakteri *C. botulinum*:

a. Deskripsi bakteri

Fitur identifikasi khusus *Clostridium botulinum* adalah gram positif, anaerobik bakteri berbentuk batang membentuk spora. Organisme *Clostridium botulinum* biasanya ditemukan di tanah dan sedimen laut di seluruh dunia.

b. Distribusi

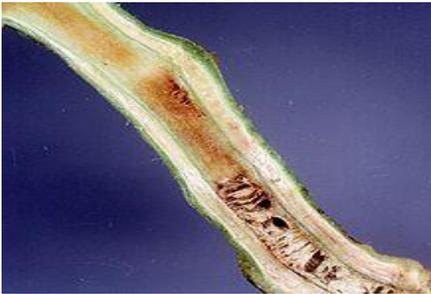
*C. botulinum* dapat ditemukan di setiap wilayah di dunia. Karena ditemukan di tanah, mungkin dapat mencemari sayuran yang dibudidayakan di tanah. Hal ini juga berkolonisasi saluran pencernaan ikan, burung dan mamalia. *C. botulinum* menghasilkan spora tahan panas. Beberapa strain tidak akan bertahan di atas 80°C, tetapi yang lain hanya dapat dihancurkan dengan pemanasan di atas titik didih. Hambatan termal spora meningkat dalam makanan dengan pH tinggi dan kandungan garam yang lebih rendah. (CDC, 1998)

4. *Ralstonia solanacearum*

*Ralstonia solanacearum* merupakan bakteri yang menimbulkan kerugian. *Ralstonia solanacearum* adalah bakteri patogen tanaman pembentuk gram negatif. bakteri ini menjajah xilem, menyebabkan layu bakteri dalam berbagai tanaman inang potensial.

Ini dikenal sebagai layu Granville ketika jika terjadi pada tumbuhan tembakau. Layu bakteri tomat, lada, terong, dan kentang irlandia yang disebabkan oleh *R. solanacearum* adalah salah satu penyakit pertama yang dapat dibuktikan oleh Erwin Frink Smith yang disebabkan bakteri patogen.

Karena sifatnya yang mematikan, *R. solanacearum* sekarang menjadi bakteri fitopatogenik yang dipelajari lebih intensif dan layu bakteri tomat adalah model sistem untuk menyelidiki mekanisme patogenesis.

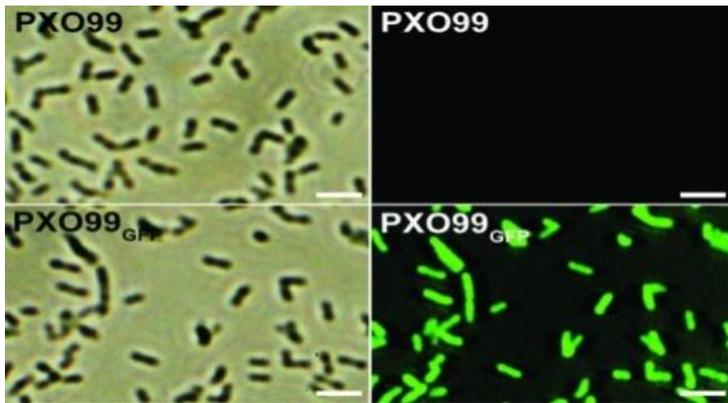


Gambar 5. Bakteri  
*Ralstonia solanacearum*  
(Sumber  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ralstonia\\_solanacearum](https://en.wikipedia.org/wiki/Ralstonia_solanacearum))

*R. solanacearum* pernah dianggap sebagai kontrol biologis yang mungkin dari jahe Kahili (*Hedychium gardnerianum*), yang merupakan anggota dari “100 Spesies Alien Invasif Terburuk di Dunia” pada tahun 2004. Namun, *R. solanacearum* tidak lagi digunakan sebagai kontrol biologis untuk jahe Kahili di hutan Hawaii karena jangkauan inangnya yang luas. Strain jahe menginfeksi banyak spesies jahe, termasuk jahe yang dapat dimakan (*Zingiber officinale*), jahe sampo (*Zingiber zerumbet*), jahe merah muda (*Alpinia purpurata*), dan jahe merah (*Alpinia purpurata*).

#### 5. *Xanthomonas Oryzae*

*Xanthomonas oryzae* merupakan bakteri lainnya yang menimbulkan kerugian. *Xanthomonas oryzae* adalah spesies Proteobacteria. Bakteri utama yang menyerang pada tanaman padi. Spesies ini mengandung dua patovar yaitu, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dan *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzicola*. Gen resistensi inang Xa21 dari *Oryza longistaminata*, diintegrasikan ke dalam genom *Oryza sativa* untuk resistensi berbagai penyakit hawar padi yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*



Gambar 6. Bakteri *Xanthomonas Oryzae*  
 (Sumber [https://www.researchgate.net/figure/Observation-of-Xanthomonas-oryzae-pv-oryzae-carrying-green-fluorescence-protein\\_fig1\\_23291341](https://www.researchgate.net/figure/Observation-of-Xanthomonas-oryzae-pv-oryzae-carrying-green-fluorescence-protein_fig1_23291341) n)

## D. Peranan Bakteri Dalam Industri Pangan

### 1. Peranan Bakteri

Dalam kehidupan semua makhluk hidup yang ada di bumi ini, tidak lepas dari peran bakteri baik berdampak negatif maupun positif, dalam hidupnya bakteri bisa sangat menguntungkan makhluk hidup lainnya bahkan juga bisa merugikan inangnya. Bakteri membuat hidup kita menjadi lebih mudah dalam beberapa hal. Nyatanya, kita tidak bisa bertahan hidup tanpa adanya mereka.

Di sisi lain, bakteri juga mampu buat kita sakit. Bakteri menyediakan layanan ekosistem yang penting, mereka adalah pengurai penting, juga diperlukan untuk siklus karbon dan nitrogen.

Beberapa hal yang dapat dimanfaatkan dari bakteri oleh manusia:

- a. Fermentasi makanan
- b. Membuat obat, seperti antibiotik dan vaksin.
- c. Membuat biogas, seperti metana.
- d. Membunuh hama tanaman.

Ada beberapa bahan makanan yang dalam proses pembuatannya dengan menggunakan mikroorganisme, contohnya dalam proses pembuatan minuman anggur dengan menggunakan ragi, pembuatan roti dan air susu dengan menggunakan bakteri asam laktat, serta dalam proses pembuatan cuka dengan bantuan bakteri cuka.

Pengolahan kacang kedelai di beberapa negara banyak yang menggunakan bantuan fungi, ragi, dan bakteri asam laktat. Produksi ragi, bakteri dan alga dari media murah mengandung garam nitrogen anorganik, cepat saji, dan menyediakan sumber protein dan senyawa lain yang sering digunakan sebagai makanan tambahan untuk manusia dan hewan.

Beberapa kelompok mikroorganisme ini adalah kelompok bakteri yang keberadaannya pada makanan diatas batasan jumlah yang ditentukan, ini dapat menjadi indikator suatu kondisi untuk mengintroduksi organisme berbahaya dan menyebabkan proliferasi spesies patogen ataupun toksigen. Mikroorganisme indikator ini sering digunakan sebagai indikator kualitas mikrobiologi pada pangan.

#### 1) *Acebacter Xylium*

Pada setiap buah kelapa menghasilkan air sejumlah 50-150 ml, sehingga sebagian besar pada kelapa isinya ialah air. Dalam air

kelapa memiliki manfaat, selain untuk sumber elektrolit, air kelapa ini mampu berperan sebagai bahan pembuatan nata de coco. Nata de coco sama dengan yoghurt yang merupakan hasil dari fermentasi. Bakteri yang berperan dalam proses pembuatan nata de coco adalah bakteri *Acetobacter xylium*.

## 2) *Lactobacillus Bulgarius*

Yoghurt adalah merupakan minuman yang sangat umum, bahkan sudah banyak tersebar di beberapa toko makanan dan minuman, juga sudah menjadi minuman sehari-hari karena rasanya yang enak dan aroma yang ciri khas. Yoghurt ini berasal dari susu fermentasi yang dibuat oleh bakteri probiotik yaitu *Lactobacillus bulgarius* dan *Streptococcus thermophilus*.

## 3) *Gluconobacterium* dan *Acetobacter*

*Gluconobacterium* dan *Acetobacter* adalah bakteri yang ada dalam proses pembuatan cuka. Sering digunakan dalam industri yang memproduksi asam asetat dari alkohol (Much, 2004). Bakteri *Acetobacter* mampu menghasilkan biofilm selulosa yang merupakan hasil dari metabolisme *Acetobacter* sp lalu prosesnya dikendalikan oleh plasmidnya (Rezaee et al, 2005).

## 4) *Lactobacillus* Sp.

*Lactobacillus* sp. digunakan untuk membuat yogurt, mentega, dan keju. *Lactobacillus* Heterofermentatif dapat digunakan dalam pembuatan keju Swiss karena pada bakteri ini, mampu menghasilkan gas dan senyawa volatil yang berperan sebagai pencipta cita rasa dalam makanan fermentasi (Much, 2004).

Beberapa faktor telah teridentifikasi sebagai kontribusi terhadap imunomodulasi dan kegiatan antimikroba

*Lactobacillus burgaricus*, termasuk produksi pH rendah, asam organik, karbon dioksida, hidrogen peroksida, bakteriosin, etanol, dan diacetyl, penipisan nutrisi dan persaingan untuk ruang hidup yang tersedia (Oskar, 2004).

Dalam laporan yang membahas efek dari yogurt dan *Lactobacillus burgaricus* di laxation. Studi yang dipublikasikan kedua efek signifikan (G Wilhelm, 1993: 69) dan tidak ada efek yogurt atau *Lactobacillus burgaricus* pada laxation dan transit gastrointestinal (Oskar, 2004).

## **E. Habitat Bakteri**

Habitat merupakan daerah tempat tinggal dan hidup suatu makhluk hidup. Bakteri merupakan mikroorganisme jenis ubikuotus, yang artinya melimpah dan dapat ditemukan di hampir semua tempat. Habitatnya begitu beragam; lingkungan perairan, tanah, udara, permukaan daun, dan bahkan dapat ditemukan di dalam organisme hidup. Dapat diiperkirakan total jumlah sel mikroorganisme yang ada muka bumi ini adalah  $5 \times 10^{30}$ .

Bakteri adalah salah satu kelompok mikroorganisme yang begitu beragam, baik dari segi metabolismenya maupun morfologi tubuhnya. Beberapa kelompok mikroorganisme ini mampu hidup di lingkungan yang tidak bisa ditinggali oleh organisme lain untuk hidup. Kondisi lingkungan yang ekstrim ini menuntut untuk adanya toleransi, mekanisme metabolisme, dan daya tahan sel yang unik.

Kemampuan mikroorganisme untuk bertahan hidup dalam kondisi yang ekstrim mampu membawa aplikasi di beberapa bidang industri, seperti pangan, agrikultur, farmasi dan pengobatan, serta bioteknologi. Sebagai contoh *Thermus aquatiquis*, bakteri yang termasuk dalam golongan termofilik yang banyak digunakan dalam bioteknologi.

*Thermus aquaticus* merupakan salah satu jenis bakteri yang dapat hidup pada sumber air panas dengan suhu 60°C-80°C. Yang sudah dijelaskan sebelumnya, termofilik merupakan suatu organisme yang mampu bertahan hidup di lingkungan yang panas dan suhu yang tinggi. Kemampuan bakteri untuk dapat bertahan pada suhu tinggi ini disebabkan oleh stabilitas enzim, membran sel, dan makromolekul selnya yang telah beradaptasi oleh lingkungannya.

Enzim yang dimiliki bakteri golongan termofilik mengandung komposisi asam amino yang berbeda dari bakteri lainnya. Di samping itu, protein yang terdapat pada sel memiliki ikatan hidrofobik dan ikatan ionik yang begitu kuat.

Komposisi membran selnya didominasi oleh asam lemak jenuh sehingga bersifat lebih stabil dan fungsional pada suhu tinggi. Hal ini disebabkan oleh kuatnya ikatan hidrofobik pada rantai asam lemak jenuh bila dibandingkan dengan asam lemak tak jenuh.

Beberapa jenis enzim yang banyak dimanfaatkan dalam industri yang dapat diperoleh dari beberapa kelompok termofilik, seperti amilase, pullulanase, selulase, xilanase, kitinase, proteinase, esterase, dan alkohol dehidrogenase. Tidak hanya di lingkungan yang bersuhu tinggi, bakteri juga dapat ditemukan pada lingkungan dengan suhu yang sangat rendah atau dingin.

*Pseudomonas extremaustralis* ditemukan pada Antartika dengan suhu di bawah 0°C. Bakteri ini bersifat motil dan hidup membentuk struktur biofilm yang membantunya dalam menghadapi kondisi ekstrim. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, kelompok bakteri yang dapat hidup di lingkungan dengan temperatur rendah termasuk dalam golongan psikofilik.

Jelas saja kemampuan bakteri psikofilik untuk bertahan pada kondisi temperatur rendah lumayan bertolak belakang dengan kelompok bakteri termofilik. Karena pada enzim bakteri psikofilik harus

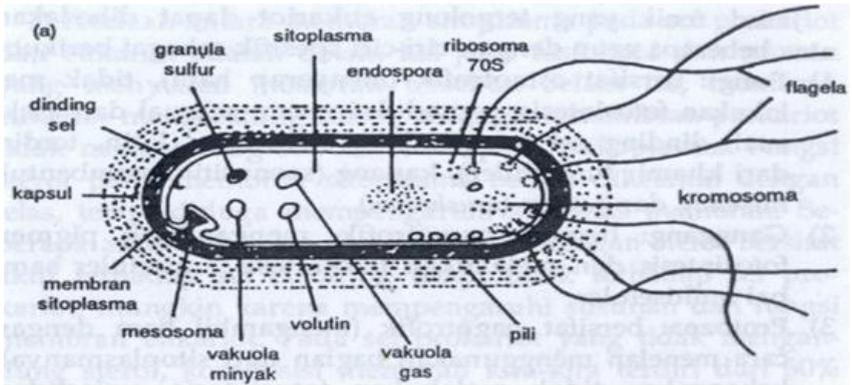
cenderung bersifat polar dan hanya mengandung sedikit asam amino yang bersifat hidrofobik. Selain enzim dan protein yang teradaptasi, membran sitoplasma kelompok bakteri ini juga telah mengalami penyesuaian dengan mengandung lebih banyak asam amino tidak jenuh.

Di samping pengaruh ekstrim temperatur, bakteri juga dapat hidup pada berbagai lingkungan lain yang hampir tidak memungkinkan adanya kehidupan (lingkungan steril). Halobacterium salinarum dan Halococcus sp merupakan salah satu contoh dari bakteri yang mampu bertahan hidup dalam kondisi garam (NaCl) yang sangat tinggi, kisarannya sekitar 15-30%. Kelompok bakteri yang mampu bertahan hidup dalam kondisi ini termasuk dalam golongan ekstrim halofil. Terdapat pula beberapa jenis bakteri yang mampu hidup pada kadar gula tinggi (kelompok osmofil), kadar air rendah (kelompok xerofil), derajat keasaman pH sangat tinggi, dan rendah.

## **F. Struktur Sel Bakteri**

Sebagian besar sel bakteri memiliki lapisan pembungkus sel, berupa membran plasma, dinding sel yang terdapat protein, dan polisakarida. Sejumlah bakteri mampu membentuk kapsul dan lendir, maupun flagela dan pili. Dinding selnya merupakan struktur yang kaku berfungsi untuk membungkus dan melindungi protoplasma dari kerusakan yang dikarenakan faktor fisik dan menjadi pengaruh lingkungan luar seperti kondisi tekanan osmotik yang rendah.

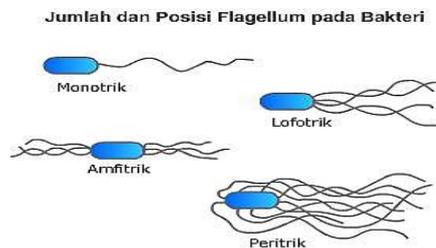
Protoplasma terdiri dari membran sitoplasma beserta komponen-komponen seluler yang ada di dalamnya. Beberapa jenis bakteri dapat membentuk endospora sebagai pertahanan dikala lingkungannya tidak cocok untuk pertumbuhannya. Struktur dinding sel dapat menentukan perbedaan tipe sel bakteri, seperti perbedaan pada bakteri Gram positif dan Gram negatif.



Gambar 7. Sel Bakteri (Sumber <https://www.gurupendidikan.co.id/sel-bakteri/>)

### 1. Flagela dan Filamen Axial

Flagela merupakan filamen protein uliran (helical) dengan panjang dan diameter yang sama, dimiliki oleh beberapa bakteri patogen untuk bergerak dengan bebas dan cepat. Flagela disusun oleh tiga bagian: filamen, hook (sudut), dan basal body (bagian dasar). Bagian dasar menancap pada bagian membran plasma, disusun oleh suatu tangkai serta satu atau dua rangkaian cincin yang mengelilinginya dan berhubungan dengan membran plasma, peptidoglikan, dan pada bakteri Gram negatif berhubungan dengan membran luar pembungkus sel.



Gambar 8. Flagela Bakteri (Sumber <https://klikma.com/2015/05/struktur-flagela-bakteri.html>)

Berdasarkan jumlah dan lokasi pelekatan flagela, tipe flagela pada bakteri menampilkan bentuk yang sangat khas. Beberapa jenis bakteri seperti pada *Pseudomonas* memiliki satu flagela pada bagian salah satu ujung sel yang disebut monotrik.

Tipe flagela yang tersusun atas banyak flagela yang letaknya pada satu ujung sel dikenal sebagai tipe lofotrik, sedangkan apabila letak flagella pada kedua ujung sel dinamakan tipe amfitrik. Kelompok enterobakteri motil memiliki flagela yang tersebar pada seluruh permukaan sel, yang disebut peritrik. Jumlah flagela setiap jenis bakteri berbeda mulai dari sejumlah kecil sampai beberapa ratus per sel, seperti pada *Proteus*.

Fungsi utama flagela pada bakteri adalah sebagai alat untuk bergerak agar bisa berpindah tempat. Flagela merupakan bukan alat untuk bertahan hidup. Flagela dapat terpisah hanya dengan adanya guncangan atau dengan putaran dalam alat pengocok seperti sentrifuga. Sel tetap hidup dan memperoleh motilitas dengan pertumbuhan kembali flagela.

Sel bakteri yang ada flagelanya mampu mendatangi sumber nutrisi dan menjauhi racun dengan menghampiri suatu kemoatraktan atau meninggalkan senyawa yang tidak ia inginkan. Fungsi flagella sendiri dibangun oleh respon kemotaktik, menunjukkan suatu sistem regulasi sensori umpan balik. Pergerakan sel oleh flagela mendorong sel dengan putaran melingkar searah sumbu panjangnya, seperti baling-baling.

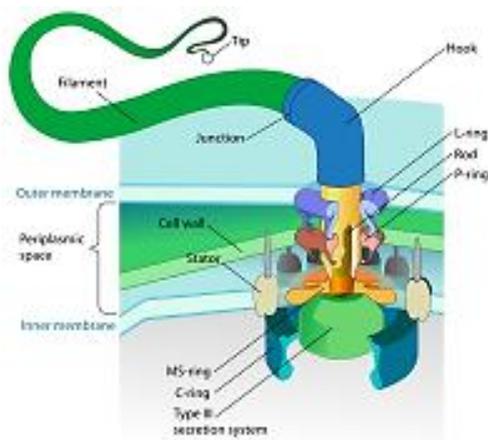
Flagela ganda memutar berlawanan dengan arah jarum jam untuk membentuk suatu berkas yang terkoordinir dan efek pergerakan sel umumnya ke arah nutrisi (kemotaksis positif). Pengaruh adanya senyawa yang tidak diinginkan oleh bakteri, mampu menyebabkan koordinasi menjadi hilang, berkas flagela mengalami kekacauan, dan sel berputar dan cenderung menjauhi senyawa tersebut.

Koordinasi fungsi flagela melibatkan kemoreseptor, yang disebut “protein pengikat periplasmik”, yang berinteraksi dalam transpor membran. Koordinasi pergerakan flagela juga melibatkan proses metilasi suatu protein membran plasma spesifik.

Adanya kemoatraktan, proses metilasi protein tersebut meningkat, sebaliknya dengan adanya racun atau senyawa yang tidak diinginkan, proses metilasi dapat menurun.

Pada beberapa kelompok bakteri spiroket seperti *Treponema*, *Leptospira*, dan *Borrelia*, bergerak dengan suatu gelombang uliran berjalan, suatu tipe gerakan sel untuk menembus medium kental.

Bakteri tersebut memiliki filamen axial yang mirip dengan flagela yang melilit mengelilingi sel. Filamen tersebut terdapat dalam daerah periplasma di antara membran luar dan membran dalam pada sel. *Treponema microdentium* membentuk dua filamen dalam setiap selnya, *T. reuteri* membentuk enam sampai delapan, dan beberapa spesies membentuk lebih banyak filamen



Gambar 9. Flagelum (Sumber <https://id.wikipedia.org/wiki/Flagelum>)

## 2. Mikrofibril: Fimbria dan Pili Seks (Adhesin, Lektin, Evasin, dan Aggressin)

Fimbria, disebut juga dengan pili hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron pada permukaan beberapa jenis sel bakteri. Fimbria merupakan mikrofibril berupa rambut berukuran 0,004 – 0,008  $\mu\text{m}$ . Fimbria lebih lurus, juga lebih tipis dan lebih pendek dibandingkan dengan flagela. Struktur fimbria serupa dengan flagela, disusun oleh gabungan monomer, membentuk rantai yang berasal dari membran plasma.

Sel berfimbria melekat kepada ruang antar sel, permukaan hidrofobik, dan reseptor spesifik. Fungsi fimbria sendiri adalah membantu bakteri untuk dapat bertahan hidup dan berinteraksi dengan inangnya.

Pada bakteri yang bersifat patogen yang dapat menyebabkan infeksi, fimbria serta komponen lainnya mampu berperan sebagai pelekat spesifik, yang disebut adhesin. Pada beberapa jenis bakteri, permukaan sel memiliki protein membran. Protein membran pada *Streptococcus pyogenes* grup A, diketahui sebagai faktor virulensi, juga berperan sebagai faktor pelekat (adhesin) pada proses kolonisasi pada faring, perlekatan tidak dapat terjadi apabila protein membran dinetralsiasi oleh antiserum spesifik, dapat mencegah fagositosis (berperan sebagai suatu evasin), dan akhirnya berperan sebagai leukosidal (sebagai agresin atau toxin).

Fimbria lain yang masuk di kelompok protein disebut lektin, ditemukan pada hewan dan tumbuhan, yang berikatan dengan gula spesifik pada permukaan sel. Sebagai contoh, perlekatan fimbria *E. coli* dan *Shigella flexneri* terhadap sel darah merah dan jaringan (epitel usus) secara spesifik dihambat oleh D-manosa dan D-metilmanosida.

Pada beberapa jenis bakteri seperti pada *Pseudomonas aeruginosa* memiliki fimbria spesifik untuk mengikat metil-D-galaktosa, L-fruktosa, atau D-mannosa pada *Vibrio cholerae* dan suatu oligosakarida mengandung D-galaktosa pada *Neisseria gonorrhoeae*.

Fimbria strain *N. gonorrhoeae* yang berbeda memperlihatkan variasi antigenik yang sangat besar. Hal ini terjadi diakibatkan karena variasi unit monomer fimbria yang disusun oleh domain peptida terminal antigenik variabel dan menyimpan suatu domain peptida non-antigenik, domain peptida non-antigenik dapat bersifat antigenik hanya pada saat diisolasi dengan senyawa kimia. Variabilitas antigenik dari fimbria gonococcus merupakan tipe lain dari fenomena penolakan system imun inang melalui variasi antigenik parasit.

Berdasarkan hal tersebut, fimbria gonococcus disebut evasin. Mikrofibril bakteri Gram-negatif, sering disebut pili umum (fimbria) atau sebagai pili seks. Mikrofibril terdapat secara bebas atau secara simultan pada sel yang sama. Pada permukaan sel tersebar sekitar 100 – 200 fimbria, hanya 1-4 pili seks yang dapat ditemukan pada daerah tertentu.

Pili seks berfungsi untuk mendeteksi adanya antigen spesifik atau diduga untuk meng-inaktifkan bakteriofaga tertentu, yang menempel secara spesifik pada pili seks. Faga RNA spesifik menempel sepanjang filamen pili seks, sedangkan faga DNA berbentuk filamen menempel pada ujung pili. Struktur mikrofibril juga dapat dilibatkan dalam meluncur dan gerak kedutan lambat pada bakteri yang tidak berflagel (translokasi permukaan).

### 3. Selubung Sel

Di dalam selubung sel bakteri terdapat membran plasma, dinding sel, serta protein khusus dan beberapa bahan pelekak luar.

Komponen selubung sel yang berperan sebagai lapisan pelindung tersusun oleh beberapa lapis sel yang biasanya dapat dijumpai pada sel bakteri, tersusun dari 20% atau lebih dari berat kering sel.

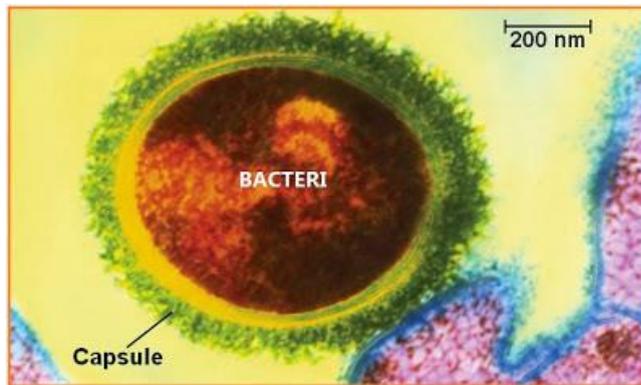
Selubung sel bakteri mengandung daerah transpor untuk nutrisi dan daerah reseptor untuk virus bakteri dan bakteriosin, mempermudah interaksi inang-parasit, disamping itu sebagai tempat reaksi komplemen dan antibodi, dan sering mengandung komponen toksik untuk inang.

#### 4. Kapsul

Virulensi patogen sering berhubungan dengan produksi kapsul. Strain virulen *Pneumococcus* menghasilkan polimer kapsuler yang melindungi bakteri dari fagositosis. Bakteri tersebut membentuk koloni mukoid atau cair (tipe M) atau koloni halus (tipe S) pada medium padat dan sebaliknya strain kasar (tipe R) tidak membentuk kapsul. Hilangnya kemampuan untuk membentuk kapsul melalui mutasi berhubungan dengan kehilangan virulensi dan kerusakan oleh fagosit tapi tidak mempengaruhi kelangsungan hidup bakteri.

Bentuk kapsul yang kental cenderung melekat pada sel, sedangkan lendir dan polimer ekstraseluler lebih mudah tercuci. Kapsul lebih mudah dilihat dengan pewarnaan yang negatif. Pada alat mikroskop, dalam campuran tinta India, kapsul terlihat lebih terang mengelilingi sel. Kapsul juga dapat diwarnai secara khusus.

Sel bakteri yang tidak membentuk kapsul dan secara serologi dapat bereaksi dengan serum antikapsul, dikatakan menghasilkan mikrokapsul



Gambar 10. Kapsul bakteri (Sumber <https://biologigonz.blogspot.com/2014/01/kapsul-bakteri.html>)

## 5. Dinding Sel

Dinding sel dapat ditemukan pada semua bakteri yang hidup kecuali pada *Mycoplasma*. Dinding sel berfungsi melindungi kerusakan sel dari lingkungan bertekanan osmotik rendah dan memelihara bentuk sel. Hal ini dapat diperlihatkan melalui plasmolisis, dengan mengisolasi partikel selubung sel setelah sel bakteri mengalami kerusakan secara mekanik, atau dengan penghancuran oleh lisozim.

Jika selubung sel diisolasi kemudian diberi lisozim, partikel dinding sel bakteri (bukan archeabakteria) dapat lisi dengan perlakuan lisozim tersebut dan membentuk protoplast (Bakteri Gram positif) dan spheroplas (Bakteri Gram negatif).

Komponen kaku dinding sel eubakteria patogen adalah suatu makromolekul raksasa berbentuk kantung tunggal atau sakulus, disusun oleh jaringan hubungan lintas peptidoglikan (murein). Murein dan komponen yang berhubungan terdapat sekitar 2-40% dari berat kering sel. Komponen glikan disusun oleh dua gula amino, glukosamin dan asam muramat.

Struktur glikan terdapat secara berselang-seling sebagai residu (-1,4 linked N-acetyl-D-glukosamine (GlcNac) dan N-acetyl-D muramic acid [3-0(1'-D-carboxyethyl)-N-acetyl-D-muramic acid] (contoh, MurNac). Rantai tersebut bervariasi dari 10 sampai 170 unit disakarida. Unit peptida dan glikan tersebut terikat pada gugus karboksil asam laktat dari MurNac kepada ujung amino suatu tetrapeptida.

Glikotetrapeptida tersebut dihubungkan-lintas (cross-linked) melalui unit tetrapeptida, membentuk kerangka yang berkesinambungan. Gambaran yang sama pada komponen tetrapeptida adalah adanya D-alanin, yang selalu mengikat unit di antara rantai peptidoglikan. Komponen peptida terikat-asam muramat pada beberapa bakteri adalah tetrapeptida -L-ala-D-iso-Glu-mesoADP (atau L-Lys)-D-ala.

Hubungan-lintas langsung pada *E. coli* tersebut dapat melalui -D-Ala-ADP- atau -ADP-ADP-, sedangkan bakteri Gram-positif, hubungan lintas terjadi melalui D-Ala (asam amino)n-L-Lys-lintas jembatan tetapi pada beberapa organisme dapat juga termasuk dalam hubungan-lintas melalui jembatan diamin melalui asam isoglutamat, iso-D-Glu(NH-diamin-NH)-D-Ala. Lebih lanjut modifikasi termasuk perubahan residu D-alanin terminal dari tetrapeptida secara *in vivo* seperti pada *E. coli*., atau perubahan unit peptida dari rantai glikan.

Kejadian ini pada *Micrococcus luteus*, dimana lebih dari rantai glikan tidak dapat berhubungan-lintas dan dapat bebas dari beberapa bagian atau semua unit tetrapeptida tersebut. Oleh karena itu, ikatan-lintas peptidoglikan pada mikroba tersebut hanya sekitar 30-70%. Sebaliknya, glikan *S. aureus* dapat menyimpan seluruh unit tetrapeptidanya, yang secara lengkap berhubungan-lintas.

Sebagai tambahan untuk variasi hubungan-lintas, variasi terjadi dengan adanya polipeptida terikat-peptidoglikan, polisakarida, atau protein. Pada *E. coli* dan bakteri gram-negatif, lipoprotein dibentuk dan *E. coli* berbentuk bola menghasilkan peptidoglikan serupa. Rantai glikan cenderung menjadilurus mengelilingi sel, sebaliknya pada arah longitudinal dari hubungan-lintas unittetrapeptida. *E. coli* mengandung 106 pengulangan unit tetrapeptida-disakarida, atau cukup untuk dua atau tiga lapisan peptidoglikan.

#### 6. Perbedaan Sel Bakteri Gram-positif dengan Gram-negatif

Pada kelompok Bakteri Gram-positif mampu memproduksi polisakarida permukaan yang spesifik (10-50% dari dinding sel) dan protein yang berhubungan dengan peptidoglikan. Polisakarida yang banyak diketahui adalah asam teikoat (biasanya mengandung ribitol dan kadang-kadang gliserol), sejumlah senyawa kapsul *Pneumococcus*, dan polisakarida kelompok *Streptococcus*. Polimer asam poli-D glutamat dihasilkan oleh beberapa spesies *Bacillus*, dan protein membrane *Streptococcus* grup A merupakan suatu faktor virulensi.

Membrane sel yang di dalamnya tersusun oleh asam lipoteikoat (LTAs) adalah polimer gliserolfosfat yang berakhir pada glikolipid, yang menembus membran sitoplasma.

Asam teikuronat (TAs) merupakan polimer yang terdiri dari N-asetyl galaktosamine (galNac) dan glucuronic acid (GlcUA), terikat sebagai unit pengulangan disakarida (GlcUA (1,3 (GalNac)<sub>n</sub>). Di dalam TAs tidak terdapat fosfat, tetapi dapat ditemukan sebagai polimer polianionik bersifat asam disebabkan karboksil dari asam uronat. TAs berikatan melalui N-asetilglukosamin-1- fosfodiester kepada grup hidroksil C-6 asam muramat.

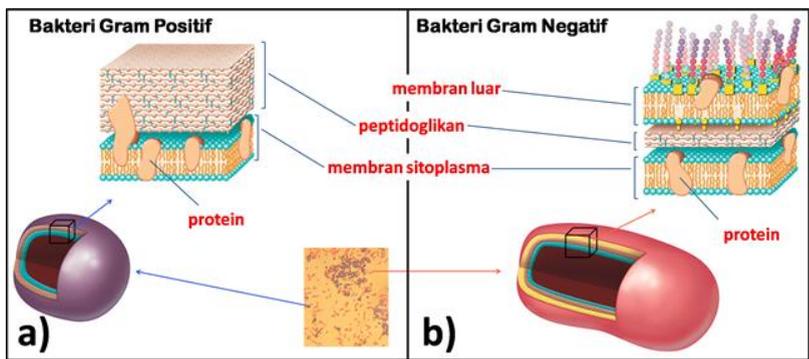
Asam teikuronat dapat ditemukan pada sel bersama dengan asam teikoat; asam teikuronat disintesis ketika sel kehilangan fosfat, untuk membuat asam teikoat. Di bawah mikroskop elektron, irisan melintang sel Gram-positif, dinding sel sebagai lapisan di atas membran plasma yang cenderung tebal, yang sensitif terhadap lisozim. Protein dan polisakarida, menyokong lapisan substruktur dinding sel.

Protein membran tipe-spesifik serologik dari *Streptococcus* grup A dapat membentuk suatu lapisan dinding fimbria eksternal yang tebal dan tersebar di seluruh bagian, yang dapat dirusak oleh tripsin dan tidak mengganggu kehidupan sel tersebut.

Dapat dilihat bakteri gram positif tiga lapis pembungkus sel, yaitu: membran luar (OM=outer membran), lapisan tengah yang merupakan dinding sel atau lapisan murein yang terdapat ruang periplasma, dan membran plasma dalam. Membran luar mengandung fosfolipid, lipopolisakarida (LPS ) atau yang diketahui juga sebagai antigen permukaan O somatik atau endotoxin, dan berbagai protein, dimana protein (porin) dan lipoprotein jumlahnya sangat banyak.

Membran luar tersedia sebagai organel aktif secara fisiologik, yang membentuk suatu barrier untuk senyawa hirofilik, berfungsi sebagai molekul penyaring untuk molekul larut air, terdapat tempat menempel untuk bakteriofaga dan sel inang dan konyugasi bakteri, dalam hal patogenesis dapat mengandung protease dan enzim lain, aggresin, evasin, dan toxin untuk sel inang, menutup dan melindungi dari racun lingkungan dan lisis peptidoglikan dinding sel, komponen gel periplasmik, dan membran plasma, melepaskan vesicular bleb dari LPS dan protein yang tersedia sebagai fungsi sekretori, dan memiliki LPS dan protein yang mengandung molekul sinyal yang dirasakan/diterima oleh sel hewan.

Membran luar mengandung protein unik yang berbeda dari protein membrane plasma. Dua lembar (leaflet) luar dan dalam pada membran luar juga merupakan bentuk lain dari asimetrik yang unik. Pada bakteri enterik (contoh, Salmonella), fosfatidiletanolamin terdapat seluruhnya pada bagian dalam, sedangkan lipopolisakarida hidrofilik, anionik terdapat hanya pada bagian luar dari membran luar.



Gambar 11. Sel Bakteri Positif dan Sel Bakteri Negatif (Sumber ://infomikrobiologi.blogspot.com/2013/09/pewarnaan-diferensial-pewarnaan-gram\_7.html)

Pada spesies *Neisseria* dan *Haemophilus*, fosfolipid dapat dijumpai pada bagian luar dan dalam membran plasma. Protein yang disebut porin dapat ditemukan pada membran luar membentuk saluran difusi transmembran. Porin terdapat sebagai saluran untuk senyawa larut-air dengan berat molekul-kecil, atau sebagai reseptor bakteriofaga (virus).

Pada sel bakteri Gram-negatif, hubungan antara membran luar dan dalam disebut sebagai daerah perlekatan atau Bayer junctions. Bayer junction aktif secara fisiologi. Pada bagian luar adalah dimana tempat masuknya DNA yang biasanya menempel pada bakteriofaga dan lisis yang diperantarai oleh suatu komplemen.

Di bagian dalam, daerah perlekatan dapat dilihat suatu zona pertumbuhan (sebagai tempat septa periannular), juga tersedia sebagai tempat untuk translokasi protein sekretori, protein membran luar, lipopolisakarida, dan polisakarida kapsuler dan sebagai daerah munculnya pili seks dan fagel.

Daerah periplasma di antara membran luar dan membran sitoplasma diisi dengan suatu cairan kental (gel), yang dikenal sebagai gel periplasma (termasuk protein dan turunan-membran oligosakarida [Membrane-derived Oligosaccharides] MDOs). Protein gel periplasma merupakan protein terikat-substrat yang menyebabkan konsentrasi substrat dapat melawan gradien dan berbagai enzim hidrolitik.

Membran plasma dan membran luarnya mempunyai tebal sekitar  $0,0075 \mu\text{m}$ . Dengan mikroskop elektron transmisi, kedua membran tersebut dilihat dalam irisan melintang membran, memperlihatkan bentuk struktur “sandwich bileaflet-trilayer” yang berurutan: terdapat dua lapisan hidrofilik masing-masing  $2,5 \text{ nm}$  ( $25\text{A}$ ), lapisan tengah merupakan lapisan hidrofobik  $2,5 \text{ nm}$  yang biasanya disusun oleh rantai alkil asam lemak.

Suatu heliks/uliran lipoprotein, satu dari ketiga lapisan yang saling berikatan secara kovalen pada ujung satu kepada permukaan luar peptidoglikan, menyisipkan ujung lipidnya ke dalam membran luar, menancapkan membran luar kepada sel.

Pembungkus sel dapat diisolasi secara bebas dari cairan sitoplasma dengan merusak sel dan sentrifugasi diferensial. Membran dalam dapat dilarutkan dengan sedikit deterjen nonionik, melepaskan ikatan membran luar dari peptidoglikan yang tidak larut. Membran luar dapat dirusak oleh EDTA, deterjen ionik kuat, fenol encer, ekstraksi butanol.

Peptidoglikan eubakteri Gram-negatif merupakan struktur tipe A. Diikatlah molekul lipoprotein secara kovalen, dengan mikroskop elektron dapat dilihat sebagai daerah setiap 10 sampai 12 nm pada permukaan luar struktur peptidoglikan. Murein tidak larut ada sekitar 1-2% dari berat kering sel, setelah dihancurkan oleh tripsin untuk membuang sejumlah lipoprotein (lebih dari 4% berat kering sel).

Sepertiga dari lipoprotein total terikat secara kovalen pada ujung karboksinya melalui urutan sensitif-tripsin, Lys-Tyr-Arg-Lys, kepada unit asam meso-diaminopimelat (DAP) peptidoglikan. Pada ujung-N, karena berikatan kovalen dengan asam lemak jenuh (contoh, palmitat) dan takjenuh (contoh, palmitoleat dan vaksenat) yang disisipkan ke dalam bilayer lipid membran plasma, lipoprotein bersifat lipofilik kuat dan menancapkan membran plasma bagian luar kepada dinding sel.

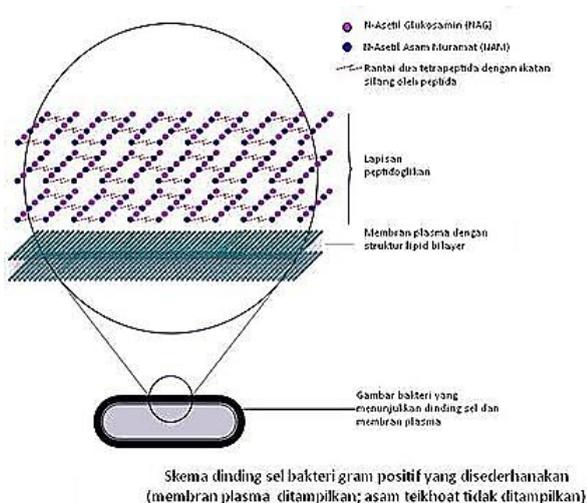
Lipoprotein juga berhubungan dengan protein OmpA. Lipoprotein merupakan antigen yang dimana permukaan utama dari dua spiroketnya adalah *Borrelia burgdorferi* dan *Treponema pallidum*, juga *Mycoplasma pneumoniae*.

Endotoksin merupakan istilah yang sering digunakan sebelum ditemukannya identitas endotoksin sendiri sebagai komponen lipid A dari LPS. Sekitar 100 tahun endotoksin digambarkan sebagai suatu yang tahan-panas, pyrogenik berhubungan dengan sel (penyebab demam), dan toxin mematikan dari bakteri gram-negatif yang bersifat kebalikan dari exotoksin protein tidak tahan-panas, contohnya toksin tetanus, yang ditemukan di luar sel dalam filtrat kultur.

Kira-kira 50 tahun yang lalu, LPS diisolasi dan ditemukan lalu terdapat aktivitas endotoksik. Selanjutnya, komponen lipid A dari LPS bakteri gram-negatif endotoksik, memperlihatkan struktur dasar yang identik dan mampu melakukan aktivitas endotoksik.

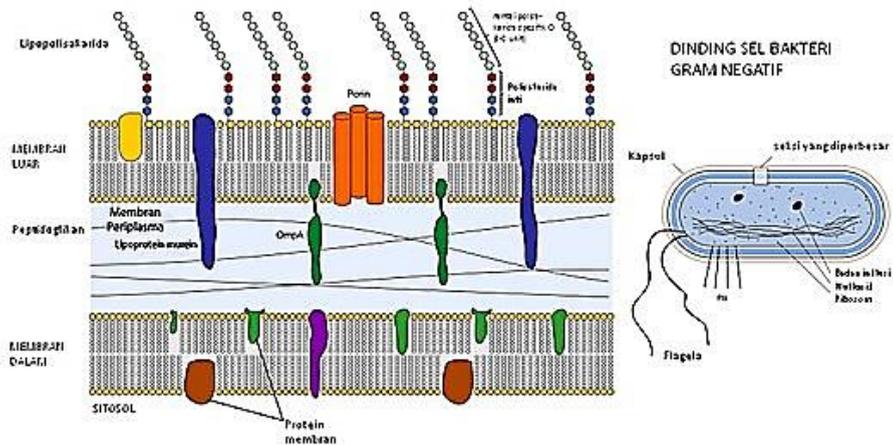
Lipopolisakarida (LPS) merupakan suatu gugus amfifil (satu ujung hidrofilik, ujung lain hidrofobik), dengan tiga daerah; daerah I (polisakarida O spesifik), daerah II (core polisakarida), dan daerah III (lipid A).

Beberapa bakteri, sebagai contoh, spesies *Neisseria*, dan *Haemophilus*, yang tidak menghasilkan polisakarida daerah I, menghasilkan polimer terpendek yang disebut lipooligosakarida (LOS) yang tercatat sebagai daerah II. Spesifisitas serologic terutama terletak pada daerah I, juga kadang-kadang daerah II, dan pusat bioaktif, atau endotoxin, pada daerah III.



Gambar 12. Bakteri Gram Positif (Sumber <https://id.wikipedia.org/wiki/Gram-positif>)

Lipid A, dengan asam lemak pada ujung satu dan grup fosfat di ujung lainnya, juga merupakan amfifil. Sebagai amfifil, LPS terisolasi dan bentuk lipid A, aktif secara biologik, self-aggregating complexes, atau misel dengan berat molekul mulai dari 105 – 108.



Gambar 13. Bakteri Gram Negatif (Sumber <https://id.wikipedia.org/wiki/Gram-negatif>)

## 7. Selubung Bakteri tahan asam

Bagian dari genus *Mycobacterium* dan beberapa spesies *Nocardia*, yang berwarna merah dengan pewarna karbolfuksin dan mampu bertahan dari dekoloresasi dengan alkohol-asam, dapat disebut acid-fast (tahan-asam). Komponen yang berwarna tersebut berhubungan langsung dengan adanya asam mikolat pada dinding sel bakteri yang masih utuh.

Asam mikolat merupakan pengganti dari asam lemak (hiroksi yang terdapat pada *Mycobakterium* sebagai ester yang terikat pada polisakarida dinding sel dan sebagai komponen glikolipid yang bebas, kadang-kadang disebut “cord factor”).

*Corynebakteri*, *Nokardiae*, dan *Mykobakteri* penghasil-asam mikolat diketahui sebagai kelompok bakteri CNM. Kelompok CNM menghasilkan asam mikolat yang bertambah panjang

rantainya mulai dari asam corynemikolat (C30), melalui asam nokardat (C50) dan asam mikolat (C90), Hanya nokardiae dan mykobakteri yang menghasilkan asam mikolat terikat-dinding sel.

Dinding sel bakteri Mycobacterium tuberculosis mengandung sejumlah peptidoglikan, arabinan, dan lipid yang seimbang. Lebih dari 50% komponen lipid merupakan asam mikolat yang teresterifikasi, sedangkan 25% merupakan asam lemak normal. Asam poli-L-glutamat terikat-peptidoglikan juga terdapat pada Mycobacterium tuberculosis. Struktur dasar peptidoglikan Corynebacterium diphtheriae, spesies Nocardia, dan M. tuberculosis. Asam muramat 6-fosfat merupakan ikatan primer di antara arabinogalaktan terikat-dinding sel, arabinomanan, dan peptidoglikan. Asam mikolat terikat-dinding sel diesterifikasi melalui C-5-karboksil dari residu D-arabinosa arabinogalaktan netral. Polimer dinding sel terbesar kedua, arabinomanan, sangat asam, dapat tersuksinilat dan teresterifikasi dengan residu inositol-1-fosfat. Glikolipid.

Penyusun dinding sel	Bakteri gram positif	Bakteri gram negatif
Lapisan Peptidoglikan	40 lembar, 50% dari komposisi dinding sel Terletak di luar membran plasma	1 atau 2 lembar, 5-10% dari dinding sel Terletak pada periplasma (di antara membrane luar dan membran plasma).
Komponen utama	<i>Teichoic</i> dan <i>teichuronic acid</i> 50% berat kering dinding sel, 10% berat kering seluruh tubuh	Lipopolisakarida (LPS) ±50% berat kering dinding sel
Komponen lain	Polisakarida	Lipoprotein

Gambar 14. Komponen Penyusun Bakteri (Sumber <http://harlindah.blogspot.com/2009/03/> 8. Protoplas dan Sferoplas)

Beberapa glikolipid yang tidak umum yang tidak terikat dinding sel, terdapat pada bakteri acid-fast dan yang berhubungan. Termasuk didalamnya ialah mikolat trehallosa, sulfolipid,, dan lipooligosakarida, mikosid, dan lipopolisakarida.

Bakteri biasanya bisa hilang dalam air atau serum, ketika lapisan peptidoglikan dinding selnya yang kaku dilarutkan oleh lisozim atau zat lainnya. Walaupun demikian, jika distabilkan oleh larutan sukrosa atau garam hipertonik (0,2 – 0,5 M, tergantung pada organisme), akan dilepaskan suatu bagian yang berbentuk bola dan sensitif secara osmotik, yang disebut protoplas.

Komponen pembungkus yang ada pada bagian yang sensitif tersebut, dinamakan sferoplas. Pada saat komponen membran luar terbentuk, bakteri gram-positif umumnya membentuk protoplas, sedangkan bakteri gram-negatif menghasilkan sferoplas. Sferoplas juga dapat dihasilkan dalam pertumbuhan pada lingkungan hipertonik dengan adanya penghambat sintesis dinding sel, seperti penisilin.

## 8. Periplasma

Periplasma merupakan komponen yang dapat ditemukan di antara membran dalam dan membran luar dari sel bakteri. Periplasma dapat diamati pada bakteri Gram-negatif, tapi pada bakteri Gram-positif tidak semua atau hanya sedikit/sulit diamati.

Hal ini dapat dijelaskan dengan tingginya tekanan osmotik dalam sel bakteri Gram-positif (0,05 – 0,2 Pa [5 – 20 atm]) dibandingkan dengan bakteri Gram-negatif (0,03 – 0,05 Pa [3 – 5 atm]). Daerah periplasma bakteri Gram-negatif sangat bervariasi karena kondisi pertumbuhan di antara masing-masing individu bakteri sendiri. Gel yang sangat kental dan jumlahnya dapat sangat besar dalam struktur. Gel mengelilingi dan diselingi dengan peptidoglikan berpori.

Gel periplasma yang di dalamnya terdapat oligosakarida dihasilkan oleh membran (MDO) dapat dijumpai dalam ukuran kebalikan dari osmolaritas medium pertumbuhan, berbagai enzim hidrolitik seperti fosfatase, nuklease,  $\beta$ -laktamase yang dikendalikan plasmid (penisilinase), dan protein yang secara spesifik mengikat gula, bahan-bahan transpor, asam amino, dan ion anorganik. Substansi tersebut dapat dilepaskan dari sel melalui “shock” osmotik, sebagai contoh, dengan pengenceran secara cepat suspensi sel hipertonik (0,5 M sukrosa), sesudah pemberian EDTA.

## 9. Membran Plasma

Membran plasma merupakan pembungkus sel yang terletak di bagian dalam dari lapisan dinding sel yang kaku dan berhubungan dekat dengan membrane sitoplasma yang lembut, bersifat sangat penting untuk sel. Pada irisan tipis membrane plasma di bawah mikroskop elektron memperlihatkan suatu bentuk struktur “sandwich trilaminar” lapisan gelap-terang-gelap.

Meskipun bakteri mampu bertahan terhadap perubahan tekanan osmotik yang cukup ekstrim dari lingkungan sekitarnya, protoplasnya akan tetap mengalami plasmolysis (menyusut) atau plasmoptisis (membengkak-pecah) ketika ditempatkan dalam media yang tidak ia inginkan. Penempatan sel dalam larutan hipertonik menyebabkan plasmolysis, terjadi penyusutan/pelepasan membran dan sitoplasma dari dinding sel.

Sel Gram-negatif lebih mudah untuk mengalami plasmolysis dibandingkna sel Gram-positif, yang berhubungan dengan tekanan osmotik dalam selnya. Barrier osmotik pada bakteri ditunjukkan dengan kemampuannya untuk memadatkan asam amno tertentu melawan gradien.

Dalam bakteri Gram-positif, suatu gradien 300 – 400 kali lipat dapat melintasi lapisan permukaan. Ester fosfat, asam amino, dan larutan lain menyokong tekanan osmotik dalam sel. Aktivitas asmotik juga ditunjukkan melalui permeabilitas selektif untuk berbagai senyawa.

Komponen membran plasma terdiri dari sekitar 30% atau lebih dari berat sel. Membran mengandung 60-70% protein, 30-40% lipid, dan sejumlah kecil dalam karbohidrat. Fosfatidiletanolamin (75%), fosfatidilgleserol (20%), dan glikolipid sebagai unsur utama. Umumnya tidak terdapat kolin, sfingolipid, asam lemak poliunsaturated (tak-jenuh), inositida, dan steroid.

Glikolipid termasuk diglikosildigliserida terutama ditemukan pada membran bakteri gram-positif, yang juga mengandung asam lipoteikoat. Alkohol poliisoprenoid 55-karbon yang diketahui sebagai baktoprenol atau undekaprenol terdapat dalam jumlah yang kecil. Aktivitas berbagai enzim dihubungkan dengan protein membran. Termasuk sitokrom bakteri penghasil-energi dan sistem fosforilasi oksidatif, sistem permeabilitas membran, dan berbagai sistem pensintesis-polimer.

Suatu ATPase sudah diisolasi dari struktur membran mirip-tombol serupa dengan yang ditemukan dalam mitokondria eukariot. Lebih dari 90% ribosom dapat diisolasi sebagai suatu kumpulan DNA-poliribosom-membran. Pada bakteri Gram-positif terdapat struktur pelipatan membran plasma ke bagian dalam yang disebut mesosom.

Mesosom biasanya terlihat sebagai kantung sitoplasma penghubung-membran yang terdiri dari lamela (lembaran), tubuler (bentuk tabung) atau struktur vesikuler (kantung); semuanya sering dihubungkan dengan septa pembelahan sel. Penempelan mesosom kepada kromatin DNA dan membran, dapat dilihat pada irisan tipis di bawah mikroskop elektron.

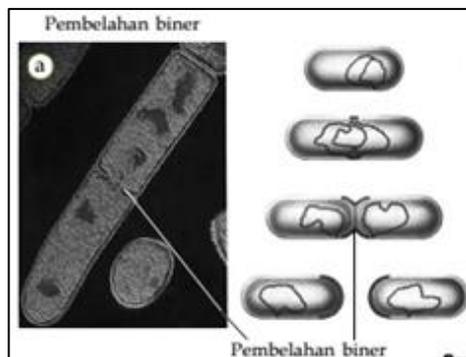
## G. Reproduksi Bakteri

Pada bakteri dalam system reproduksi terdapat dua cara yaitu seksual dan aseksual. Reproduksi aseksual biasanya dilakukan melalui pembelahan biner atau yang biasa kita kenal dengan membelah diri. Adapun reproduksi seksual dengan paraseksual atau rekombinasi genetik.

### 1. Reproduksi Aseksual

Kebanyakan bakteri untuk melakukan reproduksi biasanya menggunakan sistem aseksual melalui proses pembelahan biner, Proses ini mampu mereproduksi salinan genetik dari sel induk secara tepat. Awal dari proses pembelahan biner ini ialah dengan proses replikasi DNA menjadi dua salinan DNA identic, lalu diikuti pembelahan sitoplasma dan pada akhirnya terapat dinding pemisah di antara kedua sel anak bakteri.

Pada kondisi yang optimal, bakteri mampu membelah diri satu kali setiap 20 menit atau sekitar  $1 \times 10^{21}$  anakan baru setiap harinya. Reproduksi yang begitu cepat ini sangat memungkinkan bakteri dapat berkembang biak menjadi sangat banyak dalam lingkungan yang menguntungkan.



Gambar 15. Proses pembelahan biner pada bakteri

Replikasi DNA menjadi dua salinan DNA



Pembagian Sitoplasma



Terbentuk Dinding



Pemisah diantara kedua sel anak



Terbentuk dua sel bakteri

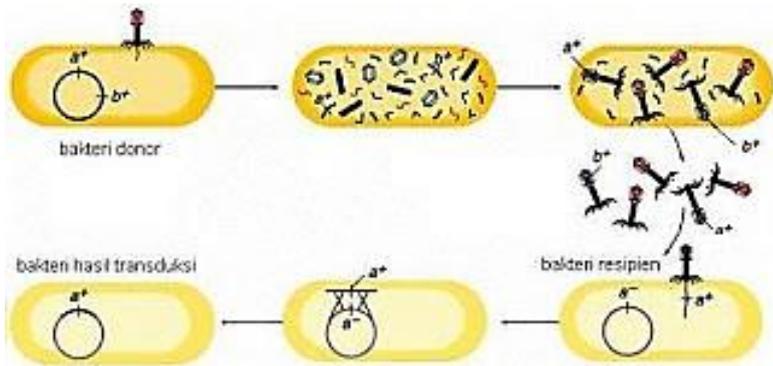
## 2. Reproduksi Seksual

Reproduksi seksual bakteri tidak melibatkan gamet dan peleburan sel, tetapi berupa pertukaran antar materi genetik (DNA). Proses perpindahan materi genetik seperti ini bisa juga disebut paraseksual atau rekombinasi genetik.

Rekombinasi genetik menghasilkan dua sel bakteri yang memiliki materi genetik kombinasi dari keduanya. Proses rekombinasi genetik dapat terjadi melalui tiga metode seperti berikut.

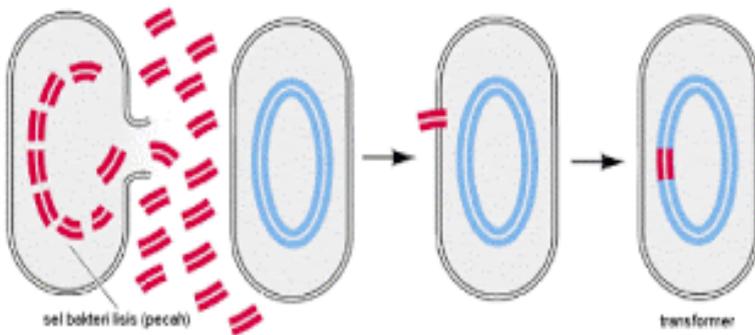
- a. Transduksi merupakan pemindahan DNA dari suatu bakteri ke bakteri lainnya melalui perantara bakteriofage (Nortori Zinder dan Joshua Lederberg 1952). Reproduksi bakteri cara ini tidak melalui kontak langsung dua bakteri, tetapi diperlukan nadanya materi sebagai perantara yaitu virus yang hidup pada inang bakteri (bakteriofage).

Pada reproduksi bakteri ini dilakukan proses dengan cara faga membawa gen bakteri dari satu sel inang ke sel inang lainnya.



Gambar 16. Proses Transduksi (Sumber <https://www.edubio.info/2017/01/transformasi-transduksi-dan-konjugasi.html>)

- b. Transformasi adalah pemindahan DNA dari suatu bakteri ke bakteri lainnya melalui proses fisiologis yang kompleks (Frederick Griffith).



Gambar 17. Proses Transformasi (Sumber <https://www.edubio.info/2017/01/transformasi-transduksi-dan-konjugasi.html>)

- c. Konjugasi, yaitu pemindahan materi genetic (DNA) dari suatu bakteri ke bakteri lainnya secara langsung melalui jembatan sitoplasma.
- 1) Transfer satu arah, satu sel mendonasi DNA dan pasangannya menerima gen.
  - 2) Donor DNA sebagai jantan menggunakan alat disebut piliseks untuk menempel pada resipien (penerima) DNA. Betina membentuk sebuah jembatan sitoplasmik sementara. Proses konjugasi diperlukan kontak langsung antara sel dengan sel resepien agar terjadi pemindahan bahan genetic (DNA).



Gambar 18. Proses Konjugasi (Sumber <https://www.edubio.info/2017/01/transformasi-transduksi-dan-konjugasi.html>)

## H. Siklus Hidup Bakteri

Siklus hidup bakteri terdiri dari 4 fase, yaitu fase lag, fase eksponensial atau log, fase stasioner dan fase kematian.



Gambar 19. Siklus hidup bakteri 4 Fase

### 1. Fase Lag (lag Phase)

Pada fase ini, bakteri tidak mengalami pertumbuhan. Namun, bakteri melakukan adaptasi dengan lingkungan barunya dan bermetabolisme dengan cara menghasilkan vitamin dan asam amino yang dibutuhkan untuk pembelahan.

Selanjutnya, bakteri memulai proses penyalinan DNA dan jika lingkungan baru bakteri tersebut memiliki pasokan nutrisi yang sesuai dan banyak, fase lag dapat terjadi dengan waktu yang singkat. selanjutnya bakteri akan melalui fase berikutnya dalam siklus hidup mereka.

### 2. Fase Eksponensial atau log

Selama fase log atau eksponensial berlangsung, bakteri berkembang biak dengan begitu cepat, bahkan secara eksponensial. Waktu yang dibutuhkan oleh kultur untuk memperbanyak diri dapat disebut “Generation Time” dan apabila berada dalam kondisi yang optimal, bakteri mampu

memperbanyak dirinya dalam waktu kurang lebih 15 menit. Akan tetapi, ada juga bakteri lain yang membutuhkan waktu sehari-hari.

Dalam bakteri, salinan DNA terbang ke sisi arah yang berlawanan dari membran. Ujung dari bakteri tersebut kemudian ditarik untuk berpisah, lalu terciptalah dua “sel anak”, yang identik dan siap untuk memulai kehidupan baru. Proses ini lah yang disebut pembelahan biner.

### 3. Fase Stasioner (Stationary Phase)

Selama fase stasioner, pertumbuhan bakteri menjadi sedikit lebih datar. dikarenakan banyaknya zat sisa dan semakin sempitnya ruang hidup. Bakteri tidak mampu mempertahankan wilayah yang terbentuk pada fase sebelumnya. Jika bakteri mampu bergerak menuju kultur yang lain, maka pertumbuhannya akan dapat dilanjutkan.

### 4. Fase Kematian (Death Phase)

Pada fase ini, bakteri akan kehilangan semua kemampuan untuk mereproduksi, yang seolah-olah menjadi “lonceng kematian” mereka. Seperti pada fase log atau eksponensial, kematian bakteri dapat terjadi secepat pertumbuhan mereka.



---

# JAMUR

---

# **BAB I. PENDAHULUAN**

---

## **A. Sejarah Jamur**

Jamur mulai dikenal sebagai bahan pangan sejak 3.000 tahun lalu saat itu, jamur digunakan sebagai hidangan populer bagi para raja di Mesir. Masyarakat umum pada masa itu dilarang mengonsumsi jamur karena ketersediaannya masih terbatas.

Fungi adalah organisme eukariotik m (inti sejati yang dikelilingi oleh membran), heterotrofik (tidak membuat makanan sendiri dan sumber karbon dari bahan organik), mendapatkan nutrisi atau makan dari hasil absorbsi dinding sel, reproduksi menghasilkan spora baik melalui seksual (teleomorph), serta produk simpanan dalam bentuk glikogen.

1. Linneus memasukkan fungi ke dalam kingdom plantae, sehingga hanya ada 2 kingdom yaitu Animalia dan Plantae
2. Whittaker membagi kedalam 3 kingdom, dimana fungi menjadi kingdom tersendiri selain Animalia dan plantae
3. Klasifikasi modern membagi kedalam 7 kingdom yaitu Animalia, plantae, fungi, Chromista, Protista, Eubacteria, Archaeobacteria.

## **B. Sejarah Evolusi Fungi**

Meskipun catatan fosil jumlahnya sedikit, tetapi terdapat fosil yang dapat dikenali sebagai jamur sapotrofik besar (bahkan mungkin Basidiomycota). Fosil ini merupakan fosil prototaxites yang biasa ditemukan di semua bagian dunia pada periode Devonian pertengahan dan akhir (sekitar 419,2 sampai 358,9 juta tahun yang lalu).

Fosil Fungi bukanlah hal yang biasa dan dapat diterima oleh ilmuwan sebelum fosil periode Devonian ini. Fosil Fungi pada periode ini ditemukan berlimpah pada bongkahan sedimen Rhynie (Rhynie chert) yang terdapat di dekat pedesaan Rhynie, Aberdeenshire, Skotlandia. Fosil Fungi ini sebagian besar adalah fosil Zygomycota and Chytridiomycota.

Pada saat yang bersamaan, sekitar 400 juta tahun yang lalu, Ascomycota dan Basidiomycota terpisah, dan semua Fungi modern muncul pada akhir Carboniferous (Pennsylvanian, sekitar 318,1 sampai 299 juta tahun yang lalu). Karena minimnya catatan fosil, maka karakteristik biokimia menjadi penanda peta hubungan evolusi jamur. Kelompok -kelompok jamur dapat dihubungkan dengan komposisi dinding sel, organisasi enzim triptopan, dan sintesis lisin.

Analisis filogenetik molekuler pada tahun 1990an telah berkontribusi sangat besar untuk mengerti asal-usul dan evolusi Fungi. Pada awalnya, analisis ini menghasilkan pohon evolusi jamur dengan membandingkan urutan gen tunggal, biasanya adalah gen RNA ribosom (rRNA). Kemudian setelah itu, informasi dari beberapa gen pengkode protein membantu membetulkan kesalahan, dan pohon filogenetik Fungi saat ini sedang dibuat menggunakan bermacam-macam data.

### **C. Pengertian Fungi (Jamur)**

Fungi adalah nama regrun dari sekelompok besar makhluk hidup eukariotik hetetrof yang mencerna makanannya di luar tubuh lalu menyerap molekul nutrisi kedalam sel-selnya. Kalangan ilmuan kerap menggunakan istilah cendawan sebagai sinonim bagi fungi. Awam menyebut sebagai besar anggota fungi sebagai jamur, kapang, Khamir, atau ragi.

Meskipun seringkali yang dimaksud adalah penampilan luar yang tampak, bukan spesiesnya sendiri. Kesulitan dalam mengenal fungi sedikit banyak disebabkan adanya pergiliran keturunan yang memiliki penampilan yang sama sekali berbeda (ingat metamorphosis pada serangga atau katak).

Fungi memperbanyak diri secara seksual dan aseksual. Perbanyak seksual dengan cara dua hifa dari jamur berbeda melebur lalu membentuk zigot lalu zigot tumbuh menjadi tubuh buah, sedangkan perbanyak aseksual dengan cara membentuk spora, bertunas atau fragmentasi hifa.

Jamur memiliki kotak spora yang disebut sporangium. Di dalam sporangium terdapat spora. Contoh jamur yang membentuk spora adalah *Rhizopus* contoh jamur yang membentuk tunas adalah *Saccharomyces*. Hifa jamur dapat terpurus dan setiap fragmen dapat tumbuh menjadi tubuh buah.

## **BAB II. PEMBAHASAN**

---

### **A. Sejarah Taksonomi Fungi**

Fungi tadinya diklasifikasikan ke dalam *kingdom* Plantae dan dibedakan menjadi empat kelas:

1. *Phycomycetes* (*Zygomycetes*, *Oomycetes*, dll)
2. *Ascomycetes*
3. *Basidiomycetes*
4. *Deuteromycetes* (*Fungi Imperfecti*)

Kelompok tradisional ini membedakan Fungi berdasarkan morfologi organ seksual, ada tidaknya septa, dan derajat repetisi kromosom (ploidi) pada inti vegetatif miselium. Pada era ini jamur lendir juga masih termasuk dalam *divisi* Fungi.

Pada pertengahan abad 20 terdapat tiga *kingdom* utama dari eukaryota multiseluler, yaitu *kingdom* Plantae, *kingdom* Animalia, dan *kingdom* Fungi. Perbedaan ciri yang krusial adalah dalam hal nutrisi dan dinding sel. Meskipun Fungi bukan tumbuhan, namun nomenklatur untuk jamur diatur dalam International Code of Botanical Nomenclature (ICBN).

Sebagai tambahan, “filum” digunakan dalam nomenklatur jamur, namun beberapa referensi juga menggunakan “divisi” dalam tingkat taksonominya. Karena ensiklopedia *main stream* di internet menggunakan “filum,” maka Tentorku juga menggunakan “filum.” *Kingdom* Fungi terpisah dari leluhur bersama (dengan hewan) sekitar 800 sampai 900 juta tahun yang lalu.

Saat ini, banyak organisme khususnya di kalangan *Phycomycetes* dan jamur lendir, tidak lagi dianggap sebagai jamur sejati. Perubahan ini juga terjadi pada jamur air yang diklasifikasikan ulang pada *kingdom* Chromista, dan Amobidales (parasit pada arthropoda) sekarang dianggap sebagai Protozoa.

## **B. Struktur Tubuh Jamur**

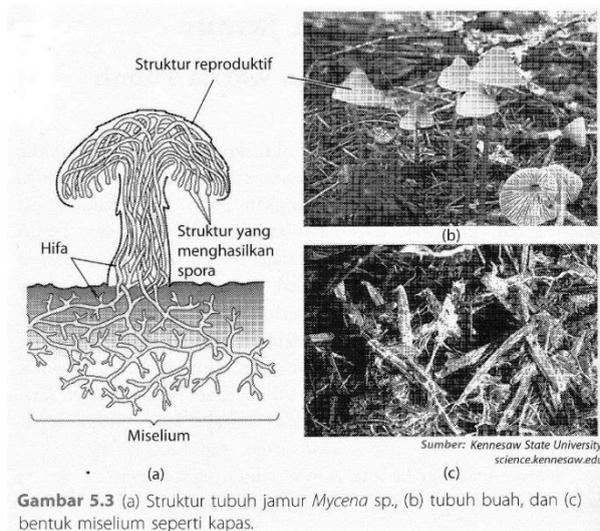
Struktur tubuh jamur tergantung pada jenisnya. Ada jamur yang satu sel, misalnya khamir. Ada pula jamur yang multiseluler, yang membentuk tubuh buah besar, contohnya jamur kayu. Tubuh jamur tersusun dari komponen dasar yang disebut hifa. Hifa membentuk jaringan yang disebut *miselium*. *Miselium* menyusun jalinan-jalinan semu menjadi tubuh buah.

Hifa adalah struktur menyerupai benang yang tersusun dari dinding berbentuk pipa. Dinding ini menyelubungi membran plasma dan sitoplasma hifa, sitoplasmanya mengandung *organel eukariotik*. Kebanyakan, hifa dibatasi oleh dinding melintang atau septa. Septa mempunyai pori besar yang cukup untuk dilewati ribosom, *mitokondria*, dan terkadang inti sel yang mengalir dari sel ke sel.

Akan tetapi, ada pula hifa yang tidak berseptum atau hifa *senositik*. Struktur hifa *senositik* dihasilkan oleh pembelahan inti sel berkali-kali, yang tidak diikuti dengan pembelahan sitoplasma. Hifa pada jamur yang bersifat parasit biasanya mengalami modifikasi menjadi *haustoria*, yang merupakan organ penyerap makanan dari substrat; *haustoria* dapat menembus jaringan substrat. Tubuh jamur tersusun oleh sel-sel eukariotik yang memiliki dinding sel dan zat kitin. Zat kitin tersusun atas polisakarida yang mengandung nitrogen, bersifat kuat, tetapi fleksibel.

Zat kitin pada jamur mirip dengan zat kitin yang ditemukan pada kerangka luar serangga atau Arthropoda lain. Fungi tidak memiliki klorofil, oleh karena itu fungi tergolong organisme heterotrof. Meskipun bersifat heterotrof, fungi tidak mencerna makanannya di dalam tubuh. Sel-sel penyusun tubuh jamur makroskopis memanjang membentuk benang yang disebut *hifa*. Hifa bercabang-cabang membentuk jaringan yang disebut *miselium*. Miselium menyusun jalinan-jalinan membentuk tubuh buah.

Hifa merupakan struktur menyerupai benang yang terdiri atas satu atau banyak sel yang dikelilingi dinding berbentuk pipa. Pada beberapa jenis jamur, hifa memiliki sekat-sekat antar sel yang disebut *septum*. Septum memiliki celah atau pori yang cukup besar sehingga organel sel dapat mengalir dari satu sel ke sel lainnya. Sel jamur mengandung organel eukariotik, antara lain mitokondria, ribosom, dan inti sel (nukleus).



Gambar 20. Struktur Tubuh Jamur

Pada beberapa jenis jamur lainnya, hifa tidak memiliki sekat sehingga disebut *asepta*. Oleh karena tidak memiliki sekat, hifa jamur asepta merupakan massa sitoplasma yang panjang dan mengandung ratusan hingga ribuan nukleus; disebut hifa *senositik*.

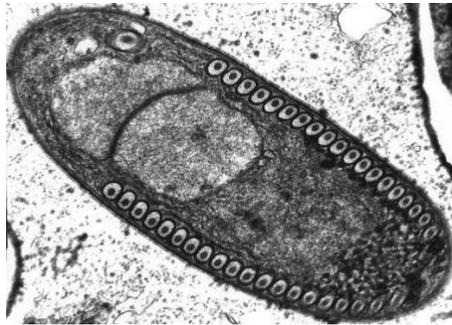
Jumlah inti sel yang banyak merupakan hasil pembelahan inti sel yang berulang ulang tanpa disertai pembelahan sitoplasma. Hifa yang bercabang-cabang membentuk miselium memungkinkan terjadinya perluasan permukaan bidang absorpsi (penyerapan) sehingga sangat cocok sebagai alat penyerap nutrisi.

Diperkirakan,  $10 \text{ cm}^3$  tanah organik yang subur dapat ditumbuhi hifa jamur berdiameter  $10 \mu\text{m}$  sepanjang 1 km. Jamur yang hidup parasit pada organisme lain memiliki hifa yang termodifikasi menjadi haustorium. *Haustorium* adalah ujung hifa yang menembus jaringan inang dan berfungsi untuk menyerapsari makanan.

## C. Jenis-Jenis Jamur

### 1. Microspodia

Microspodia ialah kelompok fungi mikroskopik yang selnya tunggal dan berspora, hidupnya sebagai parasit hewan khususnya pada serangga. Beberapa lainnya pun ditemui pada ikan dan hewan golongan crustacean misalnya seperti kepiting, udang dan lainnya.



Gambar 21. Microsporidia

Satu spesies microsporidia hanya akan menginveksi satu spesies hewan maupun sejumlah hewan yang dekat dengan taksonomi. Microsporida juga bisa menginveksi manusia sehingga menyebabkan penyakit yang namanya microsporidiosis. Yakni telah tercatat yang menyerang manusia terdapat 14 jenis, antara lain *trachipleistophora hominis*.

Microsporidia adalah patogen yang mengancam organisme yang ditinggalinya. Sifatnya bisa memberikan manfaat pada organisme lain. Seperti *vavraia culicis* yang dipakai dalam mengontrol parasite *plasmodium falciparum*, sehingga menyebabkan malaria apada manusia dengan cara menginfeksi nyamuk pembawanya yaitu *anopheles gambiae*.

## 2. Chytridiomycota

Chytridiomycota merupakan organisme yang spora dinal sebagai chytrids. Chytrids ialah jenis spesies berstruktur paling sederhana. Chytrids termasuk dalam jenis fungi sebab mempunyai dinding sel yang menyusun dari kitin, flagel berwujud cambuk dan caranya memperoleh makanan dengan cara menyerap nutrisi dari lingkungannya/ habitatnya.

Chytrids sifatnya parasite ataupun saprofit pada inangnya. Penyebaran chytrids pada mikroba mengontrol jumlah populasi yang terlalu banyak, jadi berperan penting pada rantai makanan ekosistem perairan. Namun jenis chytrids *Batrachochytrium* akan mengancam daur hidup kata sehingga menyebabkan kematian sejumlah spesies hewan dalam jumlah besar.



Gambar 22. Chytrids

### 3. Blastocladiomycota



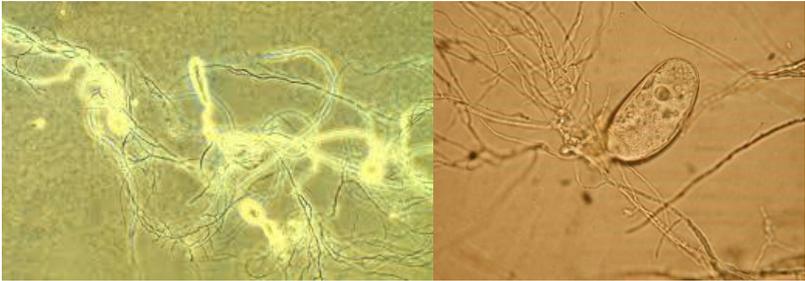
Gambar 23. Blastocladiomycota

Blastocladiomycota juga sebagai pengurai materi seperti pada serbuk sari, kitin, selulose dan keratin. Salah satu spesies besar yang diketahui menjadi parasite. Sejumlah contoh jenis jamur atau fungsi ialah sebagai berikut :

- a. *Catenaria*, adalah parasite dari nematode, sejenis nyamuk. Hewan golongan crustacean hingga jenis balsoclad yaitu coelomyces.
- b. *Physoderma maydis*, adalah parasite jagung dan mengakibatkan penyakit titik coklat.
- c. *Urophlyctics*, adalah parasite penting secara ekologi pada tumbuhan angiosperma.
- d. *Allomyces macrogynus* serta *blastocladia emersonii*.

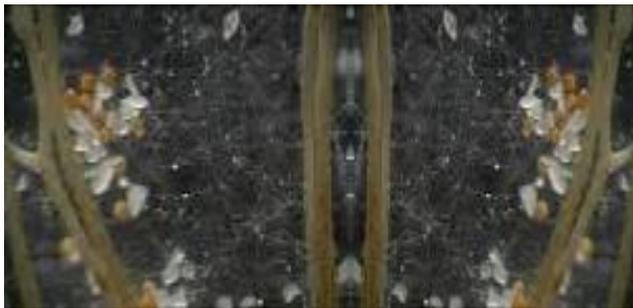
#### 4. Neocallimastigomycota

Neocallimastigomycota adalah fungi aneorob yang ditemui pada saluran pencernaan hewan herbivore serta manusia terbanyak. Neocallimastigomycota sangat penting dalam mencerna serat, hidrolisapolimer tumbuhan dan produksi enzim polisakarida.



Gambar 24. Neocallimastigomycota

#### 5. Glomeromycota



Gambar 25. Glomeromycota

Glomeromycota banyak ditemukan dalam akar atau sekitar akar tanaman rhizopus. Kelompok fungi tersebut bersimbiosis mutualisme guna membentuk mikoriza arbuskuler, terpenting bagi sejumlah jenis tumbuhan agar dapat tumbuh dengan optimal.

Arbuskuler adalah tempat pertukaran makanan antara fungi yang menumpanginya dengan inang. Ada 2 tipe mikoriza, yakni :

- a. Ektomikoriza, hifa hanya bisa menembus hingga epidermis.
- b. Endomikoriza, hifa bisa menembus hingga bagian korteks.

Glomeromycota akan berkembang biak secara aseksual, yakni dengan membentuk spora. Sejumlah contoh Glomeromycota adalah :

- a. *Glomus claroideum*,
- b. *Glomus mosseae*,
- c. *Entrophospora*,
- d. *Acaulospora*,
- e. *Sclerocystis*, dan
- f. *Archaeospora leptotich*

## 6. Ascomycota



Gambar 26. Ascomycota

Ascomycota terdiri atas 2 macam, yaitu :

- a. Bersel tunggal (uniseluler), reproduksi aseksual dengan cara membelah atau dengan tunas, sementara reproduksi seksual melalui konjugasi.
- b. Bersel banyak (multiseluler), reproduksi aseksual dengan spora aseksual (konidiospora) serta fragmentasi hifa, sementara reproduksi seksual dengan cara penyatuan hifa jantan (+) dengan hifa betina (-).

## 7. Basidiomycota

Basidiomycota ialah filum fungi/ jamur sering kita lihat & dikonsumsi sehari-hari. Fungi atau jamur ini termasuk dalam Basidiomycota makroskopik, yaitu berukuran lumayan besar untuk bisa dilihat dengan mata telanjang tidak menggunakan bantuan mikroskop. Tubuh buahnya terlihat jelas, tumbuh di permukaan tanah/ substrat tertentu. Tubuh buah amat khas dan terpopuler, yakni berbentuk seperti payung.



Gambar 27. Basidiomycota

Secara umum, di bagian tubuh buah ini terdiri atas stipe (tangkai), lamella (bilah), pileus (tudung), dan volva. Reproduksi Basidiomycota dilakukan menggunakan dua cara yakni: aseksual dan seksual. Sejumlah jenis jamur yang tergolong filum Basidiomycota adalah jenis jamur yang bisa dikonsumsi oleh manusia.

Sejumlah jenis jamur yang tergolong filum Basidiomycota adalah jenis jamur yang bisa dikonsumsi oleh manusia. Sejumlah jenis atau macam jamur itu adalah :

- a. *Volvariella volvaceae* (Jamur Merang)
  - b. *Auricularia polythrica* (Jamur Kuping)
  - c. *Pleurotes* sp (Jamur Tiram)
  - d. *Lagararia zippeli* (Jamur Mayang)
  - e. *Polyporus giganteus* (Jamur Papan)
  - f. *Amanita phalloides*
  - g. *Puccinia graminis* (jamur karat)
8. Incertae Sedis



Gambar 28. Incertae Sedis

Sejumlah jenis fungi yang tidak bisa dimasukkan di dalam ketujuh dari filum di atas. Oleh karena itu, sejumlah jenis fungi ini akan dimasukkan ke dalam Incertae sedis.

Sejumlah jenis fungi ini antara lain :

- a. Entomophthoromycotina,
- b. Kickxellomycotina,
- c. Mucoromycotina,
- d. Zoopagomycotina.

Jamur termasuk jenis tumbuhan yang tidak berdaun dan tidak berbuah, yang berkembang biak dengan spora. Bentuknya unik seperti payung, tumbuh di daerah berair atau di tempat yang lembab. Jamur, yang dalam bahasa Sunda dikenal dengan sebutan supa atau dalam bahasa Inggris disebut *mushroom*, banyak dijumpai di alam bebas. Jamur dapat tumbuh dengan mudah di batang kayu atau tumpukan sampah organik. Selain memiliki rasa yang enak, sejak dahulu, jamur dikenal sebagai bahan makanan nabati yang memiliki nilai gizi tinggi.

Beberapa jamur memiliki khasiat obat. Hal ini sudah dikenal di daratan Cina sejak 300 tahun yang lalu. Sekarang, jamur-jamur itu meluas ke berapa negara lain di benua Asia, Eropa, dan bahkan Amerika. Tradisi masyarakat Cina sejak ratusan tahun lalu mempercayai bahwa ramuan jamur sebagai bahan obatan dan bahan makanan berfungsi sebagai *elixir of life* atau obat serta makanan yang dapat menyehatkan seseorang. Dengan memakan jamur, seseorang terhindar dari berbagai penyakit. Bahkan, banyak orang yang percaya bahwa memakan jamur dapat memperpanjang umur.

#### **D. Ciri-Ciri Umum Jamur**

Jamur hanya tumbuh pada waktu dan kondisi tertentu, dan lama hidupnya terbatas. Contoh, jamur banyak muncul pada musim hujan di kayu-kayu lapuk, serasah, maupun tumpukan jerami. Namun, jamur segera mati setelah musim kemarau tiba. Bentuk jamur mirip dengan tumbuhan, tetapi tidak memiliki daun dan akar yang sejati, juga tidak mempunyai klorofil sehingga tidak dapat melakukan fotosintesis. Untuk itulah, jamur digolongkan atau diklasifikasikan tersendiri, tidak digolongkan dalam tumbuhan atau hewan.

Anda dapat mengetahui jenis jamur yang bisa dilihat secara langsung (makroskopis) dan harus diamati menggunakan mikroskop (mikroskopis). Untuk mengetahui ciri-ciri jamur, kita akan mempelajari tentang struktur tubuh jamur, cara memperoleh makanan, dan cara berkembang biak (reproduksi) jamur.

Berikut uraian lengkapnya: Menurut para ahli, jamur memiliki ciri khusus yang tidak dimiliki oleh tanaman. Salah satunya yaitu dinding sel jamur yang mengandung zat kitin. Nah, selain itu jamur juga memiliki ciri khas yang lain sobat. Adapun ciri-ciri tersebut akan dibahas berikut ini.

1. Struktur tubuh fungi terdiri atas uniseluler dan multiseluler. Fungi yang multiseluler tersusun atas hifa yang membentuk anyaman yang dinamakan dengan miselium.
2. Hifa pada jamur terbagi atas dua ada yang bersekat dan yang tidak bersekat atau dinamakan dengan hifa coenositik.
3. Nah, hifa ini berfungsi untuk mengabsorpsi nutrisi serta sebagai alat reproduksi vegetative berupa sporangium dan konidium.
4. Fungi tidak memiliki klorofil sehingga fungi tidak mampu membuat makanannya sendiri.

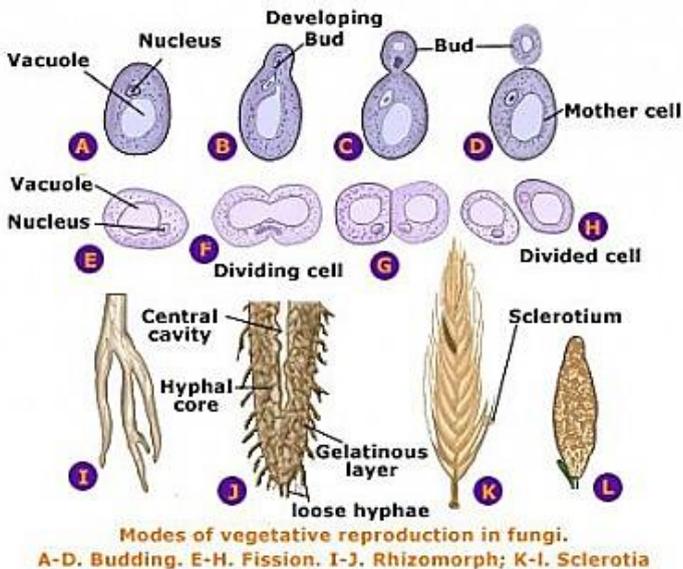
5. Bersifat heterotrof dengan menguraikan zat organik (saprofit), parasit obligat dan parasit fakultatif.
6. Dinding sel yang terbuat dari zat kitin
7. Umumnya habitat jamur pada tempat yang lembab.
8. Sistem pencernaan jamur bersifat ekstraseluler. Maksudnya jamur zat makanan diurai di luar tubuh menggunakan enzim yang ada pada jamur dan kemudian jamur mengabsorbsinya dalam bentuk zat yang sederhana.
9. Sistem reproduksi yang seksual dan aseksual.
10. Sel Jamur terdiri atas mitokondria, ribosom dan nucleus.
11. Istilah kapang (mold) menunjukkan jamur pada tahap reproduksi aseksual. Dimana jamur menghasilkan spora aseksual yang banyak.
12. Ragi atau khamir , biasanya digunakan pada jamur yang uniseluler.
13. Cendawan yaitu jamur yang sedang membentuk tubuh buah seperti pada jamur merang.

#### **E. Sistem Reproduksi Fungi (Jamur)**

##### **1. Reproduksi Secara Seksual**

Reproduksi secara seksual pada jamur melalui kontak gametangium dan konjugasi. Kontak gametangium mengakibatkan terjadinya *singami*, yaitu persatuan sel dari dua individu. Singami terjadi dalam dua tahap; tahap pertama adalah *plasmogami*

(peleburan sitoplasma), dan tahap kedua adalah *kariogami* (peleburan inti). Setelah plasmogami terjadi, inti sel dari masing-masing induk bersatu, tetapi tidak melebur dan membentuk *dikarion*. Pasangan inti dalam sel *dikarion* atau *miselium* akan membelah dalam waktu beberapa bulan hingga tahun. Akhirnya, inti sel melebur membentuk sel diploid yang segera melakukan pembelahan mitosis.



Gambar 29. Reproduksi Jamur Secara Seksual

Reproduksi jamur secara seksual ini lebih jarang terjadi, dan jumlahnya lebih sedikit dibandingkan secara aseksual. Perkembangbiakan ini terjadi apabila berada dalam keadaan tertentu.

- a. Biasanya jamur bereproduksi secara generative karena kondisi lingkungan yang berubah atau pada kondisi darurat lainnya. Keturunan yang dihasilkan memiliki genetic yang beragam dan lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.

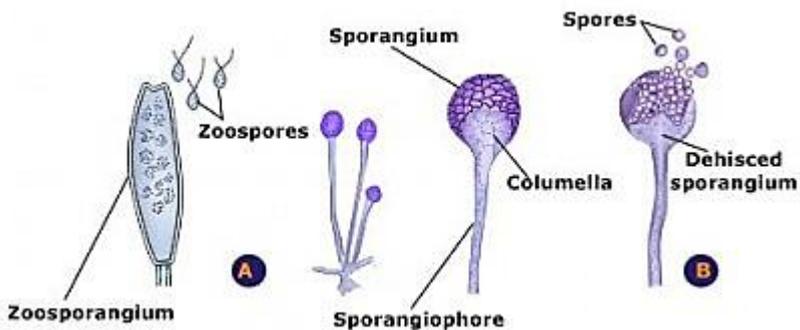
- b. Reproduksi secara generative didahului dengan pembentukan spora seksual yang memiliki jenis hifa yang berbeda.
- c. Hifa (+) dan hifa (-) yang berkromosom haploid ( $n$ ) mendekat dan membentuk gametangium (organ yang menghasilkan gamet).
- d. Gametangium berplasmogami yaitu peleburan sitoplasma dan kemudian membentuk zigosporangium dikariotik (heterokarotik) dengan pasangan nucleus haploid yang belum bersatu. Zigosporangium ini memiliki dinding sel yang tebal dan kasar yang memungkinkan untuk bertahan pada kondisi lingkungan yang buruk dan kering.
- e. Bila kondisi lingkungannya membaik, zigosporangium akan menjadi kariogami (peleburan inti) sehingga zigosporangium memiliki inti yang berkromosom diploid ( $2n$ ).
- f. Zigosporangium yang berinti haploid ( $2n$ ) akan mengalami pembelahan secara mitosis yang menghasilkan zigospora haploid ( $n$ ) didalam zigosporangium.
- g. Zigospora haploid ( $n$ ) akan berkecambah membentuk sporangium bertangkai pendek dengan kromosom haploid ( $n$ ).
- h. Sporangium haploid ( $n$ ) akan menghasilkan spora-spora yang haploid ( $n$ ) yang memiliki keanekaragaman genetik.
- i. Bila spora-spora haploid ( $n$ ) jatuh di tempat yang sesuai, spora akan berkecambah (germinasi) menjadi hifa jamur yang haploid ( $n$ ). Hifa akan tumbuh membentuk jaringan miselium yang semuanya haploid ( $n$ ).

Seperti halnya spora aseksual jamur, jenis spora seksual jamur pun bermacam-macam, yaitu sebagai berikut:

- a. *Askospora*, yaitu spora bersel satu yang terbentuk di dalam kantung. Spora ini dinamakan *askus*. Dalam setiap *askus*, terdapat *askospora*
- b. *Basidiospora*, yaitu spora bersel satu yang terbentuk di atas struktur berbentuk gada, yang dinamakan *basidium*
- c. *Zygospora*, yaitu spora besar ber dinding tebal, terbentuk dari ujung-ujung dua hifa yang serasi, yang dinamakan *gametangia*
- d. *Oospora*, yaitu spora yang terbentuk dari pertemuan antara gamet betina (*oogonium*) dan gamet jantan (*anteridium*), sehingga terjadi pembuahan (*oosfer*) dan akan menghasilkan *oospora*.

## 2. Reproduksi Jamur secara Aseksual

Secara aseksual, reproduksi jamur dibedakan dengan pembelahan dengan cara sel membagi diri untuk membentuk dua sel anak yang serupa. Selain itu, juga dengan penguncupan, yaitu dengan cara sel anak yang tumbuh dari penonjolan kecil pada sel inang atau pembentukan spora.



Gambar 30. Reproduksi Jamur secara Aseksual

Spora aseksual ini berfungsi menyebabkan spesiesnya dalam jumlah besar melalui perantara angin atau air. Bila mendapatkan tempat yang cocok, maka spora akan berkecambah dan tumbuh menjadi jamur dewasa.

- a. Pada jamur yang uniseluler reproduksi vegetative dilakukan dengan pembentukan tunas yang akan tumbuh menjadi individu baru. Pada jamur yang multiseluler dilakukan dengan cara fragmentasi hifa dan pembentukan spora vegetative.
- b. Fragmentasi hifa (pemutusan hifa), potongan hifa yang putus tumbuh menjadi individu baru
- c. Pembentukan spora vegetative yang berupa sporangiospora dan konidiospora.
- d. Jamur yang telah dewasa menghasilkan spongiofor (tangkai kotak spora).
- e. Pada ujung sporangiofor terdapat sporangium (kotak spora).
- f. Di dalam kotak spora pembelahan sel dilakukan secara mitosis dan menghasilkan banyak sporangiospora dengan kromosom yang haploid (n).
- g. Adapun jamur jenis lain menghasilkan konidiofor (tangkai konidia).
- h. Pada ujung konidiofor terdapat konidium (kotak konidiospora). Di dalam konidium terjadi pembelahan sel secara mitosis yang menghasilkan banyak konidiospora dengan kromosom yang haploid (n).
- i. Baik sporangiospora maupun konidiospora, bila jatuh di tempat yang sesuai akan tumbuh menjadi hifa baru yang haploid (n).

Sementara itu, terdapat beberapa macam spora aseksual, diantaranya sebagai berikut :

- a. *Konidiospora* , yaitu *konidium* yang terbentuk di ujung atau di sisi hifa. Ada yang berukuran kecil, bersel satu, yang disebut *mikrokonidium*. Sebaliknya, *konidium* yang berukuran besar dan bersel banyak disebut *makrokonidium*
- b. *Sporangiospora*, yakni spora bersel satu yang terbentuk dalam kantung, yang disebut sporangium, pada ujung hifa khusus.

## **F. Penyakit Yang Disebabkan Oleh Jamur**

### **1. Jamur penyebab penyakit pada tanaman**

Jamur penyebab penyakit pada tanaman sebenarnya tidaklah terlalu banyak jenisnya. Namun, penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur biasanya akan sangat merusak tanaman dari segi ekonomisnya. Munculnya penyakit pada tanaman karena jamur banyak ditemui di wilayah Indonesia.

Hal ini dikarenakan wilayah Indonesia merupakan wilayah memiliki curah hujan yang cukup tinggi. Oleh karena itu para petani wajib mengetahui metode penanggulangan serta gejala-gejala penyakit pada tumbuhan yang di sebabkan jamur. Hal ini berguna untuk meminimalisir dampak kerugian yang diakibatkan oleh jamur tersebut.

Apa saja contoh jamur pada tumbuhan & penyakit yang disebabkan oleh jamur pada tumbuhan ?

Macam-macam jamur pada tumbuhan serta penyakit tanaman yang disebabkan jamur antara lain sebagai berikut:

- Jamur *Pythium* dan *Rhizoctonia*

Jenis jamur ini menyerang bibit di persemaian. Bibit tampak mengering dengan warna coklat sampai hitam, kemudian mati dan batang yang ada di dalam tanah busuk.



Gambar 31. Gejala Serangan *Jamur Pythium* dan *Rhizoctonia*

Pencegahan dan cara membasmi jamur pada tumbuhan dapat dilakukan dengan:

- a) Melakukan penyemprotan dengan bubuk Bordo, COC, Dithane dan Algalol.
- b) Segera melakukan pencabutan tanaman yang terkena penyakit.
- c) Membuat bedengan persemaian yang dikerjakan sebaik mungkin.

- Jamur *Phytophthora infestans*

Jamur ini dapat menyerang semua jenis tanaman dan menyerang seluruh bagian tanaman tanpa memandang umur. Merupakan penyakit tanaman sayuran yang sangat berbahaya, dapat merusak pada tanaman di persemaian, daun, batang maupun akar. Kebanyakan orang mengenal sebagai penyakit lanas. Tanaman yang diserang seperti mendapat siraman air panas, lemah lunglai, layu dan akhirnya mati.



Gambar 32. Gejala Serangan Jamur *Phytophthora infestans*

Pencegahan dan pemberantasan penyakit pada tumbuhan akibat jamur ini dapat dilakukan dengan cara :

- 1) Mengadakan rotasi tanaman yang baik
- 2) Jangan menanam tanaman yang mempunyai penyakit yang sama dengan tanaman sebelumnya
- 3) Tanaman yang menunjukkan gejala-gejala sakit harus segera dicabut.
- 4) Persemaian disemprot dengan BB atau fungisida lain misalnya. Coneprox, COC.

- Jamur *Alternaris brassicae*

Penyakit jamur ini banyak menyerang tanaman kubis. Dan biji yang belum tumbuh hingga daun-daun yang sudah tua.



Gambar 33. Gejala Serangan Jamur *Alternaris brassicae*

Cara mengatasi jamur pada tumbuhan ini bisa dilakukan dengan:

- 1) Menyimpan biji atau benih dengan baik dan bersih.
- 2) Pada tanaman yang sudah tumbuh, disemprot dengan coper Ionakol 4-6 kg dicampur dengan 400 liter air untuk setiap hektar.

- Jamur *Cercospora beticola*

Menyerang daun pada tanaman persemaian maupun di pertanaman, daun yang diserang warna nya menjadi kuning.



Gambar 34. Gejala Serangan Jamur *Cercospora beticola*

Pencegahan dan pemberantasannya bisa dilakukan dengan cara:

- 1) Mengadakan pergiliran tanaman yang baik
  - 2) Biji yang akan disemai didesinfektans dalam larutan perak nikrat 0,1% atau formalin 0,25% selama ½ jam.
  - 3) Disemprot dengan COC atau bubuk Bordo.
- Jamur *Fusarium oxysporum*

Menyerang daun bagian yang terbawah sehingga warnanya menjadi kuning, akhirnya rontok dan tanaman mati. Banyak terjadi di daerah-daerah yang suhunya tinggi.



Gambar 35. Gejala serangan Jamur *Fusarium oxysporum*

Cara menghilangkan jamur pada tanaman bisa dilakukan dengan melakukan penyemprotan dengan fungisida.

### **G. Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur.**

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur antara lain:

#### **1. Temperatur**

Temperatur menjadi faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur yang pasti. Jamur perusak kayu dapat berkembang pada interval suhu yang cukup lebar, tetapi pada kondisi-kondisi alami perkembangan yang paling cepat terjadi selama periode-periode yang lebih panas dan lebih lembab dalam setiap tahun.

Suhu optimum berbeda-beda untuk setiap jenis, tetapi pada umumnya berkisar antara 220C sampai 350C. Suhu maksimumnya berkisar antara 270C sampai 390C, dengan suhu minimum kurang lebih 50C.

## 2. Oksigen

Oksigen sangat dibutuhkan oleh jamur untuk melakukan respirasi yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Sebaliknya untuk pertumbuhan yang optimum, oksigen harus diambil secara bebas dari udara. Tanpa adanya oksigen, tidak ada jamur yang dapat hidup

## 3. Kelembaban

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur selanjutnya ialah kelembaban udara. Kebutuhan jamur akan kelembaban berbeda-beda, namun hampir semua jenis jamur dapat hidup pada substrat yang belum jenuh air. Kadar air substrat yang rendah sering menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan jamur.

Hal ini terutama berlaku bagi jenis jamur yang hidup pada kayu atau tanah. Kayu dengan kadar air kurang dari 20% umumnya tidak terserang jamur perusak, sebaliknya kayu dengan kadar air 35-50% sangat disukai oleh jamur perusak.

Jamur pelapuk akan menyerang kayu yang berbeda pada lingkungan yang lembab dalam waktu yang relatif lama. Kayu yang dipasang sebagai komponen bangunan disekitar kamar mandi atau sumur, kayu yang terkena tempas air hujan atau kayu yang terendam air akibat banjir akan mudah sekali terserang jamur pembusuk. Bisa juga menyerang furniture anda seperti meja, lemari, kursi, dipan dan cabinet jika ruangnya lembab dan tidak banyak mendapat sinar.

## 4. Konsentrasi Hidrogen (pH)

Pada umumnya jamur akan tumbuh dengan baik pada pH kurang dari 7 (dalam suasana asam sampai netral). Pertumbuhan yang optimum akan dicapai pada pH 4,5 sampai 5,5

## 5. Bahan Makanan (Nutrisi)

Jamur memerlukan makanan dari zat-zat yang terkandung dalam kayu seperti selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat isi sel lainnya. selulosa, hemiselulosa dan lignin yang menyusun kayu terdapat sebagai makromolekul yang terlalu besar dan tidak larut dalam air untuk diasimilasi langsung oleh cendawan.

Karena jamur juga menyerang furniture anda seperti meja, lemari, kursi, dipan dan cabinet jika ruangnya lembab dan memenuhi faktor seperti yang disebutkan di atas, maka butuh solusi yang ampuh menghilangkan jamur pengganggu ini. Solusi ini berdasarkan Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur, langkahnya ialah dengan membatasi faktor tersebut terjadi.

Selain memastikan ruangan mendapat udara kering yang cukup, seperti membuka jendela secara rutin, tidak membiarkan air tergenang disekitar furniture serta memastikan saluran air tidak bocor, kita juga butuh obat anti jamur kayu yang berkualitas untuk mencegah pertumbuhan jamur.

Pencegahan jamur yang efektif adalah menggunakan obat anti jamur kayu BioCide. Apabila furniture Anda sudah terlanjur terserang jamur permukaan ini, cara yang paling efektif adalah kuaskan cairan obat anti jamur kayu BioCide Surface Film Preservative.

## H. Peranan Jamur.

Peranan jamur dalam kehidupan manusia sangat banyak, baik peran yang merugikan maupun menguntungkan. Jamur yang menguntungkan meliputi berbagai jenis, antara lain sebagai berikut :

1. *Volvariella volvacea* (jamur merang), yang berguna sebagai bahan pangan berprotein tinggi
2. *Rhizopus* dan *Mucor*, yang berguna dalam industri bahan makanan, yaitu dalam pembuatan tempe dan oncom
3. *Khamir saccharomycess*, yang berguna ssebagai fermentor dalam industry keju, roti dan bir
4. *Penicillium notatum*, berguna sebagai penghasil antibiotic.
5. *Higroporus* dan *Lycoperdon perlatum*, berguna sebagai decomposer

Selain peranan yang menguntungkan, beberapa jamur juga mempunyai peranan yang merugikan, antara lain sebagai berikut:

1. *Phytium*, sebagai hama bibit tanaman yang menyebabkan rebah semai
2. *Phythophthora infestan*, menyebabkan penyakit pada daun tanaman kentang
3. *Saprolegnia*, sebagai parasit pada tubuh organisme air
4. *Albugo*, merupakan parasite pada tanaman pertanian

---

# **RAGI ATAU YEAST**

---

## **BAB I. PENDAHULUAN**

---

### **A. Latar Belakang**

Ragi merupakan mikroorganisme hidup yang diperlukan dalam proses fermentasi/peragian produk pangan. Dalam kehidupan kita juga sangat tergantung pada mikroorganisme pengurai. Sebab mempunyai begitu banyak keuntungan.

Apa sih sebenarnya ragi itu? Ragi adalah makhluk hidup, bahasa ilmiahnya adalah yeast.

Ragi bisa membelah menjadi banyak untuk perkembangbiakannya, sebagaimana mikroba lainnya juga. Jadi, kalau ada makanan ia akan berkembangbiak terus. Dalam industri bir misalnya, saat akhir fermentasi jumlah ragi menjadi banyak sekali, karena kecepatan pembelahannya atau penggandaannya yang singkat. Begitu banyak manfaat ragi bagi kita semua, demi berkembangnya ilmu kita mari kita bahas secara mendalam tapi tidak terlalu dalam tentang Ragi.

## **BAB II. RAGI**

---

### **A. Pengertian Ragi**

Ragi adalah mikroorganisme bersel tunggal eukariotik yang diklasifikasikan sebagai anggota kerajaan jamur. Ragi pertama berasal ratusan juta tahun yang lalu, dan  $\pm 1.500$  spesies saat ini telah diidentifikasi. Ragi adalah organisme uniseluler yang berevolusi dari nenek moyang multisel, dengan beberapa spesies memiliki kemampuan untuk mengembangkan karakteristik multiseluler dengan membentuk string sel pemula yang terhubung, yang dikenal sebagai pseudohyphae atau hifa palsu.



Gambar 36. Ragi

Ukuran ragi sangat bervariasi, tergantung pada spesies dan lingkungan. Sebagian besar ragi berkembang biak secara aseksual melalui mitosis, dan banyak yang melakukannya dengan proses tunas.

Ragi, dengan kebiasaan pertumbuhan bersel tunggal, dapat dikontraskan dengan jamur, yang menumbuhkan hifa. Spesies jamur yang dapat mengambil kedua bentuk (tergantung pada suhu atau kondisi lainnya) disebut jamur dimorfik ("dimorfik" berarti "memiliki dua bentuk"). Dengan fermentasi, spesies ragi *Saccharomyces cerevisiae* mengubah karbohidrat menjadi karbon dioksida dan alkohol—selama ribuan tahun karbon dioksida telah digunakan dalam memanggang dan alkohol dalam minuman beralkohol.

Ragi juga merupakan model penting dari organisme sentral dalam penelitian biologi sel modern, dan merupakan salah satu mikroorganisme eukariotik yang paling banyak diteliti.

Para peneliti telah menggunakannya untuk mengumpulkan informasi tentang biologi sel eukariotik dan biologi manusia. Spesies ragi lainnya, seperti *Candida albicans*, adalah patogen oportunistik dan dapat menyebabkan infeksi pada manusia.

Ragi baru-baru ini telah digunakan untuk menghasilkan listrik dalam sel bahan bakar mikroba, dan menghasilkan etanol untuk industri biofuel. Ragi terdiri dari sejumlah kecil enzim, termasuk protease, lipase, invertase, maltase, dan zimase. Enzim yang sangat penting dalam ragi ragi adalah invertase, maltase, dan zimase.

Enzim invertasi dalam ragi bertanggung jawab terhadap awal aktivitas fermentasi. Enzim ini berfungsi mengubah gula yang terlarut dalam air menjadi gula sederhana yang terdiri atas glukosa dan fruktosa. Gula sederhana kemudian dipecah menjadi karbondioksida dan alkohol.

Sedangkan untuk enzim maltase sendiri fungsinya adalah untuk mengubah maltosa yang terdapat pada ragi menjadi glukosa, dan untuk enzim zimase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Jenis ragi secara umum ada tiga, yaitu :

1. Compressed yeast.

Jenis ragi ini mengandung 70% kadar air. Penyimpanannya harus pada suhu rendah, agar kemampuannya dalam pembentukan gas terjaga. Penyimpanan terbaik pada suhu 1°C

2. Active dry yeast.

Mengandung kadar air 7,5%-9%. Sebelum dipakai ragi terlebih dahulu direndam air dengan perbandingan 4 : 1 (4 Kg air : 1 Kg dry yeast) dengan suhu air normal selama ±10 menit.

3. Instant dry yeast.

Ragi jenis ini hampir sama dengan active dry yeast. Bedanya, ragi ini tidak perlu direndam sebelum dipakai. Jika bungkus sudah dibuka, ragi harus segera digunakan



Gambar 37. Compressed yeast, Active dry yeast, dan Instant dry yeast. (Sumber : google.com)

Beberapa fungsi ragi adalah :

- a. Mengembangkan adonan dengan memproduksi gas CO<sub>2</sub>.
- b. Memberi rasa dan aroma.
- c. Memperlunak gluten.

## B. Sejarah Ragi

Kata "ragi/yeast" berasal dari Inggris Kuno, *gist*, *giyst*, dan dari akar Indo-Eropa *yes-*, yang berarti "mendidih", "busa", atau "gelembung". Mikroba ragi mungkin merupakan salah satu organisme yang dijinakkan paling awal.

Para arkeolog yang menggali puing-puing Mesir menemukan batu-batu gerinda dan ruang pembakaran untuk roti yang menggunakan ragi, serta gambar-gambar roti dan tempat pembuatan roti berumur  $\pm 4.000$  tahun. Pada tahun 1680, naturalis Belanda yakni Anton van Leeuwenhoek (gambar 38). Pertama kali mengamati ragi secara mikroskopis, tetapi pada saat itu tidak menganggap mereka

sebagai organisme hidup, melainkan struktur globular, karena para peneliti ragu apakah ragi itu ganggang atau jamur.

Kemudian, Theodor Schwann (gambar 38) mengenali mereka sebagai jamur pada tahun 1837. Pada tahun 1857, ahli mikrobiologi Prancis Louis Pasteur (gambar 38) menunjukkan bahwa dengan menggelembungkan oksigen ke dalam kaldu ragi, pertumbuhan sel dapat meningkat, tetapi fermentasi dihambat—sebuah pengamatan yang kemudian disebut "efek Pasteur".

Dalam makalah "*Mémoire sur la fermentation alcoolique*," Pasteur membuktikan bahwa fermentasi alkohol dilakukan oleh ragi hidup bukan oleh katalis kimia. Pada akhir abad ke-18 dua jenis ragi yang digunakan dalam pembuatan bir telah diidentifikasi: *Saccharomyces cerevisiae* (ragi fermentasi permukaan) dan *S. carlsbergensis* (ragi fermentasi terendam). *S. cerevisiae* telah dijual secara komersial oleh Belanda untuk pembuatan roti sejak 1780, sementara, sekitar tahun 1800, Jerman mulai memproduksi *S. cerevisiae* dalam bentuk krim.

Pada tahun 1825, metode pembuatan dikembangkan untuk menghilangkan cairan sehingga ragi dapat disiapkan sebagai balok padat. Produksi industri balok ragi ditingkatkan dengan diperkenalkannya filter press pada tahun 1867. Pada tahun 1872, Baron Max de Springer mengembangkan proses pembuatan untuk membuat ragi granulasi, suatu teknik yang digunakan sampai Perang Dunia I.

Di Amerika Serikat, ragi yang ada di udara secara alami digunakan hampir secara eksklusif sampai ragi komersial dipasarkan di Centennial Exposition pada tahun 1876 di Philadelphia, di mana Charles L. Fleischmann memamerkan produk dan proses untuk menggunakannya, serta memamerkan roti panggang yang dihasilkan.



Gambar 38. Theodor Schwann, van Leeuwenhoek, dan Louis Pasteur.  
Sumber : google.com

### C. Pertumbuhan Ragi

Ragi adalah chemoorganotrophs, karena mereka menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi dan tidak memerlukan sinar matahari untuk tumbuh. Sebagian karbon diperoleh dari gula heksosa, seperti glukosa dan fruktosa, atau disakarida seperti sukrosa dan maltosa. Beberapa spesies dapat memetabolismekan gula pentosa seperti, ribosa, alkohol, dan asam organik.

Spesies ragi membutuhkan oksigen untuk melakukan respirasi seluler aerob (aerob obligat) atau anaerob, tetapi ragi juga memiliki metode aerobik dalam memproduksi energi (anaerob fakultatif). Tidak seperti bakteri, tidak ada spesies ragi yang hanya tumbuh secara anaerob (anaerob obligat).

Sebagian besar ragi tumbuh paling baik di lingkungan pH netral atau sedikit asam. Pertumbuhan ragi sangat bervariasi dari kisaran suhu di mana mereka dapat tumbuh dengan baik. Misalnya, *Leucosporidium*

*frigidum* tumbuh pada  $-2$  hingga  $20^{\circ}\text{C}$  ( $28$  hingga  $68^{\circ}\text{F}$ ), *Saccharomyces telluris* pada  $5$  hingga  $35^{\circ}\text{C}$  ( $41$  hingga  $95^{\circ}\text{F}$ ), dan *Candida slooffi* pada  $28$  hingga  $45^{\circ}\text{C}$  ( $82$  hingga  $113^{\circ}\text{F}$ ). Sel-sel ini dapat bertahan hidup dalam kondisi beku, namun dengan kemampuan hidupnya menurun seiring waktu.

Secara umum, ragi ditanam di laboratorium pada media padat atau dalam kaldu cair. Media umum yang digunakan untuk penanaman ragi antara lain agar dekstroza kentang, kaldu dekstroza kentang, agar ragi pepton dekstroza, atau YMA (Yeast Mount Agar). Pembuat bir rumahan yang membudidayakan ragi sering menggunakan ekstrak malt kering dan agar-agar sebagai media padat untuk menanam ragi.

#### **D. Ekologi Ragi**

Ragi sangat umum ditemukan diberbagai lingkungan, dan sering terisolasi dari bahan yang kaya akan kandungan gula. Contoh ragi yang terjadi secara alami terdapat pada kulit buah-buahan dan beri (seperti anggur, apel, atau buah persik), dan eksudat dari tanaman (seperti sari tanaman atau kaktus). Fungsi ekologis dan keanekaragaman hayati ragi relatif tidak diketahui dibandingkan dengan mikroorganismenya lainnya.

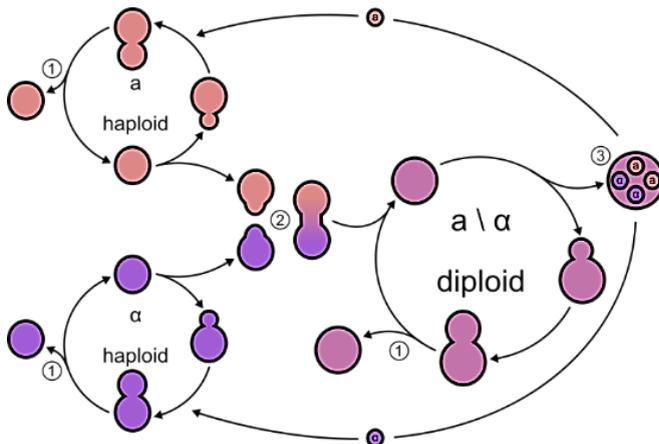
Ragi *Candida albicans*, *Rhodotorula rubra*, *Torulopsis*, dan *Trichosporon cutaneum* bahkan ditemukan hidup di antara jari kaki orang sebagai bagian dari flora kulit mereka. Ragi juga ada di flora usus mamalia dan beberapa serangga, bahkan lingkungan laut dalam memiliki sejumlah ragi.

## E. Reproduksi Ragi

Seperti semua jamur, Ragi memiliki dua cara untuk reproduksi. Yaitu reproduksi aseksual dan seksual. Cara paling umum dari pertumbuhan vegetatif dalam ragi adalah reproduksi aseksual dengan cara tunas, di mana tunas kecil (juga dikenal sebagai bleb atau sel anak) terbentuk pada sel induk. Inti dari sel induk kemudian terbagi menjadi inti anak dan bermigrasi ke dalam sel anak.

Tunas kemudian terus tumbuh sampai terpisah dari sel induk, membentuk sel baru. Sel anak yang diproduksi selama proses tunas umumnya lebih kecil dari sel induk. Beberapa ragi, termasuk *Schizosaccharomyces pombe*, berkembang biak dengan fisialih-alih bertunas, dengan cara demikian *Schizosaccharomyces pombe* menciptakan dua sel anak yang berukuran identik.

Contoh gambar untuk siklus reproduksi ragi seperti yang ditunjukkan gambar dibawah ini : (Keterangan, 1 : Tunas, 2 : Konjugasi, 3 : Spora)



Gambar 39. Siklus reproduksi ragi.

Sumber : Wikipedia

## BAB III. RAGI ALAMI

---

### A. Pengertian Ragi Alami

Ragi alami adalah mikroorganisme dari bahan-bahan alami yang didapatkan dari hasil fermentasi tanpa memerlukan bahan tambahan buatan. Mikroorganisme dalam bahan-bahan alami menggunakan glukosa serta memproduksi karbondioksida, aroma alkohol, dan asam organik. menggunakan mikroorganisme bermanfaat yang berasal dari bahan-bahan alami.



Gambar 40. Contoh dari ragi alami.  
Sumber : cookpad

Manfaat dengan menggunakan ragi alami adalah:

1. Mudah dicerna. Selama proses fermentasi, berbagai mikroorganisme mengubah senyawa pada roti menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna.
2. Membentuk tekstur yang empuk. Mikroorganisme dapat menghasilkan pelembab salah satunya seperti trehalose yang bisa menghambat retrogradasi pati pada roti sehingga keempukan roti menjadi lebih tahan lama.

3. Umur simpan yang panjang tanpa pengawet. Berbagai mikroorganisme keasaman dan menghasilkan senyawa antibakteri pada adonan sehingga roti dapat disimpan lebih lama.
4. Kaya akan rasa dan aroma. Selama proses fermentasi, berbagai metabolit dari mikroorganisme memberikan rasa dan aroma yang unik dan beragam.
5. Menyehatkan. Selama proses fermentasi banyak enzim-enzim bermanfaat yang baik untuk kesehatan dihasilkan. Para ahli telah melaporkan bahwa mikroorganisme-mikroorganisme dalam roti yang difermentasi secara alami sangat efektif sebagai antikolesterol, antikanker, dan antioksidan.

## **B. Bahan untuk Membuat Ragi Alami**

Gula merupakan sumber energi untuk pertumbuhan yeast, jadi bahan apa pun yang mengandung sumber karbondioksida dan dapat dimakan, dapat digunakan untuk membuat ragi. Misalkan bunga yang dapat dimakan, sayuran, rempah-rempah dan buah dari kebun. Dengan menuang air ke dalam bahan-bahan tersebut mikrobia dapat tumbuh.

Bahan yang digunakan untuk membuat ragi tidak perlu dicuci karena pada permukaan bahan tersebut mengandung mikrobia yang efektif untuk proses fermentasi. Jadi sebaiknya gunakan bahan organik, karena bahan-bahan kimia, misalnya pupuk dan pestisida dapat mengganggu proses fermentasi.

Ada beberapa bahan yang dapat difermentasi tapi tidak aplikatif untuk membuat roti, misalnya pepaya, nanas, dan kiwi karena mengandung enzim protease. Saat membuat adonan, gluten akan rusak oleh enzim

protease sehingga berpengaruh terhadap pengembangan adonan. Sebelum anda membuat ragi dengan bahan tersebut, sebaiknya nonaktifkan enzim dengan pemanasan kemudian fermentasikan pada suhu ruang untuk menumbuhkan mikrobia. Beberapa jenis metode pembuatan ragi alami

### 1. Metode bubuk sereal

Metode ini sangat umum dan sederhana untuk membuat ragi. Bahan yang umum digunakan adalah adonan asam rye, adonan asam putih, adonan asam gandum utuh. Metode ini lebih stabil dibandingkan metode lain, sehingga dapat diterapkan pada setiap roti.

### 2. Metode Sakarifikasi

Pada dasarnya pati tidak dapat digunakan oleh yeast untuk pertumbuhan karena molekul pati yang besar. Pati harus dipecah menjadi molekul yang kecil seperti glukosa. Proses ini disebut sakarifikasi. Metode ini dapat dilakukan dengan menambahkan sumber karbohidrat dengan mikroorganisme yang dibutuhkan ragi. Metode ini dapat dibuat dari berbagai sumber karbohidrat, tapi umumnya dari kentang, beras, dan ketan.

Fermentasi dapat dilakukan oleh malt, koji (*Aspergillus oryzae*), atau ragi tape. Dengan metode ini anda tidak perlu menambahkan gula karena enzim dari kapang tersebut dapat mengubah karbohidrat menjadi gula yang dapat difermentasi. Metode ini sangat stabil terutama untuk membuat roti manis.

### 3. Metode Buah Segar

Anda dapat membuat ragi alami dari buah-buahan seperti anggur, stroberi, apel, pisang dan sirsak. Jika ingin lebih berhasil membuat ragi, sebaiknya gunakan buah saat musimnya, karena lingkungan

saat musim buah tersebut akan menentukan mikroorganisme yang tumbuh, jangan cuci buah karena mikroorganisme yang efektif untuk fermentasi juga terdapat dalam kulit buah.

Jadi sebaiknya gunakan buah organik, sehingga tidak membahayakan untuk pertumbuhan organisme. Tambahkan gula atau madu untuk keberhasilan proses fermentasi. Jika kita menggunakan buah yang tidak asam ada baiknya tambahkan air jeruk nipis untuk menurunkan pH.

### **C. Pembuatan Ragi Alami**

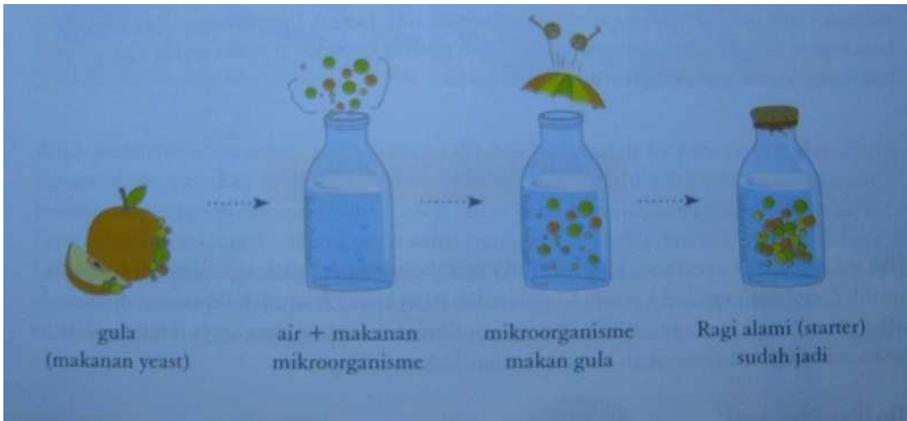
Proses ragi alami difermentasi, ini merupakan metode untuk menangkap mikroorganisme yang efektif seperti yeast atau bakteri asam laktat untuk membuat roti. Pertama-tama siapkan toples yang telah disterilisasi, air, dan beberapa bahan yang mengandung gula atau karbohidrat seperti sukrosa pada buah, sayur, dan tepung. Kemudian letakkan bahan-bahan tersebut di toples, simpan pada suhu ruang (25-27 °C) selama beberapa hari.

Mikroorganisme di permukaan buah akan mulai tumbuh dan mengkonsumsi gula. Selama fermentasi, bakteri yang memiliki pertumbuhan paling cepat akan tumbuh pertama kali, pada saat itu jika ragi berasal dari pati makan akan dipecah menjadi molekul gula oleh bakteri.

Selama pertumbuhan bakteri asam laktat tersebut pH akan menurun sehingga bakteri umum lainnya tidak dapat tumbuh, tapi yeast tetap dapat tumbuh pada kondisi pH rendah dan yeast tersebut menghasilkan karbondioksida dan alkohol.

Berdasarkan teori, yeast tumbuh dengan baik pada kondisi aerobik (ada oksigen), tapi kondisi anaerobik (tak ada oksigen) dianjurkan

pada proses pembuatan ragi karena jika yeast ditumbuhkan secara aerobic memungkinkan terjadinya kontaminasi. Ragi sebaiknya di simpan pada suhu yang tetap karena jika suhu fluktuatif mikrobial menjadi stress. Kebutuhan gula juga harus tercukupi selama proses fermentasi. Jika gula tidak cukup, bakteri yang berbahaya akan tumbuh dan yeast akan melemah.



Gambar 41. Proses pembuatan ragi alami.

Sumber: Roti Sehat & Lezat dengan Ragi Alami, Sangjin Ko

#### D. Penyimpanan Ragi Alami

Beberapa metode untuk menyimpan ragi alami, antara lain :

##### 1. Metode Refresh

Ragi dapat di simpan dengan cara memberinya ‘makan’ secara teratur. Ini merupakan metode yang paling bagus. Namun, jika ragi tidak dirawat atau diabaikan, akan terkontaminasi. Tidak baik jika melakukan refresh lebih dari empat kali.

## 2. Metode Penyimpangan Dingin (Lemari Es)

Simpan ragi pada suhu rendah ( $5^{\circ}\text{C}$ ). Ragi dapat digunakan untuk 3-7 hari. Tetapi setelah disimpan dalam lemari es, lebih baik ragi di-refresh sebelum digunakan.

## 3. Metode Kering

Dengan metode ini, ragi dapat disimpan selama kurang lebih 1 tahun. Sebarkan atau oles ragi di atas kertas minyak lalu keringkan pada tempat sejuk dan berangin. Setelah kering, buat menjadi bubuk dan simpan dalam wadah kedap udara. Anda dapat menambahkan sekitar 1 sdm ragi bubuk ini saat akan membuat ragi baru.

# **BAB IV. PEMANFAATAN RAGI**

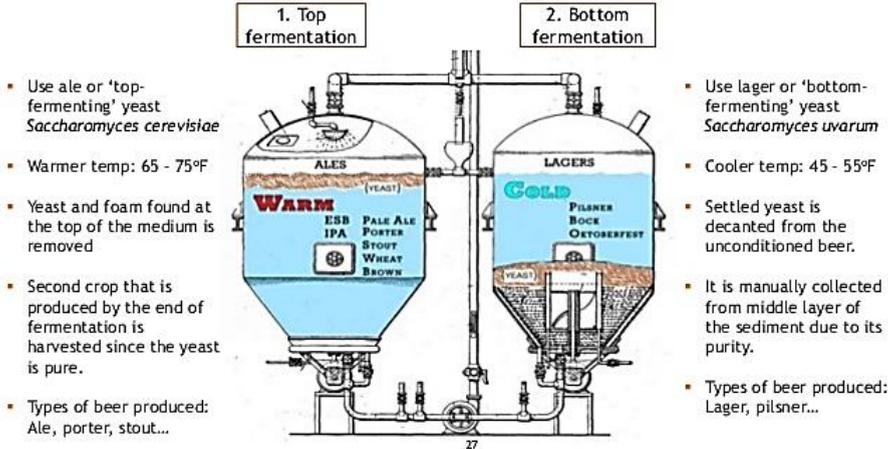
---

## **A. Bir**

Dalam pembuatan bir, ragi dapat digolongkan sebagai fermentasi permukaan (ragi dibiarkan di atas permukaan dari bahan dasar bir tersebut). dan fermentasi terendam (ragi biasanya mengendap di bawah wadah setelah proses fermentasi).

Contoh dari ragi fermentasi permukaan adalah *Saccharomyces cerevisiae*, kadang-kadang disebut ragi bir ale. Ragi fermentasi terendam biasanya digunakan untuk memproduksi jenis bir lager. Contoh dari ragi fermentasi terendam adalah *Saccharomyces uvarum*

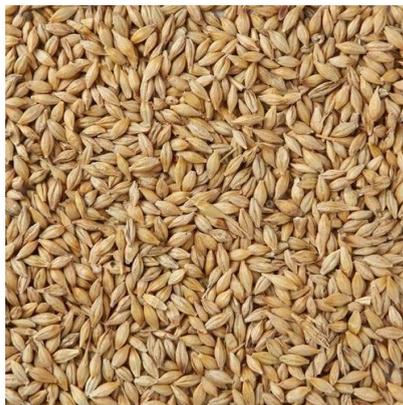
## Types of Beer fermentation



Gambar 42. Perbedaan fermentasi permukaan dan fermentasi terendam. Sumber : slideshare.net

Berikut proses dalam pembuatan Bir secara singkat:

**Proses 1 Malting:** Barley (salah satu bahan dasar pembuatan bir) di bakar terlebih dahulu.



Gambar 43. Barley.  
Sumber : indiaMart

**Proses 2 Mashing:** Yaitu proses pencampuran antara malt dengan air panas dalam tangki yang biasa disebut “Mash Tun”.



Gambar 44. “Mash Tun”

Sumber : [slideshare.net](https://www.slideshare.net)

**Proses 3 Boiling:** Yaitu memasak cairan yang sudah diproses didalam mash tun. Didalam proses ini, ‘hops’ ditambahkan untuk menghasilkan ‘bitter taste’ pada bir nantinya



Gambar 45. Hops.  
Sumber : Wikipedia.org

**Proses 4 Fermentation:** Cairan didinginkan untuk selanjutnya ditambah yeast untuk proses fermentasi yang berlangsung selama  $\pm 1$  minggu sampai beberapa bulan.



Gambar 46. Bir yang sedang difermentasi.  
Sumber : youtube.com

**Proses 5 Packaging:** Dapat berupa cask, keg, can atau botol



Gambar 47. Pengisian bir dalam botol.  
Sumber : slideshare.net



Gambar 48. Jack Daniel's, salah satu produk bir yang terkenal.  
Sumber : google.com

## B. Roti

Ragi juga melakukan respirasi. Respirasi yang dilakukan oleh ragi ini mengubah oksigen dan gula (glukosa) dari tepung menjadi karbondioksida, air, dan energi. Akan tetapi respirasi ini hanya dapat terjadi di lingkungan yang memiliki oksigen. Jika tidak ada oksigen, ragi akan melakukan fermentasi.



Gambar 49. Roti

Fermentasi ini akan mengubah glukosa menjadi karbondioksida dan alkohol (umumnya ethanol). Inilah yang terjadi pada roti. Dalam pemanggangan roti, alkohol yang dihasilkan oleh ragi ini menguap, sedangkan karbondioksida tetap terperangkap di dalam adonan roti. Karbondioksida yang terperangkap inilah yang menjadikan roti mengembang.

### **C. Proses Pembuatan Roti**

Bahan:

2 cangkir air yang sangat hangat (bukan air mendidih)

4 sdt ragi instan

1 sdm gula

$\frac{1}{4}$  cangkir minyak sayur

5 cangkir tepung terigu

$\frac{1}{2}$  sdt garam

Proses Pembuatan:

1. Tuangkan air ke dalam mangkuk. Penggunaan air yang sangat
2. Tambahkan ragi dan gula. Gunakan sendok untuk mengaduk semua bahan. Ragi akan mulai bereaksi terhadap gula, dan campuran bahan akan menjadi bergelembung dan berbusa. Hal ini akan terjadi hanya dalam waktu beberapa menit.
3. Tuangkan tepung terigu ke dalam mangkuk besar. Lima cangkir tepung terigu akan menghasilkan dua buah roti. Anda dapat

menggunakan tepung terigu serba guna atau tepung roti. Tepung roti akan menghasilkan roti yang lebih tinggi, namun tepung serba guna juga dapat menghasilkan roti yang baik



Gambar 50. Tepung terigu

4. Tambahkan minyak, garam, dan campuran ragi. Tuangkan secara bersamaan ke dalam mangkuk yang berisi tepung.
5. Campurkan adonan. Anda dapat memilih untuk menggunakan pengaduk berbentuk kait, *hand mixer* atau sendok kayu untuk mencampur semua bahan hingga menyatu menjadi adonan berbentuk bola yang besar dan lengket.



Gambar 51. Bahan roti di campur aduk

6. Masukkan adonan ke dalam mangkuk yang telah diminyaki. Anda dapat mencuci mangkuk yang digunakan sebelumnya untuk campuran dan meminyakinya, atau menggunakan mangkuk yang berbeda untuk diminyaki. Ukuran mangkuk paling tidak dua kali lebih besar dari adonan, sehingga adonan memiliki ruang untuk mengembang.
7. Tutup adonan dan letakkan di tempat yang hangat. Tutup adonan secara longgar dengan bungkus plastik – tidak perlu kedap udara – atau letakkan kain bersih di atas mangkuk. Letakkan pada area yang hangat di dapur Anda. Jika dapur Anda banyak angin, maka panaskan oven Anda hingga temperatur 200 derajat, matikan, dan masukkan mangkuk ke dalamnya. Ini akan menjadi temperatur yang tepat untuk adonan agar mengembang.



Gambar 52. Adonan di diamkan

8. Biarkan adonan mengembang selama 25 menit. Dalam kurun waktu ini, adonan akan mulai naik. Ukuran adonan tidak akan persis dua kali lipat lebih besar, namun akan cukup mengembang untuk memberikan tekstur yang baik pada adonan.

9. Pukul dan uleni adonan. Jika Anda memiliki stand mixer, gunakan pengaduk yang berbentuk kait dan uleni adonan hingga menjadi lemas – sekitar 5 menit. Jika Anda tidak memiliki mixer, Anda dapat menguleni adonan dengan tangan. Angkat adonan dan letakkan pada permukaan yang telah dilumuri tepung dan gunakan tumit tangan Anda untuk mengulen selama 10 menit, atau hingga adonan menjadilemas.



Gambar 53. Adonan roti di olah kembali

10. Bagi adonan. Gulung atau tekan adonan menjadi lingkaran, seperti kulit pizza. Gunakan pisau untuk memotong adonan menjadi setengah bagian, sehingga Anda akan memiliki dua adonan berbentuk setengah bulan.
11. Gulung adonan. Letakkan satu potong adonan di hadapan Anda sehingga salah satu sudutnya menunjuk ke arah Anda. Pegang bagian ujung dan gulung adonan menjauh dari tubuh Anda, seperti ketika Anda sedang membuat jelly roll. Gulung hingga Anda membentuk sebuah roti. Ulangi hal yang sama pada adonan lainnya.

12. Buatlah celah pada bagian atas adonan. Gunakan pisau untuk membuat beberapa celah pada bagian atas adonan roti. Hal ini akan membuat roti terpancang secara merata.



Gambar 54. Adonan roti di bentuk

13. Letakkan roti yang belum dipanggang di atas loyang. Panggang roti selama 30 menit dalam suhu 180°C. Roti telah matang ketika bagian atasnya terlihat coklat



Gambar 55. Roti yang telah jadi.  
Sumber : wikipedi.com

#### D. Proses Pembuatan Tape Singkong

Bahan:

2 kg singkong

2 keping ragi tape

Proses pembuatan:

1. Pilihlah singkong yang masih bagus, biasanya singkong yang bagus memiliki tanda pada kulitnya yang masih pink-pink.



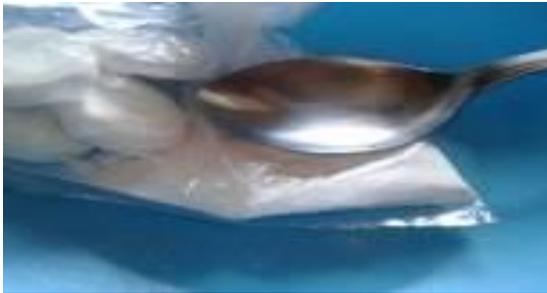
Gambar 56. Singkong.

2. Kupas singkong, potong-potong sekitar 5-10cm. Cuci bersih dengan air mengalir.



Gambar 57. Singkong yang telah di lepas dari kulitnya

3. Kukus singkong sampai matang selama  $\pm 20$  menit (sekaligus dicek dengan ditusuk menggunakan garpu kalau mudah keluar garpunya berarti sudah matang). Note: Jangan sekalikalin menyentuh singkong yg sudah matang menggunakan tangan. Gunakan centong/garpu. Biarkan singkongdingin.
4. Haluskan ragi tape dengan caraa taruh diplastik kemudian digerus menggunakan punggung sendok sampai halus.



Gambar 58. Ragi tape singkong.

5. Siapkan wadah, tabur alasnya dengan ragi menggunakan cara diayak. Tata singkong (ingat jangan pake tangan) taburi dengan ragi kembali.. lalu tata singkong lagi dan taburi ragi lagi.. lakukan sampai habis. Jika ragi tidak terpakai semua tidak masalah, asalkan menaburinya rata.



Gambar 59. Tape singkong.

6. Tutup rapat wadah. Simpan ditempat yang hangat dan biarkan selama 2-3 hari. Pada saat ini proses fermentasinya dimulai.
7. Setelah 2/3 hari anda bisa cek apakah tape sudah jadi atau belum. Semakin lama proses fermentasi maka rasa tape akan semakin asam.



Gambar 60. Tapei yang siap dinikmati.  
Sumber : cookpad



Gambar 61. Olahan tapei lain. Kanan tapei goreng dan kiri es tapei.  
Sumber : google

## E. Proses Pembuatan Tape Ketan

Bahan:

- 1 kg beras ketan
- 2 keping ragi bulat
- 2 sdm pasta pandan (optional)
- 2 sdm gula pasir

Proses pembuatan:

1. Cuci bersih beras ketan. Rendam beras ketan dan beri pasta pandan (optional). Rendam selama 8 jam/semalaman.



Gambar 62. Beras ketan

2. Cuci bersih lagi beras yang telah direndam.



Gambar 63. Beras ketan telah dicuci dan diberi perwarna pandan

3. Tiriskan beras ketan yang telah dicuci. Kukus selama kurang lebih 20 menit hingga agak tanak/matang.



Gambar 64. Beras ketan yang telah dikukus

4. Siram beras ketan dengan air. (Gunanya agar lendir-lendir bersih dan tidak membuat asam nantinya) Lalu tiriskan kembali hingga kering.



Gambar 65. Beras ketan yang telah masak

- Masukkan lagi dalam kukusan. Kukus kembali selama kurang lebih 20 menit atau matang. Angkat dan dinginkan di atas tampah yang telah di alasi daun pisang.



Gambar 66. Beras ketan yang dikukus

- Setelah dingin, taburkan ragi yang telah dihaluskan dan gula pasir ke atas beras ketan sambil diayak hingga merata. Boleh sambil diaduk-aduk agar tercampur rata.



Gambar 67. Ketan dicampur ragi

7. Simpan dalam wadah tertutup atau toples. Fermentasi selama kurang lebih 2x24 (saya 3 harian). Jangan dibuka agar fermentasi sempurna. Simpan lebih baik ditempat yang hangat.



Gambar 68. Ketan yang difermentasi

8. Setelah 3 harian ketan sudah bisa dibuka dan santap ataupun dijadikan olahan lainnya seperti pudding atau es tape ketan. Selamat mencoba.



Gambar 69. Tape ketan yang sudah jadi.  
Sumber : cookpad



---

# VIRUS

---

# BAB I. PENDAHULUAN

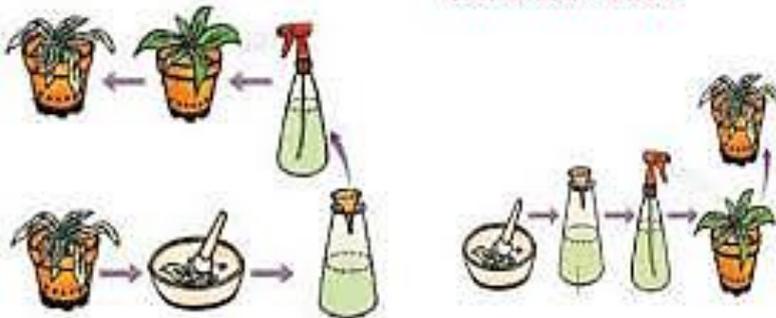
---

## A. Sejarah Virus

### SEJARAH PENEMUAN VIRUS

o Percobaan A.Mayer pada Penelitian Virus

o Percobaan Dmitri Ivanowski pada Penelitian Virus



Gambar 70. Sejarah Penemuan Virus (Sumber <http://sejarah-dunia.blogspot.com/2017/10/sejarah-penemuan-virus.html>)

Tidak ada yang tahu persis kapan virus muncul atau dari mana mereka datang, karena virus tidak meninggalkan jejak sejarah seperti fosil. Virus modern dianggap sebagai mosaik potongan-potongan asam nukleat yang diambil dari berbagai sumber di sepanjang jalur evolusi masing-masing.

Virus adalah entitas aselular, parasit yang tidak diklasifikasikan dalam suatu kerajaan. Tidak seperti kebanyakan organisme hidup, virus bukan sel dan tidak dapat membelah. Sebaliknya, mereka menginfeksi sel inang dan menggunakan proses replikasi inang untuk menghasilkan partikel virus keturunan yang identik.

Virus menginfeksi organisme beragam seperti bakteri, tanaman, dan hewan. Mereka ada di dunia bawah antara organisme hidup dan entitas tak hidup. Makhluk hidup tumbuh, dimetabolisme, dan bereproduksi. Virus bereplikasi, tetapi untuk melakukannya, mereka sepenuhnya bergantung pada sel inang mereka. Mereka tidak memetabolisme atau tumbuh, tetapi berkumpul dalam bentuk dewasa mereka. Penemuan dan Deteksi Virus pertama kali ditemukan setelah pengembangan filter porselen, yang disebut filter Chamberland-Pasteur, yang dapat menghilangkan semua bakteri yang terlihat dalam mikroskop dari sampel cairan apa pun. Pada tahun 1886, Adolph Meyer menunjukkan bahwa penyakit tanaman tembakau, penyakit mosaik tembakau, dapat ditransfer dari tanaman yang sakit ke yang sehat melalui ekstrak tanaman cair.

Pada tahun 1892, Dmitri Ivanowski menunjukkan bahwa penyakit ini dapat ditularkan dengan cara ini bahkan setelah filter Chamberland-Pasteur menghapus semua bakteri yang hidup dari ekstrak. Namun, masih bertahun-tahun sebelum terbukti bahwa agen infeksi yang “dapat disaring” ini bukan hanya bakteri yang sangat kecil tetapi juga merupakan tipe baru dari partikel yang sangat kecil dan menyebabkan penyakit.

Virion, partikel virus tunggal, sangat kecil, berdiameter sekitar 20–250 nanometer. Partikel-partikel virus individu ini adalah bentuk infeksi dari virus di luar sel inang. Tidak seperti bakteri (yang sekitar 100 kali lebih besar), kita tidak dapat melihat virus dengan mikroskop cahaya, dengan pengecualian beberapa virion besar dari keluarga poxvirus. Tidak sampai pengembangan mikroskop elektron pada akhir 1930-an para ilmuwan mendapatkan pandangan baik pertama mereka dari struktur virus mosaik tembakau (TMV) dan virus lainnya.

Struktur permukaan virion dapat diamati dengan pemindaian dan mikroskop elektron transmisi, sedangkan struktur internal virus hanya dapat diamati dalam gambar dari mikroskop elektron transmisi.

Penggunaan teknologi ini memungkinkan penemuan banyak virus dari semua jenis organisme hidup.

Mereka pada awalnya dikelompokkan berdasarkan morfologi bersama. Kemudian, kelompok virus dikelompokkan berdasarkan jenis asam nukleat yang dikandungnya, DNA atau RNA, dan apakah asam nukleatnya beruntai tunggal atau ganda. Baru-baru ini, analisis molekuler dari siklus replikasi virus telah semakin menyempurnakan klasifikasi mereka.

Louis Pasteur tidak dapat menemukan agen penyebab rabies dan berspekulasi tentang patogen yang terlalu kecil untuk dideteksi oleh mikroskop. Pada tahun 1884, ahli mikrobiologi Perancis Charles Chamberland menemukan filter Chamberland (atau filter Pasteur-Chamberland) dengan pori-pori yang cukup kecil untuk menghilangkan semua bakteri dari larutan yang melewatinya.

Pada tahun 1892, ahli biologi Rusia Dmitri Ivanovsky menggunakan filter ini untuk mempelajari apa yang sekarang dikenal sebagai virus mosaik tembakau: ekstrak daun yang dihancurkan dari tanaman tembakau yang terinfeksi tetap menular bahkan setelah penyaringan untuk menghilangkan bakteri.

Ivanovsky menyarankan infeksi mungkin disebabkan oleh racun yang diproduksi oleh bakteri, tetapi tidak mengejar gagasan itu. Pada saat itu diperkirakan bahwa semua agen infeksi dapat ditahan oleh filter dan ditumbuhkan pada media nutrisi-ini adalah bagian dari teori penyakit kuman. Pada tahun 1898, ahli mikrobiologi Belanda Martinus Beijerinck mengulangi percobaan dan menjadi yakin bahwa solusi yang disaring mengandung bentuk baru agen infeksi.

Dia mengamati bahwa agen tersebut berkembang biak hanya dalam sel-sel yang membelah, tetapi karena eksperimennya tidak menunjukkan bahwa itu terbuat dari partikel, ia menyebutnya sebagai

contagium vivum fluidum (kuman hidup terlarut) dan memperkenalkan kembali kata virus.

Beijerinck berpendapat bahwa virus bersifat cair, sebuah teori yang kemudian didiskreditkan oleh Wendell Stanley, yang membuktikan bahwa mereka adalah partikel. Pada tahun yang sama Friedrich Loeffler dan Paul Frosch menularkan virus hewan pertama melalui filter serupa: aphthovirus, agen penyakit kaki dan mulut.

Pada awal abad ke-20, ahli bakteriologi Inggris Frederick Twort menemukan sekelompok virus yang menginfeksi bakteri. Ahli mikrobiologi Perancis-Kanada Félix d'Herelle menggambarkan virus itu, ketika ditambahkan ke bakteri di piring agar-agar, akan menghasilkan area bakteri mati. Dia secara akurat melarutkan penangguhan virus-virus ini dan menemukan bahwa pengenceran tertinggi (konsentrasi virus terendah), daripada membunuh semua bakteri, membentuk area terpisah dari organisme mati.

Menghitung area-area ini dan mengalikannya dengan faktor dilusi memungkinkannya untuk menghitung jumlah virus dalam suspensi asli. Fag digembar-gemborkan sebagai pengobatan potensial untuk penyakit seperti tipus dan kolera, tetapi janji mereka dilupakan dengan pengembangan penisilin. Perkembangan resistensi bakteri terhadap antibiotik telah memperbarui minat dalam penggunaan terapeutik bakteriofag.

Pada akhir abad ke-19, virus didefinisikan dalam hal infektivitasnya, kemampuan mereka untuk melewati filter, dan persyaratan mereka untuk inang yang hidup. Virus hanya tumbuh pada tumbuhan dan hewan. Pada tahun 1906, Ross Granville Harrison menemukan metode untuk menumbuhkan jaringan di getah bening, dan, pada tahun 1913, E. Steinhardt, C. Israeli, dan R. A. Lambert menggunakan metode ini untuk menumbuhkan virus vaccinia dalam potongan-potongan jaringan kornea babi guinea.

Pada tahun 1928, H. B. Maitland dan M. C. Maitland menanam virus vaccinia dalam suspensi ginjal ayam yang dicincang. Metode mereka tidak diadopsi secara luas sampai 1950-an, ketika virus polio ditanam dalam skala besar untuk produksi vaksin. Terobosan lain terjadi pada tahun 1931, ketika ahli patologi Amerika Ernest William Goodpasture dan Alice Miles Woodruff mengembangkan influenza dan beberapa virus lain dalam telur ayam yang dibuahi.

Pada tahun 1949, John Franklin Enders, Thomas Weller, dan Frederick Robbins menumbuhkan virus polio dalam sel embrio manusia yang dikultur, virus pertama yang ditanam tanpa menggunakan jaringan hewan atau telur padat. Pekerjaan ini memungkinkan Jonas Salk untuk membuat vaksin polio yang efektif. Gambar pertama virus diperoleh setelah penemuan mikroskop elektron pada tahun 1931 oleh insinyur Jerman Ernst Ruska dan Max Knoll. Pada tahun 1935, ahli biokimia dan virologi Amerika Wendell Meredith Stanley memeriksa virus mosaik tembakau dan mendapati sebagian besar terbuat dari protein. Tidak lama kemudian, virus ini dipisahkan menjadi bagian protein dan RNA. Virus mosaik tembakau adalah yang pertama kali dikristalisasi dan karena itu strukturnya dapat dijelaskan secara terperinci. Gambar-gambar difraksi sinar-X pertama dari virus yang dikristalisasi diperoleh oleh Bernal dan Fankuchen pada tahun 1941. Atas dasar gambar-gambarnya, Rosalind Franklin menemukan struktur penuh virus pada tahun 1955.

Pada tahun yang sama, Heinz Fraenkel-Conrat dan Robley Williams menunjukkan bahwa virus mosaik tembakau RNA yang dimurnikan dan mantel proteinnya dapat berkumpul sendiri untuk membentuk virus fungsional. Paruh kedua abad ke-20 adalah masa keemasan penemuan virus dan sebagian besar dari lebih dari 2.000 spesies hewan, tumbuhan, dan virus bakteri ditemukan selama tahun-tahun ini. Pada tahun 1957, virus equine arteri dan penyebab diare virus Bovine (a pestivirus) ditemukan. Pada tahun 1963, virus hepatitis B ditemukan oleh Baruch B.

## **BAB II. PEMBAHASAN**

---

### **A. Ciri-Ciri Virus**

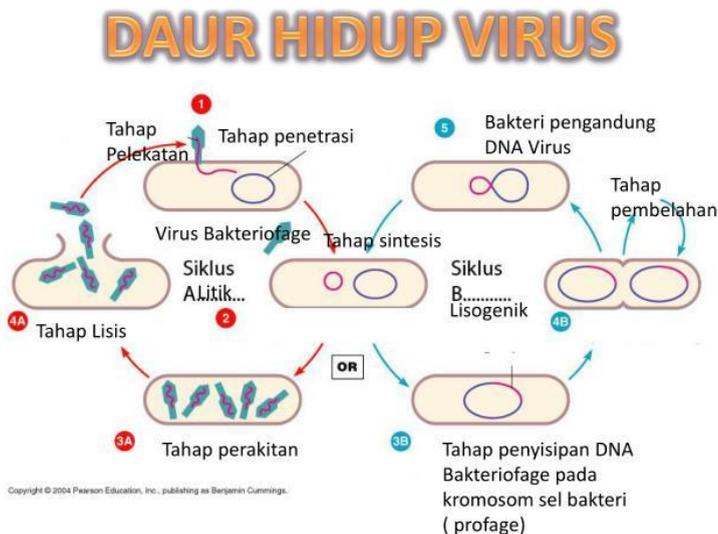
1. Mereka non-seluler dan sangat sederhana dalam struktur, terutama terdiri dari asam nukleat yang dikelilingi oleh selubung protein yang disebut capsid. Karena itu, satu unit virus disebut sebagai 'partikel virus' daripada 'sel virus'.
2. Mereka tidak memiliki mesin enzimatik dan biosintesis canggih yang penting untuk kegiatan independen kehidupan seluler. Karena itu, mereka dapat tumbuh hanya di dalam sel hidup yang cocok. Itulah mengapa; mereka dibudidayakan di laboratorium hanya di dalam sel hidup, tidak seperti bakteri dan jamur, yang dapat dibudidayakan di laboratorium pada materi tidak hidup seperti agar nutrient
3. Mereka ultra-mikroskopis dan hanya dapat divisualisasikan di bawah mikroskop elektron.
4. Ukurannya tidak bertambah.
5. Virus disebut 'virus DNA' atau 'virus RNA' tergantung pada apakah itu mengandung DNA asam nukleat atau RNA.

### **B. Siklus Hidup Virus**

Virus harus menggunakan proses sel untuk mereplikasi. Siklus replikasi virus dapat menghasilkan perubahan biokimia dan struktural dramatis dalam sel inang, yang dapat menyebabkan kerusakan sel. Perubahan ini, yang disebut efek sitopatik (menyebabkan kerusakan sel), dapat mengubah fungsi sel atau bahkan menghancurkan sel. Mekanisme replikasi tergantung pada genom virus.

Virus DNA biasanya menggunakan protein sel inang dan enzim untuk membuat DNA tambahan yang ditranskripsi ke messenger RNA (mRNA), yang kemudian digunakan untuk mengarahkan sintesis protein. Virus RNA biasanya menggunakan inti RNA sebagai templat untuk sintesis RNA dan mRNA genom virus.

Viral mRNA mengarahkan sel inang untuk mensintesis enzim virus dan protein kapsid, dan untuk mengumpulkan virion baru. Tentu saja, ada pengecualian untuk pola ini. Jika sel inang tidak menyediakan enzim yang diperlukan untuk replikasi virus, gen virus menyediakan informasi untuk mengarahkan sintesis protein yang hilang. Retrovirus, seperti HIV, memiliki genom RNA yang harus ditranskripsi secara terbalik menjadi DNA, yang kemudian dimasukkan ke dalam genom sel inang.



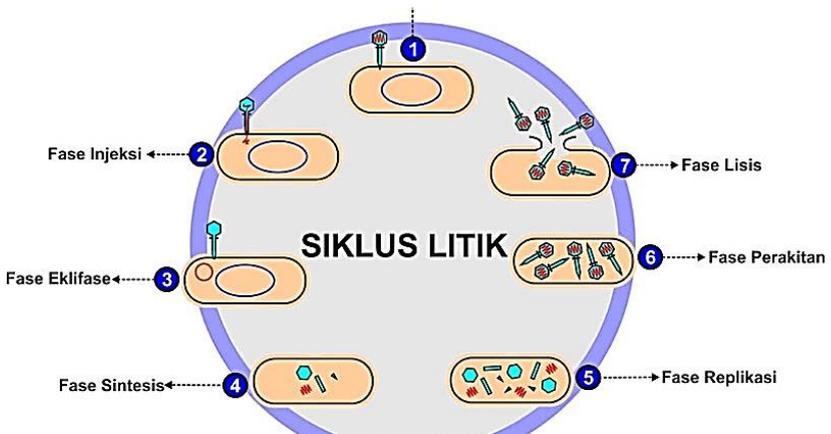
Gambar 71. Siklus Hidup Virus (Sumber <https://materiipa.com/daur-hidup-virus>)

Virus seringkali sangat spesifik mengenai inang mana dan sel mana di dalam inang yang akan mereka infeksi. Fitur virus ini membuatnya spesifik untuk satu atau beberapa spesies kehidupan di bumi.

Ada begitu banyak jenis virus yang berbeda sehingga hampir setiap organisme hidup memiliki serangkaian virus sendiri yang mencoba menginfeksi selnya.

Bahkan sel terkecil dan paling sederhana, bakteri prokariotik, dapat diserang oleh jenis virus tertentu. Siklus replikasi virus memiliki dua perbedaan siklus yaitu reproduksi dengan siklus litik dan siklus lisogenik.

### 1. Siklus Litik



Gambar 72. Siklus Litik

(Sumber <https://www.biologijk.com/2017/05/reproduksi-virus-siklus-litik-dan-lisogenik.html>)

Dengan fag litik, sel-sel bakteri dipecah terbuka (lis) dan dihancurkan setelah replikasi virion segera. Segera setelah sel dihancurkan, keturunan fag dapat menemukan inang baru untuk menginfeksi.

Contoh bakteriofag litik adalah T4, yang menginfeksi E. coli yang ditemukan di saluran usus manusia. Fag litik lebih cocok untuk terapi fag. Beberapa fag litik mengalami fenomena yang dikenal sebagai penghambatan lisis, di mana progeni fag yang lengkap tidak akan segera keluar dari sel jika konsentrasi fag ekstraseluler tinggi. Litik memiliki beberapa tahap yaitu:

a. Tahap adsorbsi

Tahap adsorpsi virus akan menempelkan dirinya pada sel inang, melalui serabut yang dimilikinya. Penempelan virus terjadi karena virus memiliki reseptor pada ujung ekor virus. Penempelan virus pada sel bakteri bersifat khas artinya hanya dapat dilakukan oleh virus tertentu sehingga jenis virus lain tidak dapat melakukannya setelah penempelan enzim lisozim kemudian dikeluarkan virus untuk menghancurkan dinding sel sehingga virus dapat masuk pada sel inang.

b. Fase injeksi

Fase injeksi dimana virus memasukkan DNA nya kedalam sel inang melalui penambatan lempeng ujung, kontraksi, dan penusukan pasak. Bagian tubuh yang dimasukkan ke dalam sel inang hanyalah asam nukleat saja. Kapsid akan tetap ada di luar dinding sel dan akan terlepas dengan sendirinya setelah tidak berguna lagi.

c. Fase sintesis

Tahap sintesis virus akan mengambil control segala aktivitas metabolisme sel inang setelah penyuntikan asam nukleat. Kemudian virus akan menghancurkan DNA sel inang kemudian menggantinya dengan DNA milik virus dapat mengendalikan semua kehidupan sel inang. Bisa sel inang ini merupakan sel dari sebuah bakteri, maka bisa

dikatakan bahwa virus telah Mengontrol aktivitas bakteri tersebut. Peristiwa ini akan terus berlanjut dimana DNA virus akan mereplikasi dirinya sendiri dalam jumlah yang sangat besar sehingga membentuk kapsid virus.

d. Tahap perakitan

Setelah itu akan tiba tahap perakitan dimana kapsid virus yang masih terpisah-pisah antara kepala (berisi DNA virus),ekor dan serabut ekor akan mengalami perakitan menjadi kapsid yang utuh. Proses ini dapat menghasilkan kurang lebih 200 virus.

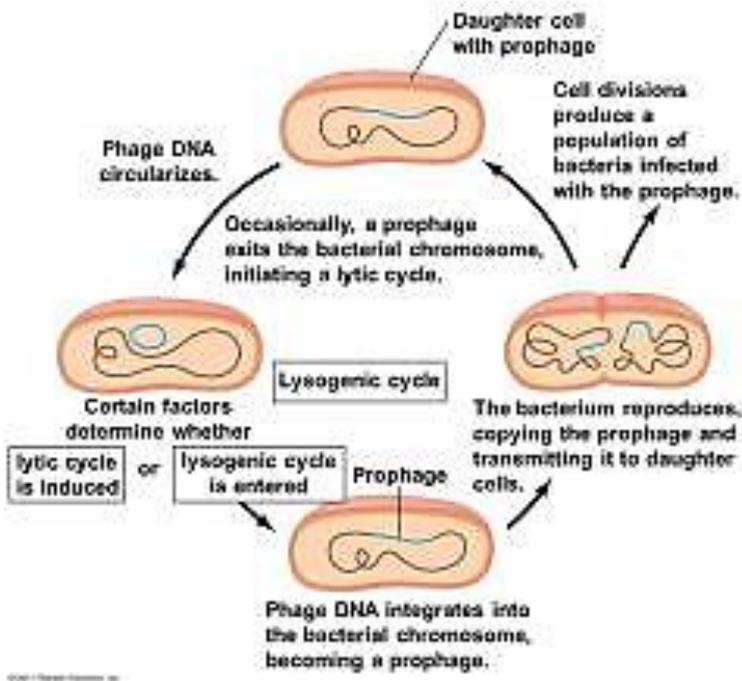
e. Tahap litik

Tahap terakhir ini dimana dinding sel inang yang telah diberi enzim lisozim dibuat menjadi lunak sehingga virus baru dapat bebas yang kemudian tiap virus akan mencari sel inang yang barus lagi,begitu seterusnya. Waktu pemecahan sel ini bervariasi tergantung jenis virus,jenis sel inang atau keadaan lingkungan.

2. Siklus Lisogenik

Siklus lisogenik tidak menghasilkan lising langsung sel inang. Fag-fag yang mampu menjalani lisogen dikenal sebagai fag yang sedang. Genom virus mereka akan berintegrasi dengan DNA inang dan bereplikasi bersama dengannya tanpa membahayakan, atau bahkan menjadi mapan sebagai plasmid.

Virus tetap tidak aktif sampai kondisi inang memburuk, mungkin karena penipisan nutrisi; kemudian, fag endogen (dikenal sebagai profag) menjadi aktif. Pada titik ini mereka memulai siklus reproduksi, menghasilkan lisis sel inang.



Gambar 73. Siklus Lisogenik (Sumber <https://materipa.com/siklus-lisogenik>)

Karena siklus lisogenik memungkinkan sel inang untuk terus bertahan hidup dan bereproduksi, virus direproduksi di semua keturunan sel.

a. Tahap adsorpsi

Pada tahap ini, bagian ujung ekor virus (reseptor) menempel pada dinding sel bakteri. Proses penempelan ini hanya terjadi pada virus tertentu. Jadi, dengan kata lain proses penempelan virus bersifat sangat khas. Setelah menempel, virus akan segera mengeluarkan enzim lisozim untuk melubangi dinding sel inang.

#### b. Tahap Penetrasi

Pada tahap ini, DNA virus masuk ke dalam sel inang melalui penambatan lempeng ujung, kontraksi, dan penusukan pasak. Bagian tubuh virus yang masuk ke dalam sel inang hanyalah asam nukleat. Sedangkan, bagian kapsid tetap berada di luar dinding sel dan akan terlepas dengan sendirinya setelah tidak berguna

#### c. Tahap penggabungan

pada tahap penggabungan, DNA virus masuk ke dalam tubuh bakteri dan terjadi penggabungan antara DNA bakteri DNA virus. Proses ini terjadi ketika DNA yang berbentuk kalung tak berujung pangkal terputus dan DNA virus menyisip di antara DNA bakteri yang terputus tadi. Kemudian, terbentuklah rangkaian DNA utuh yang telah terinfeksi atau tersisipi DNA virus.

#### d. Tahap pembelahan

DNA virus telah tersambung dengan DNA bakteri. DNA virus tidak dapat bergerak atau disebut sebagai profag. Karena tidak dapat bergerak, maka disetiap pembelahan sel inang akan disertai pembelahan profage juga sehingga jumlah sel inang pada bakteri bisa sama dengan jumlah profage.

#### e. Tahap Tahap sintesis

Profage dalam kondisi lingkungan tertentu dapat menjadi bergerak sehingga bisa meninggalkan sel inang. Namun sebelumnya, virus akan merusak DNA sel inang terlebih dahulu yang kemudian menggantinya dengan DNA memiliki virus sehingga menjadikan sel inang sebagai kapsid untuk memproduksi virus-virus yang baru.

f. Tahapan perakitan

Merupakan tahap terjadi perakitan kapsid-kapsid virus yang kemudian menjadi virus yang utuh.

g. Tahap litik

Ini adalah tahap terakhir dimana dinding sel akan pecah, virus pun siap untuk menyerang sel bakteri lainnya.

3. Bentuk Virus Virus mempunyai bentuk tubuh yang sangat bervariasi. Sedikit ada 5 macam bentuk virus, yaitu:

a. Virus Berbentuk Batang Contohnya TMV (Tobacco Mosaic Virus) penyebab penyakit AIDS dan Orthomyxovirus penyebab influenza. TMV juga virus yang menyebabkan penyakit pada tembakau.

b. Virus Berbentuk Bulat Contohnya, virus HIV (Human Immunodeficiency Virus) yang menyebabkan penyakit AIDS dan Orthomyxovirus penyebab influenza.

c. Virus Berbentuk Oval Contohnya, Rhabdovirus atau virus rabies Virus Berbentuk Polihidris (prsegi banyak) Contohnya, virus Adenovirus penyebab penyakit saluran pernafasan dan papovavirus penyebab penyakit kutil e. Virus Berbentuk Huruf T Contohnya, bacteriophage (sering disebut "fag"), virus ini menyerang bakteri E.coli f. Virus Berbentuk Filamen Contohnya, virus ebola

4. Senyawa Penyusun Virus Beberapa senyawa utama penyusun virus di antaranya :

a. Karbohidrat yang terdapat dalam virus merupakan jenis senyawa ribosa sebagai senyawa penyusun utama RNA

(Ribonucleic Acid) atau senyawa karbohidrat jenis deoksiribosa sebagai penyusun DNA (Deoxyribonucleic Acid).

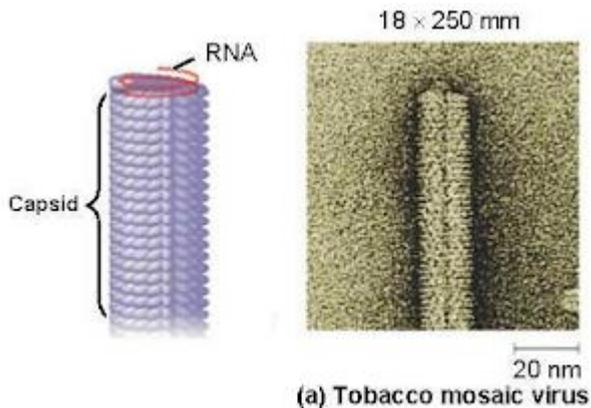
- b. Asam nukleat , berupa DNA atau RNA (virus hanya memiliki salah satu asam nukleat ) yang merupakan bagian paling vital dari virus.DNA atau RNA dibungkus sebuah selubung yang di sebut dengan kapsid.
  - c. Protein merupakan senyawa utama penyusun capsid , yang membungkus asam nukleat pada tubuh virus.kapsid yang tersusun dari protein ini bila terisi (DNA atau RNA)disebut dengan nukleokapsid.
  - d. lipid yang ada pada virus merupakan jenis fosfolip , glikolipid , kolestrol dan beberapa lemak alami yang lain.lemak merupakan komponen utama penyusun envelope (selubung ).
5. Stuktur Morfologi Virus Ada komponen utam a penyusun tubuh virus :
- a. Kepala Kepala merupakan bagian virus yang terbentuk oleh kapsid.kapsid merupakan suatu bagian yang di bentuk oleh subunit berupa monomer berantai polipeptida yang identik dengan satu dengan yang lain dikenal dengan kapsomer.kapsomer yang bertugas untuk melindungi asam nukleat yang di dalam virus tersebut. Kapsid juga yang memberikan bentuk kapsid.
  - b. Bagian Inti Bagian inti dari virus adalah asam nukleat yaitu (DNA atau RNA ). Kegunaan asam nukleat yang ada dalam virus untuk memberikan instruksi pada bagian bagian virus yang lain selain itu juga untuk reproduksi.
  - c. Ekor Bagian ekor merupakan bagian yang terdiri dari tabung bersumbat yang di lengkapi serabut halus . kegunaan dari ekor

ini untuk menancapkan tubuh virus pada sel yang akan ditempatinya.

6. Bentuk Struktur Virus Berikut adalah bentuk-bentuk virus:

a. Spiral (Helical )

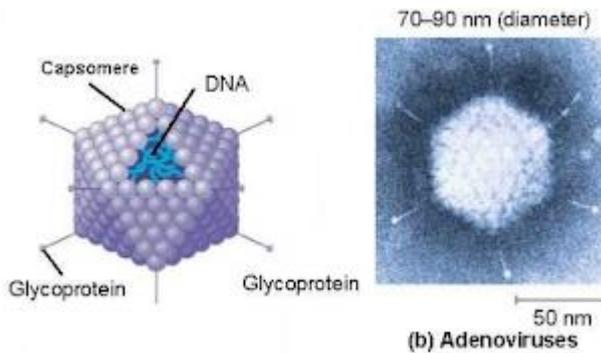
Virus helical menyerupai bentukbatang yang panjang dapat bersifat kaku atau fleksibel. Asam nukleat virus di temukan di dalam lekuk kapsid silindris. Virus ini bisa di jumpai pada virus mosaik tembakau (TMV ).



Gambar 74. Bentuk Virus Spiral  
(sumber:khalidahnnoerharahap.blogspot.com)

b. Virus polihedral

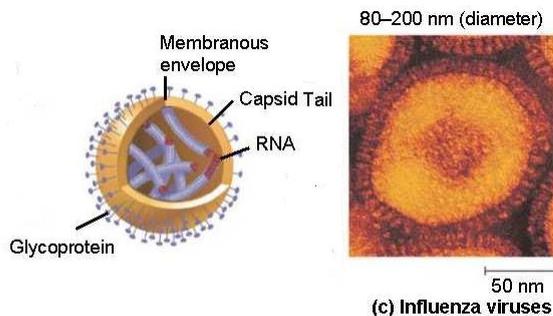
Virus polihedral terdiri dari banyak sisi. Kapsid berbentuk ikosahedron. polihedron regular dengan 20 permukaan triangular dan 20 sudut .kapsomer di setiap permukaan berbentuk segitiga sama sisi. contoh virus polihedral yaitu adenovirus dan polivirus.



Gambar 75. Bentuk Virus polyhedral (sumber :<http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com/2018/04/makalah-virus.htm>)

c. Virus bersampul

Virus bersampul (enveloped) berbentuk bulat. Bilavirus heliks dan polyhedral ditutupi oleh envelope, maka virus itu disebut virus heliks bersampul (enveloped helical virus ) atau virus polihedral bersampul (enveloped polyhedral virus ).contoh virus bersampul (enveloped)adalah virus influenza (heliks sampul).virus herpes simpleks (polyhedral bersampul).



Gambar 76. Bentuk Virus Bersamopul (sumber:<http://khalidahmnoerharahap.blogspot.com/2018/04/makalah-virus.htm>)

### C. Virus yang Menyerang Tanaman.

Terdapat 6 virus yang menyerang tanaman, yakni :

#### 1. Virus Penyebab Penyakit Mosaik

Penyakit mosaik biasanya disebabkan oleh Tobacco Mozaic Virus atau virus TMV. Virus ini mempunyai hospes (inang) utama yaitu jenis tanaman tembakau. Dan penularan virus dari tumbuhan yang sakit ke tumbuhan sehat dengan cara membasmi agensia penyebab penyakit yang lain.

Penyakit mozaik yang biasanya menyerang daun tanaman tembakau disebabkan oleh virus. Keberadaan virus mozaik ini mulai diteliti pertama kali pada tahun 1883 oleh seorang ilmuwan terkenal dari Jerman bernama Adolf Meyer. Akan tetapi penelitian Meyer itu belum mampu membuktikan keberadaan virus tersebut.



Gambar 77. Gejala Serangan Virus Tanaman Tembakau (sumber <https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html>)

Tahun 1935, ilmuwan Amerika Serikat bernama Wendell M. Stanley bisa berhasil membuktikan keberadaan virus yang menyebabkan penyakit pada tanaman tembakau.

Akan tetapi karena virus TMV mampu bermutasi, ia juga dapat menginfeksi tumbuhan yang lainnya. Contohnya seperti labu, buncis, tebu, mentimun, gandum, kentang, tomat, kacang kedelai dan sebagainya.

Gejala yang timbul jika tumbuhan terkena virus TMV adalah:

- a. Warna daun akan berubah menjadi belang kuning-hijau,
- b. Timbul bintik-bintik atau bercak-bercak pada daun,
- c. Nekrosis atau kematian sel jaringan pada lokasi-lokasi tertentu,
- d. Ukuran daun menjadi terlihat lebih kecil dan tubuh kerdil karena pertumbuhan yang terhambat. Virus mosaik dapat saja menular melalui benih ataupun secara mekanis melalui vektor serangga penular atau dari tangan manusia. Terutama dari tangan para pekerja di kebun tembakau yang telah terkontaminasi oleh cairan tembakau yang telah terinfeksi penyakit mosaik tersebut.

Cara untuk pencegahan penyakit mozaik dapat dilakukan dengan cara: Melakukan sanitasi, memotong bagian tanaman yang telah terinfeksi agar virus tidak segera menyebar, mensterilkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk memotong dan juga jangan merokok sambil menangani tanaman karena cerutu, rokok dan pipa tembakau dapat terinfeksi virus mozaik.

## 2. Virus Penyebab Penyakit Tungro

Penyakit tungro adalah sejenis penyakit kerdil yang biasanya menyerang tanaman padi. ini adalah salah satu Virus Yang Menyerang Tumbuhan. Penyakit tungro biasanya dapat disebabkan oleh dua jenis virus yang berbeda yaitu virus tungro batang (rice tungro bacolliform virus) (RTBV) dan virus (tungro bulat (rice tungro spherical virus) (RTSV).



Gambar 78. Gejala Serangan Virus Tungrau (sumber <https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html>)

Kedua jenis virus ini tidak memiliki hubungan yang erat secara serologi dan dapat menginfeksi tanaman padi secara bersamaan. Gejala yang timbul jika tanaman padi telah terinfeksi oleh virus tungro adalah:

- a. Tanaman padi menjadi kerdil,
- b. Daun bewarna kuning sampai kuning jingga disertai bercak-bercak yang bewarna coklat

- c. Perubahan warna dapat meluas mulai dari ujung ke bagian pangkal serta terjadi penurunan produktivitas gabah setiap kali saat panen.

Penularan penyakit tungro terjadi dari perantara angin, kontak langsung dari tanaman sehat ke tanaman yang sedang sakit atau melalui serangga. Serangga yang dapat menyebarkan virus tungro adalah contohnya wereng hijau (*Nephotettix virescens*). Wereng hijau merupakan Agent of Disease yang paling efisien sehingga perlu mewaspadai keberadaan hewan ini.

Berikut cara pencegahan terhadap penyakit tungro :

- a. Memanfaatkan insektisida sistemik butiran (carbofuran) dan juga tidak membuat persemaian di sekitar lampu untuk menghindari berkumpulnya wereng di persemaian.
  - b. Menanam padi varietas tahan (unggul) yang mampu mempertahankan diri dari infeksi virus, 2. memusnahkan tanaman yang sudah terinfeksi agar tidak menyebar luas,
3. Virus Penyebab Penyakit Degenerasi Jeruk

Degenerasi pada jeruk biasanya disebabkan oleh adanya virus CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration) yang menyerang pembuluh tapis (floem) dari tanaman jeruk sehingga mengalami malfungsi. Pembuluh floem adalah pembuluh terdapat pada kulit batang yang berfungsi mengangkut zat makanan dari daun menuju seluruh tubuh pada tumbuhan.

Jika pembuluh floem mengalami kerusakan akibat virus CVPD, maka zat makanan fotosintesis tertumpuk pada daun sehingga bagian lainnya kekurangan makanan. Akibatnya, pertumbuhan tanaman jeruk dapat terhambat dan dapat mati secara perlahan-lahan.

Gejala yang biasanya muncul jika tanaman jeruk sudah terinfeksi virus CVPD adalah warna daun berubah menjadi belang – belang kuning dengan pola yang sangat tidak teratur, daun kaku, mengecil, meruncing dan tegak ke atas (terutama pada daun di ujung ranting), bagian dalam buah tidak simetris, biji tidak bernas, ujung biji bewarna coklat serta pertumbuhan tanaman jeruk akan lambat dan merana.



Gambar 79. Gejala Terserang Virus Degenerasi Tanaman Jeruk (sumber <https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html>)

Penularan penyakit CVPD dapat saja terjadi melalui dua cara. Pertama, CVPD bisa menular dari perantara serangga yang namanya kutu loncat jeruk Asia atau *Diaphorina citri* sebagai vektor (makhluk hidup yang tubuhnya mengandung bibit penyakit tanpa harus menjadi sakit, ex. Nyamuk *Anopheles* yang tubuhnya mengandung plasmodium yang dapat menyebabkan sakit malaria). Dan kedua, dapat melalui okulasi menggunakan mata tempel yang diambil dari pohon induk yang telah terinfeksi penyakit CVPD.

Cara penyegahan untuk penyakit CVPD adalah dengan menanam bibit jeruk bersertifikat dan pengendalian serangga vektor (kutu loncat). Untuk mengendalikan hama kutu loncat dapat dilakukan dengan berbagai macam cara diantaranya melalui insektisida dan pemanfaatan musuh alami kutu loncat yaitu kepik merah.

#### 4. Virus Penyebab Penyakit Yellow

Munculnya Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) yang dapat menyebabkan daun mengalami klorosis (yellowing) dan mengkerut/ keriting (curly) biasanya terjadi pada tumbuhan tomat Jenis penyakit ini. Penyakit yellow atau virus kuning ini sering disebut juga dengan sebutan penyakit keriting bule.



Gambar 80. Tanaman Terserang Virus Yellow (sumber <https://www.biologijk.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html>)

Gejala ini yang bisa ditimbulkan akibat serangan virus ini adalah daun tanaman tomat dapat menggulung, mengeras, bertekstur kasar dan lebih tebal dibanding tanaman normal serta mengalami penyusutan sedikit demi sedikit.

Gejala – gejala tersebut hanya terjadi pada daun yang masih muda, sedangkan pada daun yang sudah tua tidak akan mengalami gejala penyusutan. Penularan virus kuning dapat terjadi melalui bantuan hewan kutu kebul.

Kutu kebul merupakan vektor utama dari penyebaran jenis virus TYLCV. Kutu kebul mendapatkan virus saat serangga tersebut baru menghisap cairan dan tanaman sakit kemudian menular apabila kutu kebul menghisap cairan dari tanaman yang masih sehat.

Untuk mencegahnya bisa dengan cara memusnahkan tanaman yang terinfeksi dan membasmi hama kutu kebul sebagai vektornya. Sementara itu menanam bibit dengan varietas unggul yang agak tahan terhadap serangan virus TYLCV juga dapat mencegah infeksi dari virus tersebut.

## 5. Penyebab Penyakit Daun Menggulung

Penyakit daun menggulung umumnya mengenai tanaman seperti tembakau, kapas dan lobak. ini adalah salah satu Virus Yang Menyerang Tumbuhan .Jika biasanya kita menjumpai daun menggulung pada tumbuhan itu disebabkan karena terdapat ulat di dalamnya yang sedang bermetamorfosis, maka penyakit daun menggulung ini biasanya disebabkan oleh virus, yaitu Turnip Mozaic Virus (TuMV).

Seperti nama penyakitnya gejala yang di munculkan tumbuhan yang terinfeksi virus TuMV dapat dengan mudah dikenali yaitu bentuk daunnya yang menggulung ke atas disepanjang urat daun pertama yang di mulai dari ujung anak daun selain itu warna daun kekuningan atau mengalami klorosis.

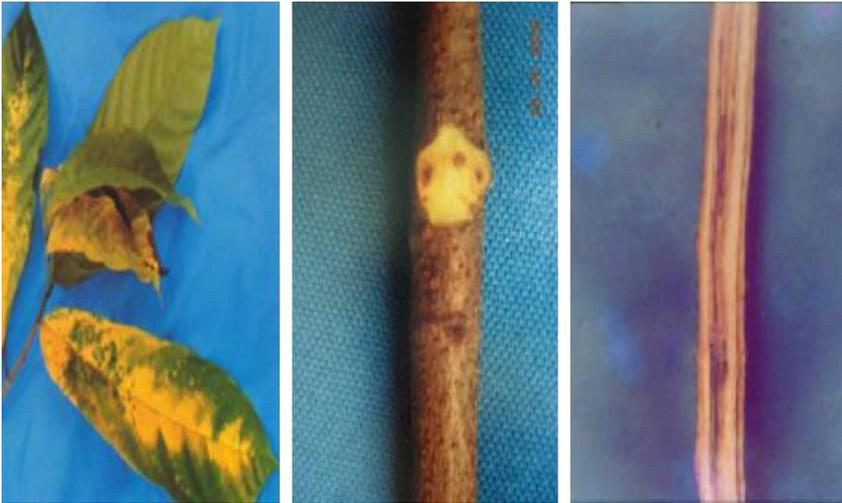


Gambar 81. Tanaman Terserang Virus TUMV (sumber <https://www.biologi.k.com/2017/06/virus-penyebab-penyakit-pada-tumbuhan.html>)

Penularan penyakit ini biasanya dapat melalui kutu daun (Aphis), sehingga upaya pencegahan terhadap infeksi virus TuMV dapat dilakukan dengan cara pengendalian terhadap kutu daun tersebut yaitu dengan menggunakan insektisida sistemik. Tujuan dari penggunaan insektisida adalah untuk menekan populasi vektor kutu daun sehingga penyebaran virus antar tanaman dapat dicegah.

## 6. Penyakit VSD

Penyakit VSD adalah penyakit yang disebabkan oleh virus vascular streak dieback pada tanaman kakao. Penyakit ini menyerang bagian dalam cabang dan batang tanaman. Batang dan tamana yang terserang umumnya akan mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya sebagai sarana transportasi hara dan fotosintat daun pada cabang yang terserang akan berubah warna menjadi kuning, layu dan akhirnya daun akan rontok akhirnya rontok.



Gambar 82. Gejala Terserang VSD (sumber <http://detiktani.blogspot.com/2013/06/penyakit-vsd-vaskular-streak-dieback.html>)

Identifikasi penyakit ini dapat dilakukan dengan melihat potongan cabang yang terserang jika terdapat tiga titik simetris pada bagian pusat batang. Maka dapat dipastikan ia terserang virus ini.

---

# PROTOZOA

---

## **BAB I. PENDAHULUAN**

---

### **A. Latar belakang**

Protozoa berasal dari kata protos, yang artinya pertama dan zoon yang berarti hewan, jadi protozoa adalah hewan yang pertama kali dikenali. Protozoa adalah organisme yang tersusun atas satu sel sehingga bersifat mikroskopik. Untuk lebih mempermudah mempelajarinya,

para ahli biologi mengelompokan protozoa menjadi 4 kelas berdasarkan alat geraknya.

Ukuran protozoa beranekaragam, yaitu mulai kurang dari 10 mikron sampai ada yang mencapai 6 mm, meskipun jarang. Diperairan, protozoa adalah penyusun zooplankton. Makanan protozoa meliputi bakteri, jenis protista lain, atau detritus (materi organik dari organisme mati). Protozoa hidup soliter atau berkoloni.

Jika keadaan lingkungan kurang menguntungkan, protozoa membungkus diri membentuk kista untuk mempertahankan diri. Bila mendapat lingkungan yang sesuai hewan ini akan aktif lagi. Cara hidupnya ada yang parasit, saprofit, dan ada yang hidup bebas (soliter).

## **BAB II. PEMBAHASAN**

---

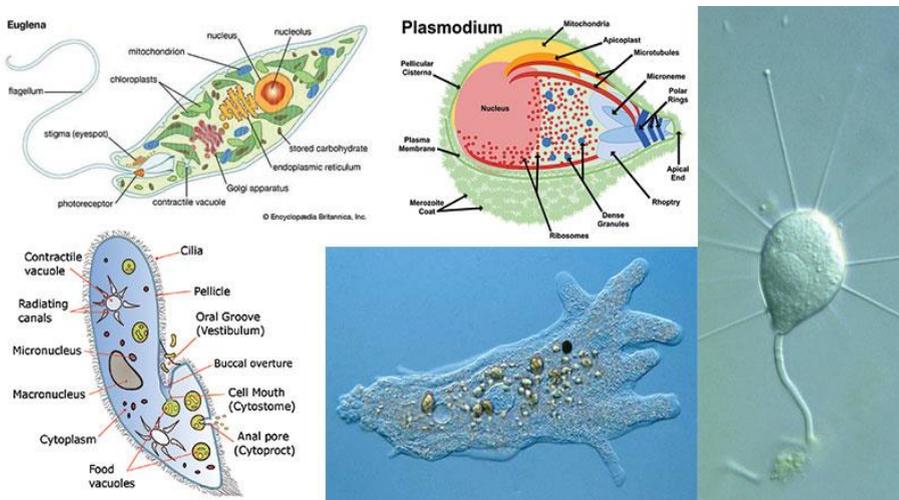
### **A. Pengertian Protozoa**

Protozoa secara umum dapat dijelaskan bahwa protozoa adalah berasal dari bahasa Yunani, yaitu protos artinya pertama dan zoon artinya hewan. Jadi, Protozoa adalah hewan pertama. Protozoa merupakan kelompok lain protista eukariotik. Kadang-kadang antara algae dan protozoa kurang jelas perbedaannya. Kebanyakan Protozoa hanya dapat dilihat di bawah mikroskop.

Beberapa organisme mempunyai sifat antara algae dan protozoa. Sebagai contoh algae hijau Euglenophyta, selnya berflagela dan merupakan sel tunggal yang berklorofil, tetapi dapat mengalami kehilangan klorofil dan kemampuan untuk berfotosintesa.

Semua spesies Euglenophyta yang mampu hidup pada nutrisi kompleks tanpa adanya cahaya, beberapa ilmuwan memasukkannya ke dalam filum protozoa.

Contohnya strain mutan algae genus *Chlamydomonas* yang tidak berklorofil, dapat dimasukkan ke dalam kelas Protozoa genus *Polytoma*. Hal ini merupakan contoh bagaimana sulitnya membedakan dengan tegas antara algae dan protozoa.



Gambar 83. Protozoa

Protozoa dibedakan dari prokariot karena ukurannya yang lebih besar, dan selnya eukariotik. Protozoa dibedakan dari algae karena tidak berklorofil, dibedakan dari jamur karena dapat bergerak aktif dan tidak berdinding sel, serta dibedakan dari jamur lendir karena tidak dapat membentuk badan buah.

## B. Bentuk Tubuh Protozoa

Biasanya berkisar 10-50  $\mu\text{m}$ , tetapi dapat tumbuh sampai 1 mm, dan mudah dilihat di bawah mikroskop. Mereka bergerak di sekitar dengan

cambuk seperti ekor disebut flagela. Mereka sebelumnya jatuh di bawah keluarga Protista. Lebih dari 30.000 jenis telah ditemukan. Protozoa terdapat di seluruh lingkungan berair dan tanah, menduduki berbagai tingkat trophic. Tubuh protozoa amat sederhana, yaitu terdiri dari satu sel tunggal (unisel). Namun demikian, Protozoa merupakan system yang serba bisa. Semua tugas tubuh dapat dilakukan oleh satu sel saja tanpa mengalami tumpang tindih. Ukuran tubuhnya antara 3-1000 mikron. Bentuk tubuh macam-macam ada yang seperti bola, bulat memanjang, atau seperti sandal bahkan ada yang bentuknya tidak menentu. Juga ada memiliki fligel atau bersilia.

### **C. Habitat**

Protozoa hidup di air atau setidaknya di tempat yang basah. Mereka umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air tawar, atau daratan. Beberapa spesies bersifat parasitik, hidup pada organisme inang. Inang protozoa yang bersifat parasit dapat berupa organisme sederhana seperti algae, sampai vertebrata yang kompleks, termasuk manusia.

Beberapa spesies dapat tumbuh di dalam tanah atau pada permukaan tumbuh-tumbuhan. Semua protozoa memerlukan kelembaban yang tinggi pada habitat apapun. Beberapa jenis protozoa laut merupakan bagian dari zooplankton. Protozoa laut yang lain hidup di dasar laut. Spesies yang hidup di air tawar dapat berada di danau, sungai, kolam, atau genangan air. Ada pula protozoa yang tidak bersifat parasit yang hidup di dalam usus termit atau di dalam rumen hewan ruminansia. Beberapa protozoa berbahaya bagi manusia karena mereka dapat menyebabkan penyakit serius.

Protozoa yang lain membantu karena mereka memakan bakteri berbahaya dan menjadi makanan untuk ikan dan hewan lainnya. Protozoa hidup secara soliter atau bentuk koloni. Didalam ekosistem

air protozoa merupakan zooplankton. Permukaan tubuh Protozoa dibayangi oleh membran sel yang tipis, elastis, permeable, yang tersusun dari bahan lipoprotein, sehingga bentuknya mudah berubah-ubah.

Beberapa jenis protozoa memiliki rangka luar (cangkok) dari zat kersik dan kapur. Apabila kondisi lingkungan tempat tinggal tiba-tiba menjadi jelek, Protozoa membentuk kista. Dan menjadi aktif lagi. Organel yang terdapat di dalam sel antara lain nucleus, badan golgi, mikrokondria, plastida, dan vakuola. Nutrisi protozoa bermacam-macam.

Ada yang holozoik (heterotrof), yaitu makanannya berupa organisme lainnya. Ada pula yang holofilik (autotrof), yaitu dapat mensintesis makanannya sendiri dari zat organik dengan bantuan klorofil dan cahaya. Selain itu ada yang bersifat saprofitik, yaitu menggunakan sisa bahan organik dari organisme yang telah mati adapula yang bersifat parasitik.

Apabila protozoa dibandingkan dengan tumbuhan unisel, terdapat banyak perbedaan tetapi ada persamaannya. Hal ini mungkin protozoa merupakan bentuk peralihan dari bentuk sel tumbuhan ke bentuk sel hewan dalam perjalanan evolusinya.

#### **D. Ciri-ciri Protozoa**

Protozoa adalah mikroorganisme menyerupai hewan yang merupakan salah satu filum dari Kingdom Protista. Seluruh kegiatan hidupnya dilakukan oleh sel itu sendiri dengan menggunakan organel-organel antara lain membran plasma, sitoplasma, dan mitokondria.

Ciri-ciri umum :

1. Organisme uniseluler (bersel tunggal)
2. Eukariotik (memiliki membran nukleus)
3. Hidup soliter (sendiri) atau berkoloni (kelompok)
4. Umumnya tidak dapat membuat makanan sendiri (heterotrof)
5. Hidup bebas, saprofit atau parasite
6. Dapat membentuk sista untuk bertahan hidup
7. Alat gerak berupa pseudopodia, silia, atau flagella

Ciri-ciri prozoa sebagai hewan adalah gerakannya yang aktif dengan silia atau flagen, memiliki membrane sel dari zat lipoprotein, dan bentuk tubuhnya ada yang bisa berubah-ubah. Adapun yang bercirikan sebagai tumbuhan adalah ada jenis protozoa yang hidup autotrof. Ada yang bisa berubah-ubah. Adapun yang bercirikan sebagai tumbuhan adalah ada jenis protozoa yang hidup autotrof.

Perkembangbiakan amuba dan bakteri yang biasa dilakukan adalah dengan membelah diri. Dalam kondisi yang sesuai mereka mengadakan pembelahan secara setiap 15 menit. Peristiwa ini dimulai dengan pembelahan inti sel atau bahan inti menjadi dua. Kemudian diikuti dengan pembelahan sitoplasmanya, menjadi dua yang masing-masing menyelubungi inti selnya. Selanjutnya bagian tengah sitoplasma menggenting diikuti dengan pemisahan sitoplasma.

Akhirnya setelah sitoplasma telah benar-benar terpisah, maka terbentuknya dua sel baru yang masing-masing mempunyai inti baru dan sitoplasma yang baru pula. Pada amuba bila keadaan kurang baik, misalnya udara terlalu dingin atau panas atau kurang makan, maka amuba akan membentuk kista.

Didalam kista amuba dapat membelah menjadi amuba-amuba baru yang lebih kecil. Bila keadaan lingkungan telah baik kembali, maka dinding kista akan pecah dan amuba-amuba baru tadi dapat keluar. Selanjutnya amuba ini akan tumbuh setelah sampai pada ukuran tertentu dia akan membelah diri seperti semula.

### **E. Morfologi Protozoa**

Semua protozoa mempunyai vakuola kontraktil. Vakuola dapat berperan sebagai pompa untuk mengeluarkan kelebihan air dari sel, atau untuk mengatur tekanan osmosis. Jumlah dan letak vakuola kontraktil berbeda pada setiap spesies. Protozoa dapat berada dalam bentuk vegetatif (trophozoite), atau bentuk istirahat yang disebut kista.

Protozoa pada keadaan yang tidak menguntungkan dapat membentuk kista untuk mempertahankan hidupnya. Saat kista berada pada keadaan yang menguntungkan, maka akan berkecambah menjadi sel vegetatifnya. Protozoa tidak mempunyai dinding sel, dan tidak mengandung selulosa atau khitin seperti pada jamur dan algae.

Kebanyakan protozoa mempunyai bentuk spesifik, yang ditandai dengan fleksibilitas ektoplasma yang ada dalam membran sel. Beberapa jenis protozoa seperti Foraminifera mempunyai kerangka luar sangat keras yang tersusun dari Si dan Ca.

Beberapa protozoa seperti Diffugia, dapat mengikat partikel mineral untuk membentuk kerangka luar yang keras. Radiolarian dan Heliozoan dapat menghasilkan skeleton. Kerangka luar yang keras ini sering ditemukan dalam bentuk fosil. Kerangka luar Foraminifera tersusun dari  $CaO_2$  sehingga koloninya dalam waktu jutaan tahun dapat membentuk batuan kapur.

Protozoa merupakan sel tunggal, yang dapat bergerak secara khas menggunakan pseudopodia (kaki palsu), flagela atau silia, namun ada yang tidak dapat bergerak aktif. Berdasarkan alat gerak yang dipunyai dan mekanisme gerakan inilah protozoa dikelompokkan ke dalam 4 kelas.

Protozoa yang bergerak secara amoeboid dikelompokkan ke dalam Sarcodina, yang bergerak dengan flagela dimasukkan ke dalam Mastigophora, yang bergerak dengan silia dikelompokkan ke dalam Ciliophora, dan yang tidak dapat bergerak seras merupakan parasit hewan maupun manusia dikelompokkan ke dalam Sporozoa.

Mulai tahun 1980, oleh Committee on Systematics and Evolution of the Society of Protozoologist, mengklasifikasikan protozoa menjadi 7 kelas baru, yaitu Sarcomastigophora, Ciliophora, Acetospora, Apicomplexa, Microspora, Myxospora, dan Labyrinthomorpha.

Pada klasifikasi yang baru ini, Sarcodina dan Mastigophora digabung menjadi satu kelompok Sarcomastigophora, dan Sporozoa karena anggotanya sangat beragam, maka dipecah menjadi lima kelas.

Contoh protozoa yang termasuk Sarcomastigophora adalah genera Monosiga, Bodo, Leishmania, Trypanosoma, Giardia, Opalina, Amoeba, Entamoeba, dan Difflugia. Anggota kelompok Ciliophora antara lain genera Didinium, Tetrahymena, Paramecium, dan Stentor.

Contoh protozoa kelompok Acetospora adalah genera Paramyxa. Apicomplexa beranggotakan genera Eimeria, Toxoplasma, Babesia, Theileria. Genera Metchnikovella termasuk kelompok Microspora. Genera Myxidium dan Kudoa adalah contoh anggota kelompok Myxospora.

## F. Fisiologi Protozoa

Protozoa umumnya bersifat aerobik nonfotosintetik, tetapi beberapa protozoa dapat hidup pada lingkungan anaerobik misalnya pada saluran pencernaan manusia atau hewan ruminansia. Protozoa aerobik mempunyai mitokondria yang mengandung enzim untuk metabolisme aerobik, dan untuk menghasilkan ATP melalui proses transfer elektron dan atom hidrogen ke oksigen.

Protozoa umumnya mendapatkan makanan dengan memangsa organisme lain (bakteri) atau partikel organik, baik secara fagositosis maupun pinositosis. Protozoa yang hidup di lingkungan air, maka oksigen dan air maupun molekul-molekul kecil dapat berdifusi melalui membran sel. Senyawa makromolekul yang tidak dapat berdifusi melalui membran, dapat masuk sel secara pinositosis.



Gambar 84. Contoh Protozoa

Tetesan cairan masuk melalui saluran pada membran sel, saat saluran penuh kemudian masuk ke dalam membrane yang berikatan dengan vakuola. Vakuola kecil terbentuk, kemudian dibawa ke bagian dalam sel, selanjutnya molekul dalam vakuola dipindahkan ke sitoplasma.

Partikel makanan yang lebih besar dimakan secara fagositosis oleh sel yang bersifat amoeboid dan anggota lain dari kelompok Sarcodina. Partikel dikelilingi oleh bagian membran sel yang fleksibel untuk ditangkap kemudian dimasukkan ke dalam sel oleh vakuola besar (vakuola makanan).

Ukuran vakuola mengecil kemudian mengalami pengasaman. Lisosom memberikan enzim ke dalam vakuola makanan tersebut untuk mencernakan makanan, kemudian vakuola membesar kembali. Hasil pencernaan makanan didispersikan ke dalam sitoplasma secara pinositosis, dan sisa yang tidak tercerna dikeluarkan dari sel.

Cara inilah yang digunakan protozoa untuk memangsa bakteri. Pada kelompok Ciliata, ada organ mirip mulut di permukaan sel yang disebut sitosom. Sitosom dapat digunakan menangkap makanan dengan dibantu silia. Setelah makanan masuk ke dalam vakuola makanan kemudian dicernakan, sisanya dikeluarkan dari sel melalui sitopig yang terletak disamping sitos.

## **G. Adaptasi Protozoa**

Sebagai predator, mereka memangsa uniseluler atau berserabut ganggang, bakteri, dan microfungi. Protozoa memainkan peran baik sebagai herbivora dan konsumen di decomposer link dari rantai makanan. Protozoa juga memainkan peranan penting dalam mengendalikan populasi bakteri dan biomas.

Protozoa dapat menyerap makanan melalui membran sel mereka, beberapa, misalnya amoebas, mengelilingi dan menelan makanan itu, dan yang lain lagi memiliki bukaan atau "mulut pori-pori" ke mana mereka menyapu makanan. Semua protozoa yang mencerna makanan di perut mereka seperti kompartemen disebut vakuola.

Sebagai komponen dari mikro-dan meiofauna, protozoa merupakan sumber makanan penting bagi microinvertebrates. Dengan demikian, peran ekologis protozoa dalam transfer bakteri dan ganggang produksi ke tingkat trophic berurutan adalah penting. Protozoa seperti parasit malaria (*Plasmodium* spp.), Dan *Leishmania trypanosomes* juga penting sebagai parasit dan symbionts dari hewan multisel.

Beberapa protozoa memiliki tahap kehidupan bolak-balik antara tahap proliferasi (misalnya trophozoites) dan kista aktif. Seperti kista, protozoa dapat bertahan hidup kondisi yang sulit, seperti terpapar ke suhu yang ekstrem dan bahan kimia berbahaya, atau waktu lama tanpa akses terhadap nutrisi, air, atau oksigen untuk jangka waktu tertentu.

Menjadi spesies parasit kista memungkinkan untuk bertahan hidup di luar tuan rumah, dan memungkinkan mereka transmisi dari satu host ke yang lain. Ketika protozoa adalah dalam bentuk trophozoites (Yunani, tropho = untuk memberi makan), mereka secara aktif memberi makan dan tumbuh.

Proses mana protozoa yang mengambil bentuk kista disebut encystation, sedangkan proses mentransformasikan kembali ke trophozoite disebut excystation. Protozoa dapat mereproduksi dengan pembelahan biner atau beberapa fisi. Beberapa protozoa bereproduksi secara seksual, beberapa aseksual, sementara beberapa menggunakan kombinasi, (mis. *Coccidia*).

Seorang individu protozoon adalah hermaphroditic. Nama lain untuk protozoa adalah Acrita (R. Owen, 1861). Mereka dapat menyebabkan malaria atau disentri amuba.

## H. Kelas Berdasarkan Alat Gerak

Protozoa dibagi menjadi 4 kelas berdasarkan alat gerak:

### 1. Rhizopoda

Rhizopoda (Sarcodina), alat geraknya berupa pseudopoda (kaki semu) Bergerak dengan kaki semu (pseudopodia) yang merupakan penjurulan protoplasma sel.

Hidup di air tawar, air laut, tempat-tempat basah, dan sebagian ada yang hidup dalam tubuh hewan atau manusia. Jenis yang paling mudah diamati adalah Amoeba.

Ektoamoeba adalah jenis Amoeba yang hidup di luar tubuh organisme lain (hidup bebas), contohnya Ameoba proteus, Foraminifera, Arcella, Radiolaria. Entamoeba adalah jenis Amoeba yang hidup di dalam tubuh organisme, contohnya Entamoeba histolytica, Entamoeba coli.

- a. Amoeba proteus memiliki dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan dan vakuola kontraktil.
- b. Entamoeba histolytica menyebabkan disentri amuba (bedakan dengan disentri basiler yang disebabkan Shigella dysenteriae)
- c. Entamoeba gingivalis menyebabkan pembusukan makanan di dalam mulut radang gusi (Gingivitis)
- d. Foraminifera sp. fosilnya dapat dipergunakan sebagai petunjuk adanya minyak bumi. Tanah yang mengandung fosil fotaminifera disebut tanah globigerina.
- e. Radiolaria sp. endapan tanah yang mengandung hewan tersebut digunakan untuk bahan penggosok.

a) Ciri-Ciri Rhizopoda (Sarcodina)

Rhizopoda (sarcodina) memiliki beberapa karekteristik/ciri-ciri yang membedakan jenis protozoa lainnya. Ciri-ciri rhizopoda adalah sebagai berikut:

- 1) Bergerak dengan kaki semu/palsu (pseudopodia)
- 2) Bersifat heterotroph
- 3) Ukuran tubuh sekitar 200-300 mikron
- 4) Umumnya hidup di air tawar atau laut
- 5) Bentuk yang dapat berubah-ubah atau tidak tetap
- 6) Ada yang bercangkang dan tidak
- 7) Memiliki ektoplasma dan endoplasma,
- 8) Memiliki vakuola makanan dan juga vakuola kontraktil
- 9) Rhizopoda menelan makannya/fagosi
- 10) Reproduksi secara aseksual dengan pembelahan diri
- 11) Hidup dengan bebas atau parasit.
- 12) Pernapasan dengan cara difusi ke seluruh permukaan tubuh.

b) Klasifikasi Rhizopoda (Sarcodina)

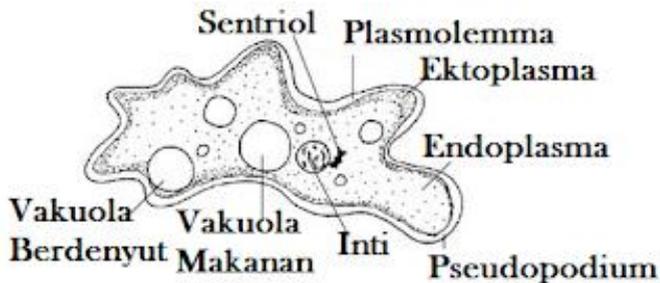
Rhizopoda dibagi dalam 5 ordo antarlain sebagai berikut:

- 1) Ordo Labosa, ciri-cirinya : memiliki pseudopodia (kaki semu) yang pendek dan tumpul serta dapat dibedakan jelas antara ektoplasma dan endoplasma

- 2) Ordo Filosa, ciri-cirinya : memiliki pseudopodia (kaki semu) yang halus mirip dengan benang dan juga bercabang-cabang
- 3) Ordo foraminifera, ciri-cirinya : pseudopodi (kaki semu) yang panjang dan juga halus
- 4) Ordo Helioza, ciri-cirinya : pseudopodia (kaki semu) yang berbentuk benang yang radien dan antarfilamen yang tidak pernah bersatu membentuk jala atau anyaman
- 5) Ordo Radiolarian, ciri-cirinya : pseudopodia

c) Reproduksi Rhizopoda (Sarcodina)

Rhizopoda bereproduksi secara aseksual, sedangkan reproduksi secara seksual kini belum diketahui. Reproduksi secara aseksual melalui berbagai mekanisme dengan pembelahan sel yang mengarah ke pembelahan mitosis.



Gambar 85. Rhizopoda bereproduksi

Namun, tahap-tahap mitosis tidak tampak dengan jelas. Contohnya, pada proses pembelahan sel yang terbentuk benang-benang spindel, akan tetapi membran inti tidak pernah menghilang selama proses pembelahan. Pembelahan sel diawali dengan pembelahan inti yang selanjutnya membran plasma semakin melekok ke arah dalam hingga terbentuk dua sel anakan.

#### d) Peranan Rhizopoda (Sarcodina)

Rhizopoda memiliki peranan baik itu yang menguntungkan maupun yang merugikan dari beberapa contoh rhizopoda antara lain sebagai berikut:

- 1) *Entamoeba gingivalis*, hidup pada gusi dan gigi manusia dengan memakan sisa-sisa makanan di sela-sela gigi dan dapat menyebabkan kerusakan gigi dan radang gusi
- 2) *Entamoeba coli*, hidup di dalam organ tubuh yaitu usus besar (kolon), tidak bersifat parasit yang kadang-kadang dapat menyebabkan diare
- 3) *Entamoeba histolytica*, hidup parasit di usus manusia yang dapat menyebabkan penyakit disentri. Organisme ini dapat menyebar melalui air minum, makanan, dan peralatan makanan yang terkontaminasi protozoa tersebut baik dalam bentuk sista maupun bentuk sel aktif
- 4) *Diffugia*, hidup di air tawar dan mengeluarkan lendir yang menyebabkan butir-butir pasir halus dapat meleka
- 5) Foraminifera, memiliki cangkang dari bahan organik dan kalsium karbonat yang keras. Foraminifera memiliki cangkang yang merupakan komponen sedimen lautan. Sekitar 90% Foraminifera telah menjadi fosil dan digunakan sebagai marker (penanda) umur batuan sedimen dan juga sebagai penunjuk sumber minyak bumi.

## 2. Flagellata

Flagellata (Mastigophora), alat geraknya berupa flagel (bulu cambuk). Bergerak dengan flagel (bulu cambuk) yang digunakan juga sebagai alat indera dan alat bantu untuk menangkap makanan.



Gambar 86. Flagellata

Dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu:

- a. Fitoflagellata Flagellata autotrofik (berkloroplas), dapat berfotosintesis. Contohnya : *Euglena viridis*, *Noctiluca milliaris*, *Volvox globator*. Zooflagellata.
- b. Flagellata heterotrofik (Tidak berkloroplas). Contohnya: *Trypanosoma gambiens*, *Leishmania* Dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu:

1. Golongan phytonagellata

- a) *Euglena viridis* (mahluk hidup peralihah antara protozoa dengan ganggang)
- b) *Volvox globator* (mahluk hidup peralihah antara protozoa dengan ganggang) *Noctiluca millaris* (hidup di laut dan dapat mengeluarkan cahaya bila terkena rangsangan mekanik)

## 2. Golongan Zooflagellata, contohnya :

- a) *Trypanosoma gambiense* & *Trypanosoma rhodesiense*. Menyebabkan penyakit tidur di Afrika dengan vektor (pembawa) lalat (*Glossina* sp.)  
*Trypanosoma gambiense* vektornya *Glossina palpalis* sungai  
*Trypanosoma rhodesiense* vektornya *Glossina morsitans* semak
- b) *Trypanosoma cruzi* penyakit Chagas
- c) *Trypanosoma evansi* penyakit surra, pada hewan ternak(sapi).
- d) *Leishmaniadonovani* penyakit kalarzar.

## 2. Ciri-Ciri Flagellata

Ada beberapa ciri-ciri dari Flagellata yang membedakan jenis Protozoa lainnya, untuk lebih jelasnya simak uraian berikut ini:

- a. Bersifat mikroskopis.
- b. Bergerak dengan bulu cambuk (filagelum ).
- c. Memiliki pelikel.
- d. Mempunyai mitokondria atau tidak.
- e. Uniseluler atau berkoloni.
- f. Hidup secara parasit atau simbiosis mutualisme.
- g. Tidak dapat membentuk sista.
- h. Hidup di air tawar dan air laut.

- i. Merupakan nenek moyang dari hewan dan tumbuhan.
- j. Bentuk tubuh yang tetap rangka luar, tubuhnya dilindungi oleh suatu selaput yang fleksibel yang disebut dengan pellicle disebelah luarnya terdapat selaput plasma.
- k. Reproduksi aseksual dengan pembelahan biner.

### 3. Klasifikasi Flagellata

Dilihat dari bentuk tubuhnya, Flagellata dibedakan menjadi dua macam, yaitu Flagellata berbentuk seperti tumbuhan yang disebut fitoflagellata dan Flagellata berbentuk seperti hewan yang disebut zooflagellata. Perbedaan kedua jenis Flagellata tersebut adalah sebagai berikut.

#### 1) Fitoflagellata

Fitoflagellata adalah Flagellata yang memiliki plastida dan pigmen klorofil yang digunakan untuk melakukan proses fotosintesis sehingga fitoflagellata bersifat autotrof. Di lingkungan air, fitoflagellata berperan sebagai fitoplankton yang menyuplai makanan bagi organisme lainnya. Berdasarkan bentuk tubuh dan jumlah flagel yang dimilikinya, fitoflagellata dikelompokkan ke dalam tiga kelas yaitu

##### a. Euglenoida

Euglenoida memiliki bentuk tubuh yang menyerupai gelondong dan diselimuti oleh pelikel. Euglenoida mempunyai satu atau dua flagela di bagian ujung anterior. Di bagian ujung anterior terdapat bintik mata yang berwarna merah yang mengandung pigmen karoten. Bintik mata tersebut berfungsi untuk melindungi daerah yang peka cahaya di pangkal flagela. Anggota kelompok

Euglenoida yang paling dikenal adalah *Euglena viridis*. *Euglena viridis* banyak dijumpai di air tawar dengan ciri-ciri antara lain sebagai berikut:

- (1) Memiliki ukuran tubuh 35-60 mikron
- (2) Ujung tubuh yang meruncing dengan satu bulu cambuk, sehingga dapat bergerak aktif dengan flagela. Gerakan tersebut disebut juga dengan gerakeuglenoid.
- (3) Memiliki stigma (bintik mata berwarna merah) untuk membedakan gelap dan terang
- (4) Memiliki kloroplas yang mengandung klorofil yang digunakan untuk berfotosintesis. Ada juga *Euglena* yang tidak berkloroplas, seperti *Astasia*.
- (5) Makanan masuk melalui sitofaring yang menuju ke vakuola dan di vakuola tersebut makanan yang berupa organisme kecil akan dicerna.

b. Dinoflagellata

Dinoflagellata memiliki bentuk tubuh yang bervariasi tetapi kebanyakan lonjong dengan warna yang kecokelatan dan kekuningan. Dinoflagellata merupakan penyusun plankton laut. Walaupun sebagian besar berhabitat di laut, namun ada juga yang hidup di air tawar. Dinoflagellata bersimbiosis di terumbu karang, ubur-ubur, anemon dan invertebrata lainnya.

Flagelanya terletak di cekungan transversal yang mengelilingi tubuh. Banyak spesies dinoflagellata kehilangan flagelanya dan tumbuh sebagai fase vegetatif yang non-motil (tidak bergerak). Contoh anggota

dinoflagellata antara lain Ceratium, Noctiluca miliaris, dan Gymnodinium. Noctiluca miliaris kebanyakan hidup di air laut dan mempunyai ciri-ciri antara lain sebagai berikut.

- (1) Memiliki dua flagela yaitu satu panjang dan yang satunya pendek
- (2) Melakukan simbiosis dengan jenis alga tertentu
- (3) Tubuhnya dapat memancarkan sinar yang terkena rangsangan mekanis. Kita dapat melihatnya pada waktu malam, ketika ombak memecah karang atau dayung memukul air laut, akan timbul cahaya yang berkilauan yang dihasilkan oleh Noctiluca. Peristiwa ini dikenal dengan namabioluminesensi

c. Volvocida

Volvocida umumnya berbentuk bulat dan hidup secara soliter atau berkoloni. Volvocida mempunyai 2 flagela. Dinding sel Volvocida tersusun atas selulosa.

Contohnya anggota kelompok ini yang paling terkenal adalah Volvox globator. Ciri-ciri volvox adalah sebagai berikut.

- (1) Koloninya terdiri ribuan individu yang bersel satu dan masing-masing memiliki dua flagela.
- (2) Setiap sel memiliki inti, vakuola kontraktil, stigma, dan kloroplas.
- (3) Sel-sel dihubungkan dengan benang-benang protoplasma yang membentuk hubungan fisiologis.

#### 4. Reproduksi Flagellata

Flagellata bereproduksi secara aseksual dengan melakukan pembelahan biner dengan arah membujur. Dari satu sel dihasilkan dua sel dari dua sel dihasilkan empat sel dan seterusnya. Pembelahan sel dan inti sel tidak diikuti oleh pembelahan flagella tetapi flagella baru akan terbentuk pada sel anak hasil pembelahan.

Pada flagellate yang hidup parasit seperti *Trypanosoma* sp. Pembelahan biner dapat terjadi di jaringan darah tubuh inang. Reproduksi secara seksual tidak diketahui, siklus hidup *Trypanosoma brucei gambiense*, untuk lebih jelasnya sebagai berikut.

- a) Lalat tse-tse *Glossina palpalis* yang mengandung *Trypanosoma* menggigit manusia, *Trypanosoma* kemudian beredar dalam jaringan darah.
- b) *Trypanosoma* hidup dan bereproduksi dengan cara pembelahan biner memanjang di dalam jaringan darah manusia, getah bening, limpa dan berpotensi merusak sistem saraf. Penderita akan mengalami demam, nyeri otot dan sendi, tidak dapat berjalan, tidak dapat berbicara dan banyak tidur di siang hari tetapi tidak dapat tidur (insomnia) di malam hari. Semakin lama penderita tidak dapat dibangunkan dan akhirnya meninggal dunia.
- c) Penyebaran kepada orang lain terus terjadi bila lalat tse-tse menggigit serta menghisap darah penderita, lalu menularkan kepada orang lain.
- d) *Trypanosome* hidup di dalam saluran pencernaan lalat tse-tse selama 20-30 hari. *Trypanosoma* infeksi akhirnya menetap di kelenjar air liur lalat tse-tse. Lalat tse-tse banyak terdapat di

sepanjang tepi sungai di Afrika bagian barat dan tengah. Lalat tersebut mampu terbang dengan jarak jangkauan hingga mencapai 3 mil dan bisanya menggigit pada waktu siang hari.

## 5. Peranan Flagellata dalam Kehidupan

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa Flagellata banyak yang hidup bebas di habitat tanah lembab, air, bersimbiosis, hidup di dalam organisme lain dengan hubungan mutualisme atau parasitik. Berikut ini beberapa contoh organisme Flagellata dan peranannya dalam kehidupan.

### 1) *Trichonympha* dan *Myxotricha*

Jenis Flagellata ini hidup di dalam usus rayap yang membantu rayap untuk mencerna kayu karena dapat mengeluarkan enzim selulosa. Enzim ini membuat partikel kayu tersebut menjadi lebih lunak, sehingga mudah dirombak dan terurai menjadi bagian-bagian kecil lalu diserap oleh rayap. Bahan yang diserap ini sebagian dibutuhkan oleh rayap dan sebagian untuk kelangsungan hidup Flagellata. Dengan demikian terjalin simbiosis mutualisme (saling menguntungkan).

### 2) *Trichomonas vaginalis*

Bila ditinjau dari namanya, jenis ini menimbulkan satu tipe penyakit vaginitis, yaitu merupakan peradangan pada vagina yang ditandai dengan keluarnya cairan dan disertai rasa panas seperti terbakar dan rasa gatal.

Species ini tidak mempunyai stadium sista dan menyebar sebagai penyakit kelamin. Dapat juga menginfeksi dan menular pada pria yang menimbulkan penyakit prostatitis. *Trichomonas vaginalis* dapat berpindah dari wanita pada ke pria melalui hubungan seksual.

### 3) Giardia lamblia

Merupakan satu-satunya Protozoa usus yang menimbulkan penyakit disentri/diare dan kejang-kejang di bagian perut. Protozoaini ditemukan dalam duodenum/usus dua belas jari. Penularannya melalui makanan atau minuman yang tercemar dan melalui kontak dari tangan ke mulut.

### 4) Zooflagellata

Zooflagellata adalah Flagellata yang tidak memiliki pigmen klorofil dan bersifat heterotrof. Zooflagellata ada yang cara hidupnya bebas tetapi kebanyakan bersifat parasit dengan bentuk yang menyerupai hewan. Beberapa contoh zooflagellata yang paling dikenal adalah dari spesies dari genus Trypanosomadan Leishmania. Berikut ini penjelasan lengkap kedua genus tersebut.

#### a. Tripanosoma

Tripanosoma memiliki tubuh pipih panjang seperti daun dan tidak membentuk kista. Trypanosoma hidup di dalam sel darah merah, sel darah putih dan sel hati tubuh vertebrata inangnya. Infeksi karena Trypanosoma disebut juga dengan trypanosomiasis.

Dalam siklus hidupnya, Trypanosoma memiliki dua bentuk yaitu berflagela pada fase ekstraseluler dan tidak berflagela pada fase intraseluler. Sebagian dari siklus hidupnya melekat di sel lambung atau mengisap darah manusia. Hospes intermedier (perantara) Trypanosoma adalah hewan-hewan pengisap darah seperti kutu tikus, lalat Tabanus, lalat tse-tse, lalat Glossina palpalis dan lalat Glossina morsitans. Contoh jenis-jenis Trypanosoma adalah sebagai berikut:

- 1) *Trypanosoma lewisi*, hidup pada tikus, hospes perantaranya adalah kutu tikus;
- 2) *Trypanosoma evansi*, penyebab penyakit sura (malas) pada ternak, hospes perantaranya adalah lalat tabanus;
- 3) *Trypanosoma brucei*, penyebab penyakit nagano pada ternak, hospes perantaranya adalah lalat tse-tse;
- 4) *Trypanosoma gambiense* dan *Trypanosoma rhodesiense*. Hewan penyebab tidur pada manusia ini mulanya ditemukan di Afrika, kemudian menyebar ke Asia. Hospes perantaranya adalah lalat *Glossina palpalis* untuk *T. gambiense* dan lalat *Glossina morsitans* untuk *T. Rhodesiense*;
- 5) *Trypanosoma cruzi*, penyebab penyakit anemia pada anak-anak (cagas). *Trypanosoma Cruzi* ditemukan di daerah Amerika Tengah.

#### b. Leishmania

*Leishmania* merupakan penyebab penyakit pada sel-sel endotelium pembuluh darah. Endotelium merupakan sel epitelium yang melapisi jantung, pembuluh darah dan pembuluh limfa. Contoh jenis-jenis *Leishmania* adalah sebagai berikut:

- 1) *Leishmania donovani*, penyebab penyakit kala azar yang ditandai dengan demam dan juga anemia. Jenis ini banyak ditemukan di Mesir, disekitar Laut Tengah dan India.
- 2) *Leishmania tropica*, penyebab penyakit kulit yang disebut penyakit oriental. Jenis ini banyak ditemukan di

Asia (daerah Mediterania) dan sebagian di Amerika Selatan.

- 3) *Leishmania brasilliensis*, penyebab penyakit kulit di Meksiko dan Amerika tengah dan Amerika Selatan.

### 3. Ciliata

Ciliata (Ciliophora), alat gerak berupa silia (rambut getar). Anggota Ciliata ditandai dengan adanya silia (bulu getar) pada suatu fase hidupnya, yang digunakan sebagai alat gerak dan mencari makanan.

Ukuran silia lebih pendek dari flagel. Memiliki 2 inti sel (nukleus), yaitu makronukleus (inti besar) yang mengendalikan fungsi hidup sehari-hari dengan cara mensintesis RNA, juga penting untuk reproduksi aseksual, dan mikronukleus (inti kecil) yang dipertukarkan pada saat konjugasi untuk proses reproduksi seksual.

Ditemukan vakuola kontraktil yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan air dalam tubuhnya. Banyak ditemukan hidup di laut maupun di air tawar. Contoh : *Paramecium caudatum*, *Stentor*, *Didinium*, *Vorticella*, *Balantidium coli* .



Gambar 87. Ciliata

- 1) *Paramecium caudatum* disebut binatang sandal, yang memiliki dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan dan vakuola kontraktil yang berfungsi untuk mengatur kesetimbangan tekanan osmosis (osmoregulator). Memiliki dua jenis inti PMakronukleus dan Mikronukleus (inti reproduktif). Cara reproduksi, aseksual Pmembelah diri, seksual konyugasi.
- 2) *Balantidium coli* menyebabkan penyakit diare.

- 1) Ciri-Ciri Ciliata (Filum Ciliophora)

Ciliata mempunyai beberapa karakteristik atau ciri-ciri yang membedakan jenis-jenis protozoa yang lainnya. Ciri-ciri umum ciliata yaitu sebagai berikut :

- a) Bergerak dengan silia atau rambut getar
- b) Sifatnya heterotroph
- c) Pembelahan biner
- d) Umumnya berukuran mikroskopis, tapi ada juga spesies yang berukuran 3 mm sehingga bisa dilihat dengan mata telanjang
- e) Terdapat pada seluruh bagian sel atau pada bagian tertentu.
- f) Membantu pergerakan makanan ke sistoma
- g) Bentuk tubuh oval dan tidak berubah-ubah atau tetap
- h) Mempunyai dua inti sel yakni makronukleus dan mikronukleus. Makronukleus sebagai fungsi

vegetatif, dan mikronukleus sebagai fungsi reproduksi yakni konjugasi

- i) Hidup bebas pada lingkungan berair baik itu air laut maupun air tawar yang banyak mengandung sebuah zat organi.
- j) Hidup secara parasit, simbiosis dan ada juga yang hidup bebas di alam.

## 2) Struktur Tubuh Ciliata (Filum Ciliophora)

- a) Bentuk tubuhnya yaitu oval, umumnya yang berbentuk simetris, kecuali ciliate primitif yang simetrinya radial
- b) Tubuhnya yang diselubungi oleh perikel yang merupakan suatu lapisan luar yang tersusun dari sitoplasma yang padat
- c) Tubuhnya yang diselimuti oleh silia, yakni silia somatik yang menyelubungi seluruh tubuh utama
- d) Tidak memiliki struktur khusus untuk pertukaran udara, dan sekresi
- e) Memiliki dua tipe inti sel atau nukleus, yakni makronukleus dan mikronukleus. Makronukleus yang juga disebut dengan otak
- f) Ciliata berfungsi sebagai vegetatif, sedangkan mikronukleus berfungsi sebagai reproduksi dan genital
- g) Mempunyai mulut atau sistoma yang terbuka dan menjadi saluran yang pendek, pada ciliata primitif

disebut dengan sitofaring. Mulut ini yang terletak diujung depan (anterior), akan tetapi kebanyakan siliata, bagain tersebut diganti oleh bagian belakang (posterior)

- h) Terdapat dua macam mulut, yakni mulut membran berombak yang menyatu dalam sebuah barisan yang panjang. Dan mulut membran yang berupa barisan pendek, merupakan suatu pergabungan dari silia sehingga bersatu membentuk sebuah piringan
  - i) Silia yang terdapat pada mulut Ciliata yang fungsinya untuk mengedarkan dan mendorong makanan menuju ke sitofaring
  - j) Memiliki mitokondria sebagai sumber untuk energinya melakukan gerak maupun beraktivitas
  - k) Mempunyai keronkongan yang disebut dengan sitofaring gullet dan mempunyai food vacuole atau usus
  - l) Mempunyai vakuola kontraktil atau ginjal
  - m) Mempunyai otot atau disebut dengan myonemes
  - n) Mempunyai anus yang disebut dengan sitopige.
- 3) Klasifikasi Ciliata (Filum Ciliophora)
- a) Paramecium

Jenis ciliata yang satu ini yang pada bagian ujung depannya tumpul, dan di bagian belakang meruncing sehingga tampak berbentuk sepatu ataupun sandal.

b) Vorticella

Jenis dari ciliata yang satu ini memiliki bentuk seperti lonceng dan juga bertangkai panjang dengan bentuk yang lurus atau spiral yang terdapat silia pada sekitar mulutnya. Hidupnya yang berada di air tawar, menempel pada tangkai batang yang sifatnya kontraktile dan juga substrak. Makanannya yaitu bakteri ataupun sisa-sisa bahan organik yang masuk dengan bersamaan melalui celah mulutnya.

c) Didinium

Jenis ciliata yang satu ini ialah predator pada ekosistem perairan yakni merupakan pemangsa dari paramecium

d) Stentor

Jenis dari ciliata ini memiliki bentuk seperti terompet dan juga menetap di air tawar yang bergenang ataupun mengalir, makanan dari hewan ini yaitu ciliata yang mempunyai ukuran yang lebih kecil

e) Balantidium Coli

Jenis dari ciliata yang paling besar didalam usus yang terbesar dan juga satu-satunya golongan dari ciliata manusia yang patogen dan juga menimbulkan balantidiasis atau juga ciliata dysentri. Ciliata jenis ini dapat ditemui pada daerah yang tropis atau sub tropis.

#### 4) Peranan Ciliata (Filum Ciliophora)

Ciliata memiliki peranan yang menguntungkan dan merugikan antara lain yaitu sebagai berikut :

- a) *Peranan Ciliata yang Menguntungkan* : Didinium, mirip dengan ceret bertangkai yang mempunyai peranan sebagai predator di air tawar
- b) *Peranan Ciliata yang Merugikan* : Balantidium coli, hidup parasit dalam usus manusia yang mampu mengakibatkan gangguan perut dan bisa menyebabkan diare berdarah.

#### 4. Sporozoa

Sporozoa adalah protozoa yang tidak memiliki alat gerak. Cara bergerak hewan ini dengan cara mengubah kedudukan tubuhnya. Pembiakan secara vegetatif (aseksual) disebut juga Skizogoni dan secara generatif (seksual) disebut Sporogoni. Marga yang berhubungan dengan kesehatan manusia *Toxoplasma* dan *Plasmodium*. Tidak memiliki alat gerak khusus, menghasilkan spora (sporozoid) sebagai cara perkembang biakannya. Sporozoid memiliki organel-organel kompleks pada salah satu ujung (apex) selnya yang dikhususkan untuk menembus sel dan jaringan inang. Hidupnya parasit pada manusia dan hewan. Contoh : *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium vivax*. Gregarina.

##### 1) Ciri-Ciri Sporozoa

Sporozoa atau Apicomplexa memiliki beberapa karakteristik atau ciri-ciri yang membedakannya dengan ketiga jenis protozoa lainnya. Berikut ini penulis uraikan ciri-ciri Sporozoa secara umum:

- a) Tidak memiliki alat gerak khusus, sehingga Sprozoa bergerak dengan cara meluncur atau mengubah-ubah posisi tubuhnya.
- b) Merupakan organisme bersel tunggal (uniseluler).
- c) Kebanyakan bersifat parasit, baik pada hewan maupun manusia.
- d) Dapat membentuk spora pada suatu saat dalam daur hidupnya.
- e) Mempunyai spora berbentuk lonjong.
- f) Ukuran spora sekitar 8 – 11 mikron pada dinding kitin.
- g) Mempunyai 2 kapsul polar pada anterior, berpasangan dengan bentuk seperti labu, berukuran sama, terletak pada sudut sumbu longitudinal dengan ujung posterior.
- h) Dari depan ujung anterior sama dengan lebar posterior.
- i) Dinding katub tidak jelas.
- j) Daur hidup Sporozoa menunjukkan pergiliran generasi/keturunan antara bentuk seksual (fase generatif) dan aseksual (fase vegetatif).
- k) Tubuh berbentuk bulat atau oval.
- l) Memiliki nukleus (inti sel) tetapi tidak memiliki vakuola kontraktil.
- m) Memiliki organel-organel kompleks khusus pada salah satu ujung sel (apeks) yang berfungsi untuk menembus sel dan jaringan tubuh inang

- n) Proses penyerapan makanan, pernafasan (respirasi) dan pengeluaran (ekskresi) terjadi secara langsung melalui permukaan tubuh.
- o) Sebagian besar spesies Sporozoa menyebabkan penyakit pada hospes (inang) yang ditumpanginya.

## **I. Peranan Protozoa**

### **1. Peran menguntungkan :**

- (a) Mengendalikan populasi Bakteri, sebagian Protozoa memangsa Bakteri sebagai makanannya, sehingga dapat mengontrol jumlah populasi Bakteri di alam.
- (b) Sumber makanan ikan, Di perairan sebagian Protozoa berperan sebagai plankton (zooplankton) dan benthos yang menjadi makanan hewan air, terutama udang, kepiting, ikan, dll.
- (c) Indikator minyak bumi, Fosil Foraminifera menjadi petunjuk sumber minyak, gas, dan mineral. Bahan penggosok, Endapan Radiolaria di dasar laut yang membentuk tanah radiolaria, dapat dijadikan sebagai bahan penggosok.

### **2. Peran Merugikan :**

Protozoa menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan ternak. Penyakit-penyakit yang disebabkan Protozoa antara lain :

#### **(a) Jenis penyakit**

- 1) Protozoa

- 2) Disentri
- 3) Diare (Balantidiosis)
- 4) Penyakit tidur (Afrika)
- 5) Toksoplasmosis (kematian janin)
- 6) Malaria tertian
- 7) Malaria quartana
- 8) Malaria tropika
- 9) Kalaazar
- 10) Surra (hewan ternak)
- 11) Entamoeba histolytica
- 12) Balantidium coli
- 13) Trypanosoma gambiense
- 14) Toxoplasma gondii
- 15) Plasmodium vivax
- 16) Plasmodium malariae
- 17) Plasmodium falciparum
- 18) Leishmania donovani
- 19) Trypanosoma evansi

## **BAB III. PENUTUP**

---

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan diatas, dapat kita tarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Protozoa yang menyerupai hewan dikenal dengan nama protozoa (protos = pertama, zoon = hewan).
- 2) Sebagian protozoa adalah hewan eukariotik bersel tunggal dan mikroskopis.
- 3) Berdasarkan struktur alat geraknya, filum protozoa dibedakan menjadi empat, yaitu kelas Rhizopoda, kelas Ciliata, kelas Flagellata dan kelas Sporozoa.

---

# NEMATODA

---

## **BAB I. PENDAHULUAN**

---

### **A. Pengertian Nematoda**

Istilah Nematoda berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu nema yang berarti berenang dan ode yang berarti seperti. Nematoda merupakan hewan triploplastik dan pseudoselomata (berongga tubuh semu). Nematoda merupakan mikroorganisme yang digolongkan ke dalam filum dunia hewan. Nematoda termasuk dalam Filum nemata, terdiri atas dua kelas yaitu Secernenta (Phasmodia) dan Adenophorea (Aphasmodia).

Kelas Secernenta terdiri atas tiga subkelas yaitu Rhabditia, Spiruria, dan Diplogasteria. Semua nematoda parasitik tanaman termasuk dalam ordo Thylenchida dan Dorylaimida. Klasifikasi dari nematoda *Meloidogyne* spp. adalah Phylum nematoda, kelas secernenta, ordo tylenchida, subordo tylenchina, dan famili heteroderidae (Tjahjadi, 2005).

Filum Nematoda dahulu dikenal dengan nama Aeschelminthes atau Nemathelminthes, akan tetapi filum tersebut sudah usang dan sekarang menggunakan istilah resmi Nematoda. Dalam Bahasa Indonesia, Nematoda dikenal dengan sebutan cacing gilik, yang berarti kecil dan bulat panjang. Filum ini sangat beraneka ragam dengan habitat yang beragam pula. Saat ini sebanyak 25.000 spesies cacing gilik telah dikenali, dan diperkirakan jumlah spesiesnya (termasuk yang belum dikenali) dapat mencapai 1.000.000 spesies.

Filum ini beranggotakan banyak spesies cacing yang hidup sebagai parasit pada tumbuhan, hewan, maupun manusia. Bahkan, manusia merupakan inang dari sedikitnya 50 spesies cacing ini. Nematoda endoparasit migratory menghabiskan banyak waktunya untuk berpindah atau bermigrasi dari akar tanaman satu ke akar tanaman lain dengan cara merusak pembuluh akar tanaman.

Nematoda ini menyebabkan nekrosis parah pada tanaman yang disebabkan oleh migrasi dan pola makan mereka. Ketika nematode ini memakan makanan, mereka dengan mudah dapat masuk ke jaringan sitoplasma sel tanaman dengan menggunakan stilet mereka, membunuh sel tanaman, dan kemudian berpindah melalui luka yang ditimbulkan. Nematoda ini tidak makan di sel yang tetap. Tipe siklus hidup nematode ini adalah mereka mulai menyerang dari fase juvenile dua dan mulai memakan tanaman.

Nematoda makan dan bereproduksi secara primer di dalam pembuluh tanaman. Semua fase nematode mempunyai kemampuan untuk memakan tanaman dan berpindah ke dalam tanah kemudian memulai mencari akar lain untuk dijadikan inang. Contoh dari nematode yang termasuk dari nematode endoparasit migratory atau nematode parasit berpindah adalah *Pratylenchus* (lesion nematode), *Radopholus* (burrowing nematodes) and *Hirschmanniella* (rice root nematode).

Nematoda Endoparasit sedentary adalah nematoda parasit paling berbahaya di dunia. Dua grup dari nematoda endoparasit sedentary ini adalah Nematoda sista kentang (*Globodera* dan *Heterodera*) dan Nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp). Nematoda ini pada larva instar kedua menginvasi tanaman melalui akar dan bermigrasi melalui pembuluh akar menuju sel vascular perkembangan.

Nematoda completely embedded di dalam akar selama masa perkembangan inisiasi, tetapi kemudian sista nematoda protrude dari akar. Larva stadia dua mengeluarkan sekresi ke dalam dan ke sekeliling sel tanaman untuk menstimulasi formasi sel membesar. Nematoda fase juvenile kedua mensekresikan cairan ke dalam tanaman dan menyelubungi sel tanaman dengan cairan tersebut untuk menstimulasi pembentukan sel yang lebih besar. Tidak semua anggota nematoda berperan sebagai hama tanaman, namun ada juga yang bersifat tidak merugikan tanaman.

Perbedaan pokok antara keduanya terletak pada bentuk dan susunan alat mulut. Alat mulut pada nematoda non parasit berbentuk seperti corong yang terbuka lebar dan tidak memiliki alat penusuk (stylet) seperti halnya pada nematoda parasit. Nematoda parasit kebanyakan hidup dengan memakan bahan-bahan organik (sebagai nematoda saprofag).

## **B. Morfologi dan Anatomi Nematoda**

### **1. Bentuk tubuh nematoda secara umum**

Bentuk tubuh nematoda parasit tanaman adalah silindris memanjang atau vermiform, meruncing pada bagian ujung kepala dan ekor, mikroskopis dengan ukuran sangat kecil (panjang 0.25-3 mm, kebanyakan kurang dari 2 mm dengan lebar tubuh antara 50-250  $\mu$ m). Pada umumnya ukuran tubuh nematoda non parasitik atau saprofag lebih besar dibandingkan nematoda parasit tanaman.

Beberapa spesies nematoda betina mempunyai diameter tubuh yang melebar, menggelembung atau pyriform, seperti buah peer atau jeruk. Di dalam ukuran tubuh yang sangat kecil, nematoda mempunyai sistem fisiologi yang kompleks.

Nematoda mempunyai semua sistem organ utama seperti organisme tingkat tinggi yang lain, yaitu sistem pencernaan, sistem reproduksi, sistem syaraf, kecuali sistem pernafasan dan sirkulasi darah. Pada dasarnya tubuh nematoda terdiri atas 3 tabung, yaitu 1). dinding tubuh dan somatic musculature, 2). Sistem pencernaan, dan 3). Sistem reproduksi. Rongga tubuh nematoda berisi cairan dan beberapa sel kelenjar sekresi dan ekskresi.

Di dalam rongga tubuh tersebut juga terdapat sistem pencernaan dan reproduksi. Secara diagramatis struktur umum tubuh nematoda seperti terlihat pada gambar berikut.

#### a. Kutikula

Dinding tubuh nematoda terdiri atas 3 lapisan yaitu bagian paling luar adalah lapisan kutikula, lapisan hypodermis, dan lapisan somatic musculature. Lapisan kutikula bersifat non-seluler, semipermeable, dan berfungsi sebagai kerangka luar tubuh (eksoskeleton) maupun pelindung terhadap kondisi lingkungan luar yang tidak menguntungkan. Kutikula merupakan salah satu struktur tubuh nematoda yang bersifat kompleks dan bervariasi tidak hanya pada antar genera dan spesies tetapi juga dalam individu satu spesies dalam stadia perkembangan yang berbeda.

Secara umum, kutikula nematoda terdiri atas 4 lapisan yaitu epikutikula, eksokutikula, mesokutikula, dan endokutikula. Secara kimiawi, kandungan kutikula nematoda adalah albumin (kurang lebih 25% dari berat keseluruhan), glycoprotein, fibroid matricin yang kaya akan sulfur, kolagen dan keratin. Struktur kutikula pada tubuh nematoda bervariasi bentuknya.

Ada dua (2) macam bentuk dasar struktur kutikula, yaitu 1). ornamentasi yang berfungsi dalam gerak dan membantu proses adhesi nematoda terhadap substrat yang ada disekelilingnya, dan 2). Sensory organ yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi lingkungan.

Papillae dan setae merupakan organ peraba yang terletak pada bibir, amphids yang bertindak sebagai kemoreseptor terletak di dekat bibir, phasmids atau caudal papillae sebagai kemoreseptor yang terletak pada bagian posterior tubuh nematoda.

Dikenal beberapa tipe ornamen atau gambaran atau disebut juga cuticular marking pada kutikula nematoda yang seringkali dipergunakan untuk identifikasi tingkat genera suatu nematoda, diantaranya:

- 1) Anulasi (transverse striae)
- 2) Garis lateral (longitudinal striae)
- 3) Sayap ekor (longitudinal atau lateral alae)
- 4) Punctation
- 5) caudal alae
- 6) spine, setae dan papillae
- 7) Bentuk ekor (tail shape) atau bagian tubuh yang membentang dariujung posterior sampai anus.

b. Sistem pencernaan

Sistem pencernaan nematoda dibagi menjadi 4 bagian yaitu : 1). Stoma atau rongga mulut (kerongkongan) atau buccal cavity, 2). Esophagus atau faring dan klep esophagus-intestinum atau disebut cardia, 3). Intestinum, 4). klep intestinum-rectum (intestino-rectal valve) dan anus pada jenis betina atau kloaka pada jenis jantan. Bagian anterior sistem pencernaan yang membentang dari stoma sampai klep antara usofagus dan intestinum disebut stomatodeum (stomausofagus) atau foregut atau perut depan. Sedangkan intestinum disebut mesenteron (usus halus), serta usus besar atau rectum atau disebut juga proctodeum. Bentuk stoma atau rongga mulut nematoda bervariasi, menyesuaikan lingkungan tempat nematoda hidup dan sumber makanan yang digunakan.

Dikenal ada 4 tipe stoma pada nematoda, yaitu :

- 1) Tipe silindris dijumpai pada Ordo Rhabditida.
- 2) Tipe subglobular dijumpai pada Ordo Mononchida
- 3) Tipe stomatostilet dijumpai pada Ordo Tylenchida, dan 4). Tipe odontostilet dijumpai pada Ordo Dorylamida. Gambar berikut adalah bentuk-bentuk stoma pada nematoda.

Semua nematoda parasit tanaman mempunyai stilet atau lembing/tombak di dalam mulutnya yang dipergunakan untuk merobek/ menusuk dan mengambil zat makanan pada sel tanaman inang. Melalui stilet, nematoda juga menginjeksikan sekresi ludah ke dalam sel tanaman dan menyedot isi sel tanaman ke dalam saluran pencernaan. Di dalam stilet terdapat saluran yang sangat sempit dengan lebar kurang dari 1  $\mu$ m yang disebut lumen. Lumen stilet tersambung sampai ke lumen usofagus.

Nematoda parasit tanaman termasuk dalam dua kelompok (group) yaitu Ordo Tylenchida dan superfamilia Dorylamoidea dari Ordo Dorylamida. Pada Ordo Tylenchida, stilet tersusun dari sklerotisasi kutikula yang berkembang dari dinding-dinding stoma yang mengalami peleburan, disebut stomatostilet. Biasanya stomatostilet mempunyai basal knob.

Bentuk dan ukuran knob stilet bervariasi antar genera dan spesies nematoda. Pada *Aphelenchus*, basal knob tidak ada dan pada *Aphelenchoides* mempunyai knob stilet tetapi sangat lemah. Sedangkan pada *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, dan *Pratylenchus*, dijumpai knob stilet dengan ukuran besar dan jelas.

Pada superfamilia Dorylaimoidea, stilet merupakan modifikasi dari odontia (gigi yang membesar) yang disebut odontostilet. Gambar berikut adalah stomatoylet pada Tylenchida (A) dan odontostilet pada superfamilia Dorylaimoidea (B). Usufagus atau farink nematoda menyerupai tabung berotot yang terbentang dari stoma atau dasar stylet sampai cardia.

Berdasarkan bentuk dan lokasi bulbus, usufagus nematoda dibedakan : 1). Satu bagian silindris, seperti terdapat pada Mononchidae disebut tipe Mononchoid, 2). Dua bagian silindris, seperti terdapat pada Dorylaimoidea (*Xiphinema*, *Dorylaimus*, dan *Trichodorus*) disebut tipe Dorylaimoid dan 3). Tiga bagian silindris usufagus seperti terdapat pada Tylenchida dengan klep usufagus terdapat pada basal bulbus sehingga disebut tipe tylenchoid dan tipe Rhabditoid dengan klep usufagus terdapat pada median bulbus.

#### c. Sistem syaraf

Sistem syaraf nematoda terpusat pada cincin syaraf (nerve ring atau circumesophageal commissure) yang terletak melingkar pada usufagus nematoda yaitu pada isthmus untuk Ordo Tylenchida atau pada bagian anterior usufagus yang menyempit untuk Ordo Dorylaimida. Dari cincin syaraf ke arah anterior dihubungkan dengan 6 kelenjar syaraf ke bagian amphid dan setae/ papillae, sedangkan ke arah posterior dihubungkan dengan phasmid dan organ reproduksi.

#### d. Sistem reproduksi

Sesuai dengan perannya, nematoda jantan dan betina dapat dibedakan dengan melihat karakter seksual pada masing-masing jenis tersebut. Nematoda jantan dicirikan dengan adanya struktur organ copulasi seperti spikula, gubernaculum, sayap (bursa) ekor (caudal alae), genital papillae pada bagian

posterior tubuh dekat daerah anal. Sedangkan nematoda jantan dicirikan dengan adanya vagina dan vulva yang terletak di tengah atau pada bagian posterior tubuh.

Morfologi organ reproduksi pada nematoda jantan dan betina secara umum hampir sama, yaitu terdiri atas 1 atau 2 tabung. Organ reproduksi jantan disebut testis atau orchic yang terdiri atas : testis, seminal vesicle, vas deferens, dan bermuara pada kloaka. Nematoda jantan yang mempunyai 1 testis disebut monorchic dan yang mempunyai 2 testis disebut diorchic.

Testis memproduksi spermatogonia yang selanjutnya disimpan dalam seminal vesikel sampai saatnya dikeluarkan melalui spikula pada waktu kopulasi dengan nematoda betina pada nematoda jantan. Pada kebanyakan nematoda jantan dijumpai spikula yang dilengkapi gubernaculum yang terbentuk karena sklerotisasi dinding dorsal lubang spikula. Organ tersebut berfungsi untuk membantu proses kopulasi.

Organ reproduksi nematoda betina adalah ovarium atau delphic. Nematoda betina yang mempunyai satu ovarium disebut monodelphic, sedangkan yang mempunyai 2 ovarium disebut didelphic. Dikenal beberapa tipe sistem reproduksi nematoda betina, diantaranya : 1), monodelphic prodelphic yaitu 1 ovarium mengarah ke anterior, 2).

Monodelphic episthodelphic yaitu 1 ovarium mengarah ke bagian posterior tubuh nematoda, 3). Didelphic amphidelphic yaitu 2 ovarium, satu mengarah ke bagian anterior dan yang lain mengarah ke bagian posterior, dan 4). Didelphic prodelphic, 2 ovarium keduanya mengarah ke bagian anterior, contoh seperti terdapat pada nematoda betina genus *Meloidogyne*.

## C. Klasifikasi Nematoda Tumbuhan

### 1. Meloidogyne

Meloidogyne atau dikenal dengan nama umum "nematoda puru akar" merupakan nematoda parasit tumbuhan terpenting yang tersebar luas pada tanaman pertanian diseluruh dunia. Dinamakan nematoda puru akar karena tanda serangan yang ditimbulkan pada akar tanaman inang sangat spesifik yaitu terbentuknya puru atau gall pada sistem perakaran.

Ciri-ciri khas yang dipunyai oleh Genus Meloidogyne adalah tubuh nematoda betina menggelembung seperti buah peer atau jeruk dengan bagian anterior memanjang. Termasuk nematoda endoparasit sedentari, menetap di dalam jaringan tanaman inang. Tubuh nematoda betina lunak dan berwarna putih. Usufagus berkembang baik dilengkapi dengan metacarpus membesar dan dilengkapi dengan klep usofagus, isthmus pendek, dan basal buibus dengan posisi saling tindih dengan intestinum.

Anulasi kutikula jelas, ekor tidak ada, anus dan vulva terletak di daerah terminal. Telur diletakkan secara berkelompok yang dibungkus dengan matriks gelatin. Nematoda jantan berbentuk vermiform dan hidup berpindah (migratori), ekor tumpul dan melengkung, tanpa caudal alae, dengan 1 atau 2 testes.

Spesies-spesies Meloidogyne tersebar luas pada tanaman pertanian di seluruh dunia. Spesies yang banyak ditemukan di daerah tropis adalah *M. incognita*, *M. javanica*, dan *M. arenaria*. Ketiga spesies tersebut merupakan hama yang serius terutama pada tanaman tomat, terong, mentimun, tembakau dan semangka.

Kehilangan hasil yang ditimbulkan akibat serangan nematoda puru akar bervariasi dengan kisaran sebesar 26,5-73,3% pada

tomat, 31,4-61,9t% pada tanaman okra, sebesar 30-60% pada tanaman terong, dan mencapai 50 % pada tanaman semangka.

Perkembangan dan siklus hidup nematoda *Meloidogyne* spp. sebagian besar dilalui didalam jaringan akar tanaman inang. Dimulai dari telur yang diletakkan secara berkelompok dalam kantung telur. Setiap nematoda betina mampu menghasilkan telur rata-rata 400-500 butir. Embrio dan larva stadia ke-1 terjadi di dalam telur dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang sangat kering. Setelah menetas, larva stadia ke-2 menjadi infeksiif untuk melakukan penetrasi ke dalam jaringan akar tanaman inang, terutama pada daerah meristem di belakang ujung akar, masuk menuju endodermis, dengan posisi kepala di dekat jaringan pengangkutan. Selanjutnya terjadi proses hipertrofi dan hiperplasel sel yang ada disekitarnya.

Panjang siklus hidup nematoda puru akar sangat dipengaruhi oleh suhu di sekitarnya. Suhu optimum untuk perkembangan nematoda puru akar 25-30°C, pada suhu diatas 40 °C atau di bawah 5 °C nematoda menjadi kurang aktif. Satu siklus hidup *M. incognita* berlangsung 21 -25 hari pada suhu 26-27 °C, sedangkan pada suhu 14-16 °C menjadi lebih panjang yaitu sekitar 50-60 hari. Di alam, penetasan larva stadia ke-2 dari telur dipengaruhi oleh 2 faktor utama yaitu kelembaban tanah dan suhu di dalam tanah.

## 2. Radopholus

*Radopholus* termasuk salah satu nematoda endoparasit migratory yang mempunyai kisaran inang cukup luas, diantaranya tebu, jagung, padi, bawang, berbagai varietas mentimun, ketela rambat, wortel, jahe, kopi, dan pisang. Nematoda ini dikenal dengan sebutan "burrowing nematoda" atau nematoda pembuat rongga, dan banyak dijumpai di daerah tropis dan sub tropis.

Sebagai nematoda parasitik penting, nematoda *Radopholus* menempati urutan kedua setelah nematoda puru akar. *Radopholus* juga dikenal sebagai penyebab citrus decline di Florida dan penyakit kuning pada lada di Indonesia, serta penyebab penyakit black head pada tanaman pisang di Amerika Tengah dan Amerika Latin.

Morfologi nematoda jantan dan betina berbentuk memanjang (vermin-form). Pada nematoda betina, bagian bibir membulat (rounded), dicirikan dengan adanya striasi sebanyak 3 buah, dan adanya lekukan (set off). Anulasi pada kutikula jelas, pada daerah lateral terdapat 4 incisures. Ekor conoid sampai tumpul dengan bagian ujung membulat. Stilet kuat dengan basal knob yang berkembang baik. Median bulbus usofagus subsperical, isthmus kurang lebih panjangnya sama dengan lebar tubuh.

### 3. *Pratylenchus*

Nematoda *Pratylenchus* atau dikenal dengan nama umum "root lesion nematoda" atau nematoda pembuat luka akar termasuk nematoda endoparasit migratori. Hidup dan melakukan migrasi di dalam jaringan akar sehingga mengakibatkan kerusakan yang ekstensif pada jaringan korteks, sekaligus sebagai tempat untuk predeposisi infeksi pathogen tanah dari golongan jamur. Kisaran inang *Pratylenchus* cukup luas, meliputi tanaman sayuran, jagung, pisang, dan kopi. Kehilangan hasil yang diakibatkan oleh serangan nematoda *P. coffeae* pada tanaman pisang dapat mencapai 625.

Ukuran tubuh nematoda *Pratylenchus* relative kecil, berkisar antara 300-900 mikron panjangnya (dengan rata-rata 500 mikron). Kepala relatif datar, dan ekor meruncing dengan ujung membulat. Pada daerah bibir terdapat 2,3 atau 4 anulasi tergantung spesiesnya (banyaknya anulasi pada bibir seringkali dipergunakan untuk identifikasi spesies pada genus *Pratylenchus*). Stilet

pendek, berukuran panjang 11-22 mikron, dengan basal knob yang jelas dan kuat. Median usofagus spheroid, dan berkembang balk. Basal bulbus menjorok ke arah intestinum, biasanya pada posisi latero-ventral.

Pada intestinum terdapat sejumlah butiran (granule) berwarna gelap. Vulva pada nematoda betina terletak pada posisi 65-90% ke arah posterior, dengan satu ovarium memanjang ke arah depan, sedangkan ovarium di bagian posterior mengalami reduksi atau rudimenter. Nematoda jantan mempunyai bursa ekor sampai ujung ekor.

Nematoda jantan hanya ditemukan separo dari jumlah spesies yang ada. Genus *Pratylenchus* terdiri atas lebih dari 70 spesies, dengan spesies-spesies yang mempunyai arti ekonomi penting sebagai nematoda parasit tumbuhan adalah *P. coffeae*, *p. indicus*, *P. zaeae*, *P. penetrans*, dan *P. brachyurus*. Di lahan pertanian, tanaman yang terserang nematoda *Pratylenchus* menunjukkan gejala tanaman terlihat kurang baik pertumbuhannya, klorosis, tanaman kerdil, atau layu lebih awal.

Pada jaringan akar yang terserang menunjukkan gejala nekrosis yang berwarna merah kecoklatan sampai kehitaman yang berupa spot-spot atau memanjang disepanjang jaringan yang dilalui untuk mendapatkan makanan dan migrasi oleh nematoda tersebut. Gejala kerusakan akar semakin parah dan kompleks jika terjadi assosiasi dengan pinfeksi pathogen dari golongan jamur. Siklus hidup *Pratylenchus* bervariasi antara 30-75 hari yang sangat dipengaruhi oleh tanaman inang dan kondisilingkungannya. Tipe reproduksi biseksual. Telur diletakkan secara tunggal di dalam jaringan akaratau di dalam tanah di dekat perakaran tanaman inang.. Masa telur berlangsung 2-3 minggu, moulting pertama terjadi di dalam telur, dan larva stadia ke-2 yang menetas di dalam tanah akan langsung menetrasi ke dalam jaringan akar yang ada disekitarnya. Bagian akar yang diserang oleh nematoda ini

adalah bagian korteks, tetapi kadang-kadang juga mentrasi dan merusak jaringan pengangkutan akar pada beberapa tanaman inang.

#### 4. Globodera

Globodera atau dikenal dengan nematoda pembentuk sista merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kentang. Dikenal ada 2 spesies yang menyerang tanaman kentang yaitu *Globodera rostochiensis* dan *G. pallida*. Selain kentang, nematoda ini juga dapat menyerang tanaman yang termasuk anggota Familia Solanaceae, diantaranya terong, tomat, tembakau dan gulma yang meyerang pada pertanaman solanaceaus. Serangan nematoda *Globodera* pada pertanaman kentang secara intensif dapat mengakibatkan penurunan hasil sampai 80% (Luc et al., 1990). Di Indonesia, nematoda pembentuk sista kuning (*G. rostochiensis*) termasuk hama baru yang diketahui keberadaannya sejak akhir Maret 2003 pada pertanaman kentang di daerah Sumberbrantas, Batu, Malang, Jawa Timur. Kerugian yang ditimbulkan akibat serangan nematoda tersebut menurunkan produksi kentang sampai 70 % (Daryanto, 2003).

Gejala/tanda serangan yang nampak pada tanaman kentang terserang nematoda pembentuk sista adalah pertumbuhan tanaman terhambat, daun menguning, dan pada kondisi kering daun mudah layu. Pada sistem perakaran tanaman apabila dicabut akan menampilkan adanya siste yang menempel pada perakaran berwarna kuning keemasan sampai coklat kehitaman untuk nematoda *G. rostochiensis* atau siste yang berwarna putih kekuningan pada serangan *G. pallida*.

Sistem terbentuk karena nematoda betina mati dan untuk melindungi telur-telur yang ada di dalam tubuhnya yang berjumlah sikitar 400 500 butir per induk. Biologi nematoda pembentuk sista, telur di dalam siste dapat bertahan di tanah

dalam waktu yang sangat panjang. Larva stadia menetas karena adanya stimulasi dari eksudat akar tanaman inang.

Larva menjadi aktif pada suhu 10°C dan maksimum untuk melakukan invasi ke akar tanaman inang terjadi pada suhu 16 °C. Di dalam jaringan akar tanaman inang, larva tumbuh dan ukuran tubuhnya membesar sehingga mengakibatkan robeknya dinding akar dan sebagian tubuhnya pada bagian posterior menonjol diluar permukaan akar. Nematoda betina yang telah dibuahi nematoda jantan bentuknya menggelembung seperti bola. Secara umum satu siklus hidupnya terjadi dalam satu musim tana.

## 5. *Helicotylenchus*

Tubuh nematoda *Helicotylenchus* pada umumnya seperti spiral sehingga seringkali disebut 'spiral nematoda'. Daerah bibir tidak "set off" atau tidak ada lekukan antara bagian kepala dengan tubuhnya. Anulasi pada tubuhnya kasar sampai pada bagian melengkung ekornya. Daerah labial mengalami sklerotisasi yang kuat. Panjang stilet 20 mikron dengan basal knob yang berkembang kuat.

Diketahui terdapat kurang lebih terdapat 53 spesies, *Helicotylenchus dihystra*, *H. indicus* dan *H. multicinctus* merupakan spesies-spesies yang banyak ditemukan pada tanaman pertanian. *H. dihystra* merupakan nematoda yang bersifat polyfagus yang menyerang tanaman tebu, kentang, pisang, padi, lombok, teh, jagung, gandum, sorgum, dan kacang-kacangan. Spesies ini termasuk nematoda ekto atau semi-endoparasit.

Reproduksi terjadi secara parthenogenesis. Larva yang menetas dari telur adalah larva stadia ke-3 yang dapat diketahui dari tingkat perkembangan system reproduksi. Stadia larva dan dewasa melakukan proses makan secara semi-endoparasitik yang mengakibatkan terjadinya luka yang berwarna kecoklatan

disekitar feeding site-nya. Perilaku makan pada korteks akar menyebabkan distorsi dan kematian sel, serta mengelupasnya bagian epidermis akar. Satu siklus hidup nematoda *Helicotylenchus* berlangsung 30-35 hari.

#### 6. *Criconema* dan anggota familia *Criconematidae*

Terdapat 4 genera anggota *Criconematidae* yang dikenal sebagai parasit tumbuhan, yaitu Genus *Criconema*, *Criconemoides*, *Hemycycliophora*, dan *Hemicriconemoides*. Morfologi tubuh ke-4 genera nematoda tersebut sangat spesifik yaitu dengan ukuran panjang yang relatif pendek dan adanya anulasi yang sangat kasar seperti membentuk segmentasi pada tubuhnya. Pada umumnya hidup sebagai ektoparasit migratori. Nematoda *Criconemoides* spp. mempunyai bentuk tubuh pendek, dengan ukuran panjang kurang lebih 0.5mm. Kutikula kasar, bentuknya seperti duri, dengan jumlah berkisar 40-160 pada sepanjang tubuhnya. Stilet relatif sangat panjang, dengan bagian anterior kurang lebih 3 kali panjang shaftnya, basal knob konkav ke arah anterior dan seringkali nampak melengkung.

Median usofagus sangat besardan menyatu dengan prokarpus, isthmus pendek dan menyempit, basal bulbul mengecil dengan sedikit memgelembung. Vulva dengan kedudukan kurang lebih 90% ke arah posterior dari pajang tubuhnya. Ovarium tunggal, prodelphic. Jantan jarang ditemukan, hanya diketahui ada pada beberapa spesies saja.

Bentuk tubuh nematoda *Criconema* hampir sama dengan *Criconemoides*, kecuali pada anulasi tubuhnya. Anulasi menyerupai bentuk cincin yang terlihat seperti tersusun melingkar di sepanjang tubuhnya, jumlah antara 45-100 anulasi. Bagian kepala datar dan ujung ekornya konoid. Panjang stilet 50-122 mikron. Vulva terletak pada bagian posterior. Siklus hidup dan sifat parasitasi nematoda tersebut tidak banyak diketahui.

Beberapa spesies anggota genus *Hemicycliophora* diketahui sebagai nematoda parasit tanaman. Berbeda dengan ke-2 genera sebelumnya, nematoda *Hemicycliophora* mempunyai 2 lapisan kutikula. Ukuran tubuhnya relative panjang, dengan kisaran 0.4-2 mm. Vulva membuka pada kedua lapisan kutikula. Jumlah anulasi tubuhnya relative panjang 200-700, tanpa duri atau cincin, relatif lebih halus dibandingkan kedua genera terdahulu. Kepala datar, tidak off set. Stilet relatif panjang. Ovarium prodelphik dan outstretched, spermateka kadang-kadang ada. Ekor bervariasi panjangnya, meruncing atau melengkung. Jenis antan jarang ditemukan. Hidup sebagai ektoparasit migratory terutama pada daerah ujung akar.

## 7. Tylenchulus

Salah satu spesies nematoda *Tylenchulus* yang mempunyai peran penting sebagai parasit tumbuhan adalah *Tylenchulus semipenetrans* yang dikenal dengan nama umum citrus nematoda atau nematoda pada jeruk. *Tylenchulus* dikenal sebagai penyebab penyakit degenerasi pada tanaman jeruk (slow decline). Tanaman jeruk yang terserang *T. semipenetrans* menjadi terhambat pertumbuhannya, daun mengecil dan berwarna kekuningan, buah yang dihasilkan kecil ukurannya dan jumlahnya sedikit. Pada kondisi lingkungan yang kurang baik, daun mudah rontok dan pembentukan buah terhambat. Gejala tanaman terserang menunjukkan kenampakan akar yang nekrotik, akar lateral menjadi pendek, dengan permukaan yang tidak rata, serta rambutrambut akar berkurang. Morfologi nematoda *Tylenchulus* dicirikan dengan bentuk tubuh nematoda betina menggelembung, panjang mencapai 0,5 mm, hanya mempunyai 1 ovarium, vulva sangat spesifik dengan kedudukan pada posisi 90% ke arah posterior. Ekornya sangat karakteristik.

## **BAB II. PEMBAHASAN**

---

### **A. Sistem Fisiologi Nematoda**

#### **1. Reproduksi**

Dalam filum nematoda reproduksi selalu dilakukan secara seksual. Umumnya dioecious, dan jantan ditandai dengan ekor berbentuk kait, berukuran lebih kecil dari betina. Alat reproduksi jantan terdiri atas testis, rongga vesika, seminalis, dan sebuah lubang kelamin. Alat reproduksi betina terdiri atas ovarium, receptacolum seminalis, uterus, vagina, pulpa.

Telur yang telah dibuahi akan menetas  $\pm$  8 hari dan menjadi larva yang besarnya 0,2 mm kemudian menjadi dewasa setelah 4 minggu. Pembuahan terjadi di dalam uterus, telur yang telah dibuahi mendapat cangkang yang tebal dan keras. Permukaan cangkang dihiasi ukiran yang spesifik untuk masing-masing spesies, hingga bentuk telur dipakai untuk identifikasi infeksi parasit dari pengamatan tinja penderita.

Sistem reproduksi cacing betina terdiri dari satu atau dua gulungan tubulus yang menyatu membentuk suatu vagina yang bermuara keluar melewati vulva. Vulva biasanya terletak di bagian anterior tubuh. Ujung distal tubulus tersebut di atas membentuk ovarium, bagian-bagian selanjutnya adalah oviduk, dan sisanya adalah uterus. Bagian anterior yang berkelenjar dari uterus mempunyai aktifitas metabolik dan sintetik yang tinggi. Lipida cenderung melimpah pada organ reproduksi baik pada yang jantan maupun betina.

Bentuk telur pada nematoda sangat bervariasi. Kulit telur terdiri dari tiga lapis pokok. Paling luar atau lapisan vitelina adalah submikroskopik dan kemungkinan berasal dari oolema. Lapisan tersebut diselubungi oleh lapisan uterina. Berikutnya adalah

lapisan kitinosa merupakan lapisan yang paling jelas dan mengandung berbagai macam jumlah kitin. Paling dalam adalah lapisan lipida yang dibentuk paling akhir, dan diduga bertanggung jawab terhadap impermeabilitas kulit telur. Protein pada kulit telur mengandung kira-kira 35% prolina. Pembelahan telur-telur Nematoda yaitu melalui perkembangan embrio melalui beberapa stadia yaitu :

- a. Stadium morula, yang berbentuk ellipsoid.
- b. Stadium blastula.
- c. Stadium gastrula, dengan cara invaginasi terbentuk stomodaeum, dan embrio memanjang.
- d. Stadium cacing muda yang berubah menjadi dewasa.

Cacing jantan mempunyai organ reproduksi yang juga merupakan modifikasi dari gulungan tabung yang panjang. Cacing nematoda biasanya hanya mempunyai satu testis, yang berada di ujung distal tabung yang melanjutkan sebagai vas deferens dan bersatu dengan ujung bawah usus pada kloaka. Sebelum persatuan itu, vasdeferens melebar membentuk vesikula seminalis sebagai kantung penyimpanan sperma.

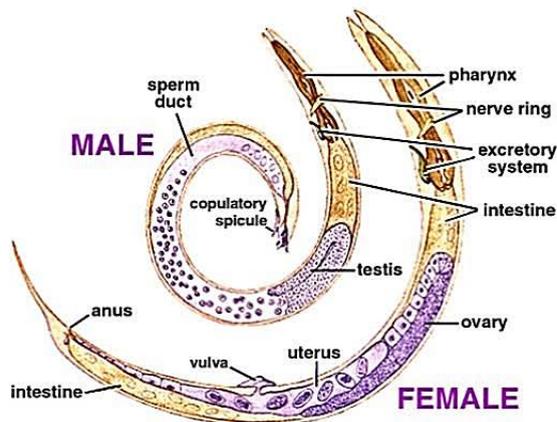
## 2. Sistem Pencernaan Makanan

Kebanyakan nematoda yang hidup bebas karnivor dan memakan metazoa kecil, termasuk jenis nematoda yang lain. Spesies lain baik laut maupun air tawar adalah phytophagus, memakan diatom, ganggang dan jamur. Spesies terestrial merupakan hama tanaman komersial. Ada pula spesies laut, air tawar dan terestrial “deposit feeder”, memakan lumpur dan memanfaatkan bakteri dan bahan organik yang terkandung dalam lumpur.

Beberapa spesies memakan sampah organik seperti kotoran hewan, bangkai dan tanaman busuk. Nematoda yang bersifat parasit, memperoleh makan dari hospesnya. Cara-cara memperoleh makanan ini antara lain:

- a) Dengan menghisap darah, contoh : *Ancylostoma*.
- b) Dengan merusak jaringan hospes, contoh : *Trichuris*.
- c) Dengan memakan atau menghisap sari-sari makanan dalam intestinum hospes, contoh : *Ascaris*.
- d) Dengan mengabsorpsi sari-sari makanan dari cairan tubuh hospes, contoh : *Filaria*.

Makanan masuk melalui mulut à pharynx à esopagus à usus halus à rektum pendek anus. Saluran pencernaan nematoda berupa tabung sederhana terdiri dari sel-sel yang tersusun dalam lapisan tunggal. Mulut menuju ke kapsul bukalis (tidak selalu ada), kemudian ke esofagus yang berotot yang selanjutnya ke usus.



Gambar 88. Reproduksi nematoda (Sumber : <https://www.sridianti.com/cara-reproduksi-nematoda.html>)

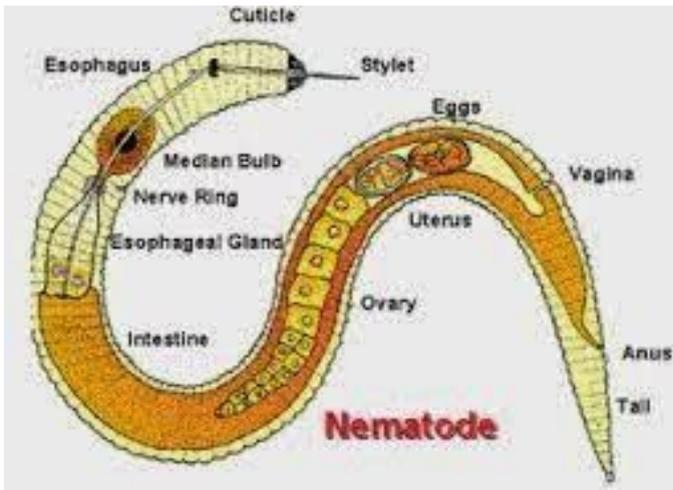
Tonjolan-tonjolan kecil dinamakan mikrovili melapisi permukaan dalam usus telah ditemukan pada beberapa spesies. Anus terdapat hampir diujung posterior cacing, dan sebuah pelebaran yang dinamakan rektum terletak tepat di anterior anus. Sel-sel usus biasanya kaya akan mitokondria, kompleks golgi, ribosom, glikogen, protein, lipida, dan retikulum endoplasmik. Sel-sel kelenjar di daerah mulut dan anus berfungsi mensintesis protein dan mukopolisakarida, dan hasilnya dikeluarkan ke dalam saluran pencernaan atau langsung keluar tubuh.

### 3. Sistem Syaraf

Lingkar cincin syaraf mengelilingi oesophagus merupakan otak, dan berhubungan dengan enam benang syaraf anterior yang pendek dan enam benang syaraf posterior. Alat indera pada nematoda adalah papila, setae dan amphid. Setae terdapat di kepala dan seluruh permukaan tubuh. Amphid di jumpai pada nematoda yang hidup bebas, terutama spesies laut. Amphid ialah lubang kutikula yang buntu dan bercilia, berfungsi sebagai chemoreceptor. Bentuk dari amphid bermacam-macam karena itu di gunakan untuk identifikasi. Banyak nematoda yang mempunyai phasmid pada bagian ekornya, yaitu sepasang kelenjar uniseluler yang bermuara di kedua sisi lateral tubuh cacing, berfungsi sebagai chemoreceptor. Beberapa spesies laut dan air tawar mempunyai bintik mata

### 4. Alat Ekskresi

Alat ekskresi nematoda bukan protonephridia, melainkan suatu sistem sel kelenjar, dengan atau tanpa saluran yang terletak pada anterior. Pseudocoelom terisi hemolimpha yang mengandung berbagai substansi yang terlarut didalamnya, mungkin juga hasil-hasil excreci. Hasil axcreci itu antara lain nitrogen sebagai ammonia, asam urat, ureum, yang akan dikeluarkan dari tubuh melalui porus excretorius.



Gambar 89. Organ Ekskresi Pada Nematode

(Sumber : <http://genggaminternet.com/pengertian-nematoda-ciri-ciri-klasifikasi-reproduksi-dan-peranannya/>)

Pada spesies laut biasanya terdapat satu atau dua sel kelenjar yang besar, tanpa saluran, terletak dekat pharinx dan mempunyai sebuah lubang ekskresi, disebut kelenjar renette. Jenis lain mempunyai sistem kelenjar dengan saluran, seperti bentuk huruf H.

## 5. Sistem Pernapasan

Nematoda tidak mempunyai organ pernapasan yang spesial. Respirasi dilakukan secara anaerob. Energi diperoleh dengan cara mengubah glikogen menjadi CO<sub>2</sub> dan asam lemak yang di ekskresikan melalui kutikula. Haemoglobin terjadi pada cairan perivisceral beberapa parasitik nematoda. Ini terbentuk dengan terang oleh organisme, selama ini berbeda dari haemoglobin tuan rumah, dan haemoglobin dari sifat yang berbeda kadang-kadang terjadi pada dinding tubuh dan cairan periviscera.

## 6. Sistem Otot

Nematoda mempunyai dua macam otot :

- a. Somatik (yang tidak mengkhusus) yang terdiri dari satu lapis langsung di bawah hipodermis.
- b. Khusus, yang memiliki berbagai fungsi, tergantung pada lokasinya, sebagai contoh otot spikuler berguna untuk mengeluarkan spikulum pada yang jantan.

Otot-otot dinding tubuh terletak longitudinal dan bertanggung jawab untuk melakukan gerakan cacing seperti ular. Zona yang banyak berserabut pada setiap ujung serabut otot melekat pada hipodermis, sedangkan ujung lain yang kurang berserabut dari sel otot itu dihubungkan dengan batang-batang syaraf dorsal maupun ventral, yang akan memberi stimulasi motor kepada otot-otot tersebut. Bagian yang non kontraktile dari otot somatik bertindak sebagai penyimpan glikogen. Diantara lapisan otot dan saluran pencernaan terdapat rongga tubuh yang dikenal sebagai pseudoselom, yang berfungsi sebagai kerangka hidrostatis.

## 7. Sistem Gerak

Gerak pada Nematoda disebabkan oleh adanya otot-otot yang terdapat pada dinding tubuh. Otot-otot itu terletak diantara tali epidermal, dan membujur sepanjang tubuh. Otot-otot itu terbagi menjadi empat kuadran, dua kuadran terletak pada sisi dorsal, dan yang lain pada sisi ventral. Kontraksi dan relaksasi dari otot-otot menyebabkan tubuh cacing memendek dan memanjang. Koordinasi gerak dari keempat kuadran otot menyebabkan cacing bergerak dengan cara meliuk-liuk.

## **B. Peranan Nematoda Pada Tumbuhan**

Banyak pula spesies Nematoda yang menjadi parasit pada tumbuhan, contohnya *Globodera rostochiensis* yang menjadi parasit pada tanaman kentang dan tomat, dan sebagai vektor virus pada beberapa tanaman pertanian. Namun ada pula Nematoda yang menjadi predator hama seperti ulat tanah. *Caenorhabditis elegans* merupakan Nematoda yang hidup bebas di tanah, telah lama digunakan sebagai organisme model untuk penelitian mengenai perkembangan hewan, termasuk perkembangan saraf, karena mudah dikembangbiakkan dan mudah dianalisis struktur genetiknya.

NASA bahkan menggunakan *Caenorhabditis elegans* untuk meneliti dampak gravitasi nol pada perkembangan otot dan fisiologinya dengan mengirim sampel cacing tersebut ke luar angkasa selama dua minggu. Nematoda *Caenorhabditis elegans* adalah salah satu spesies hidup yang sebagian besar telah dipelajari dengan baik dan telah menjabat sebagai model organisme biologis untuk studi genetik dan perkembangan. Itu adalah organisme multiseluler pertama dengan urutan DNA yang lengkap diperoleh.

Nematoda parasit tanaman dapat ditemukan di dalam tanah pertanian mulai dari sebelum ditanami, di sekitar dan di perakaran tanaman, di dalam umbi, batang, daun, ataupun biji. Terdapat lebih dari 2000 spesies nematoda parasit tanaman yang diketahui dapat mengakibatkan kerusakan tanaman dan kehilangan hasil akibat dari cara makan nematoda tersebut ataupun adanya asosiasi dengan organisme penyebab penyakit (pathogen), yang berupa bakteri, jamur, serta virus.

Dalam ekosistem pertanian, nematoda parasit tumbuhan menjadi penting artinya karena dapat menurunkan produksi tanaman secara nyata. Hal ini karena nematoda parasit tumbuhan sebagai parasit, juga bertindak sebagai patogen.

Nematoda juga dapat berperan sebagai incitan atau predeposisi dan aggravor bagi patogen tanaman yang sifatnya soil borne. Beberapa jenis nematoda parasit tumbuhan juga dapat berperan sebagai vector virus penyebab penyakit tanaman, diantaranya adalah Xiphinema, Longidorus dan Trichodorus.

Nematoda puru akar merupakan salah satu jenis nematoda parasit tumbuhan yang tersebar luas di dunia dan bersifat sangat merusak, mengakibatkan kehilangan hasil di daerah tropis rata-rata per tahun mencapai 29% pada tomat, 15% pada lada, 23 % pada terong, dan sampai 26% pada kobis.

### **C. Peran Nematoda Dalam Biologis Tanah**

#### **1. Peran nematoda dalam tanah**

Microfauna tanah, meskipun biasanya terdiri dari konsumen, tampaknya memiliki pengaruh yang sangat besar pada proses penguraian bahan organik: Kurcheva (1960, 1967) telah menunjukkan bahwa keberadaan fauna meningkat dari 2 hingga 5 kali hilangnya sampah. Diketahui bahwa, di hampir tahun 11, semua serasah sayuran dapat dimakan sepenuhnya oleh fauna sebelum bagian yang tidak berasimilasi dipastikan oleh mineral mikro, yang memanfaatkan secara keseluruhan sekitar 80% dari kandungan energi awal (Mac Fadyen, 1961).

Fragmentasi puing sayuran yang dipengaruhi oleh fauna meningkatkan luas permukaan yang terkena serangan; selain itu, unsur-unsur nabati yang ada dalam kotoran hewan secara kimia lebih terdegradasi dan lebih kaya enzim (Bachelier, 1973); semua ini membuat aktivitas mikroflora selanjutnya lebih mudah.

Akhirnya fauna dapat memiliki pengaruh tidak langsung pada proses pembusukan, karena hubungan yang beberapa komponennya dapat bangun dengan organisme pembusuk.

Nematoda di antara microfauna menempati tempat penting karena banyaknya individu dan spesies. Spesies nematoda tanah yang dikenal sejauh ini adalah sekitar 2000, tetapi Filipjev dan Stekhoven (1941) menghitung jumlahnya sekitar 5.000. Jumlah individu per m<sup>2</sup> sangat tinggi: beberapa penulis melaporkan jumlahnya sebagai 30.000 000 (Volz, 1951; Vasileva, 1972) dan 19-20 000 000 (Nielsen, 1949). Sebagian besar penulis setuju bahwa beberapa juta per m<sup>2</sup> adalah angka yang sangat sering.

Sejumlah besar spesies dan individu, yang di antara microfauna menempati urutan kedua setelah Protozoa, menunjukkan bahwa hewan-hewan ini harus memiliki fungsi penting dalam ekonomi tanah. Banyaknya individu dan proliferasi spesies nematoda tertentu di hadapan materi yang membusuk membuat para peneliti pertama percaya bahwa nematoda dapat memakan puing-puing organik dan oleh karena itu mereka, seperti cacing tanah, berperan langsung dalam proses dekomposisi; bahkan dalam makalah baru-baru ini, nematoda gratis sering dianggap sebagai saprofit. Pada kenyataannya, nematoda seperti itu memakan bakteri yang berlimpah dalam pembusukan bahan organik dan bukan pada bahan organik itu sendiri.

Sampah organik yang akhirnya ditemukan di usus mereka secara kuantitas tidak cukup untuk mempertahankan kehidupan pada hewan dengan metabolisme yang sangat tinggi. Lebih lanjut, Nielsen (1949) dengan jelas menunjukkan bahwa nematoda memakan bakteri dan bukan pada zat yang diproduksi oleh mereka dan bahwa secara umum a nematoda memakan sel hidup. Karenanya nematoda termasuk dalam tingkat trofik konsumen.

Karena itu, kepentingan ekologis mereka pada dasarnya terikat pada hubungan trofik yang dibangun oleh hewan-hewan ini dengan produsen utama (pengumpan tanaman dan pengumpan alga), dengan pengurai (pengumpan bakteri dan pengumpan jamur) dan dengan konsumen lain (pemangsa). Catatan pertama tentang pengurangan nematoda berasal dari abad yang lalu, tetapi hanya dalam beberapa dekade terakhir memungkinkan untuk membentuk ide, jika bukan pengetahuan yang tepat, tentang kebiasaan makan mereka.

## 2. Diet nematoda tanah

Makanan yang dicerna oleh nematoda seringkali sulit diidentifikasi. Beberapa metode telah digunakan: pemeriksaan isi usus, pengamatan langsung hewan saat makan, kultur nematoda pada organisme yang diketahui, kesimpulan berdasarkan struktur rongga bukal dan kerongkongan, atau pada analogi dengan spesies yang berkaitan erat.

Selain itu, sejumlah pengamatan telah dilakukan untuk memverifikasi mekanisme pemberian makan pada berbagai spesies. Untuk memelihara diri mereka sendiri, nematoda harus menyelesaikan masalah mengambil makanan dalam media cair dan mengatasi tekanan kerangka hidrostatis untuk menelannya.

Keduanya diselesaikan dengan menggunakan pompa otot faring yang digunakan untuk pengisapan partikel di suspensi atau membuat bibir melekat pada makanan sementara elemen-elemen bukal matang menemukannya: makanan kemudian didorong ke dalam usus oleh pompa yang sama, mengatasi tekanan cairan internal. Makanan yang dicerna tampaknya hanya protoplasma tetapi bahan organik atau puing-puing yang akhirnya tertelan tidak membentuk bagian dari diet nematoda (Nielsen, 1967).

Nielsen (1949) membagi nematoda menjadi tiga kategori ekologis, menurut makanan yang ditelan. Kategori pertama terdiri dari spesies yang memiliki stylet bukal yang memakan makanan cair, yaitu pada isi sel dan pada jus yang diperoleh dengan cara menusuk sel telepon dari akar tanaman.

Kategori kedua terdiri dari spesies yang memakan makanan partikulat, kebanyakan bakteri dan ganggang kecil; untuk kategori ini termasuk hampir semua nematodes tanpa buccal stylet. Kategori ketiga terdiri dari spesies yang memakan organisme lain yang berukuran relatif besar, seperti Protozoa, rotifera, nematoda, dan tardigrades; di sini milik predator seperti *Afottotzchtrs*, *Tripyla*, *Choairolaimtrs*.

Tiga kategori ini Nielsen menambahkan keempat terdiri dari nematoda yang kebiasaan makannya tidak diketahui. Sejumlah klasifikasi lain juga telah diajukan (Nielsen, 1949; Banage, 1963; Yeates, 1967, 1971; WasL lewska, 1971; Spaul, 1973) yang membagi nematoda dalam kategori trofik yang berbeda sesuai dengan organisme yang digunakan sebagai makanan.

Yang paling penting dan umum digunakan adalah pengumpan tanaman, jamur, ganggang, pada bakteri dan makanan lain-lain dan akhirnya predator. Terhadap hal ini, Yeates (1971) menambahkan, berbeda dengan pendapat Nielsen, kategori pengumpan deposit berdasarkan fakta bahwa jenis nutrisi ini telah dilaporkan pada beberapa spesies laut, di antaranya adalah *Monbystera filicaudata* (Tietjen, 1967), dan banyak spesies dari genus ini ada di tanah.

Namun Tietjen mencatat bahwa nematoda ini dapat bertahan selama 9 bulan memakan puing-puing meskipun tidak bereproduksi; tetapi ia bereproduksi sangat cepat pada makanan bakteri laut. Menurut Tminn (1974) adalah mungkin untuk membandingkan endapan residu laut dengan horizon H tanah

dengan tipe mor humus, yang sangat sering hanya terdiri dari kotoran invertebrata.

Dalam kedua kasus, bahan nabati sangat terfragmentasi, diserang oleh mikroorganisme dan dimiskinkan di usus invertebrata sehingga tidak dapat menjadi sumber makanan bagi organisme dengan sistem pencernaan yang tidak terspesialisasi. Kesimpulan yang tak terhindarkan adalah bahwa hanya bakteri yang merupakan makanan untuk nematoda ini dan bahwa endapannya hanyalah kendaraan inert yang membawa mereka.

### 3. Diet nematoda dilengkapi dengan stilet

Keragaman sifat makanan yang dicerna telah menyebabkan diferensiasi antara beberapa stoma yang sangat berbeda dan struktur esofagus. Secara khusus, perbedaan antara spesies dengan dan mereka yang tidak memiliki buket bukal jelas dipotong.

Yang termasuk dalam kelompok pertama adalah Tylenchida dan Dorylaimida, dengan pengecualian Mononchina. Tylenchida dicirikan oleh stylet bukal tipis, umumnya dilengkapi dengan tombol-tombol basal, dengan mana mereka melubangi dinding sel sayuran untuk menyedot isinya.

Sebagian besar spesies yang memakan tanaman tingkat tinggi termasuk Tylenchida; beberapa dari mereka adalah parasit sejati karena mereka membentuk hubungan yang sangat intim dan berkelanjutan dengan tanaman dan juga ketergantungan metabolisme dalam jumlah tertentu.

Mereka adalah nematoda yang betinanya tidak bergerak dan terkadang mengurung, seperti Heteroderidae, Tylenchulidae, Nacobbinidae, beberapa Criconematidae dan Hoplolaimidae; mereka adalah yang paling berbahaya bagi pertanian. Spesies lain, meskipun mereka makan lebih atau kurang disukai dan kadang-

kadang secara eksklusif pada jaringan tanaman dan khususnya pada akar, bukan parasit wajib karena mereka juga ditemukan bebas di tanah.

Di antara ini, banyak juga memakan jamur, beberapa terutama begitu. Nematoda pemakan jamur menyerang miselium dengan stylet bukal mereka yang, bergerak dengan cepat ke sana kemari, melubangi seluler; terima kasih juga kepada enzim hidrolitik, selulase dan kitinase, yang setidaknya beberapa dari mereka miliki dalam air liur mereka (Tracey, 1958).

Konsumsi konten sitoplasma hifa dapat berlangsung beberapa detik, seperti pada *Dit ~ leichhrs iqceliophagris*, yang kemudian mengulangi operasi di titik lain di miselium; atau berlangsung lebih lama (hingga 3 jam) jika, seperti yang terjadi pada banyak spesies, pengisapan jus miseliat didahului dengan inokulasi enzim ke dalam jaringan yang terserang, yang menentukan pencernaan ekstra-oral.

Nematoda, yang menyerang miselium, dapat merusak lebih banyak hifa daripada yang digunakannya untuk nutrisi, sehingga membuat nutrisi yang terkandung dalam miselium jamur tersedia untuk organisme lain, terutama bakteri.

Pengumpulan jamur di antara Tylenchida sangat banyak: spesies milik keluarga Neotylenchidae, Tylenchidae, Aphelenchidae dan Aphelenchoididae dapat memakan jamur selama bagian dari siklus hidup mereka dan beberapa secara eksklusif bersifat fungivora. Banyak spesies dari genus *Tylenchus*, sangat umum di tanah, telah ditemukan di serasah (Twinn, 1966; Egunjobi, 1971), di mana, tanpa adanya akar, mereka pasti memakan jamur.

Beberapa Tylenchida memakan jamur yang tumbuh di mikoriza. Contohnya adalah *Apheleiiichirs auetiae* yang, menghambat pembentukan mikoriza pinus, menjadi berbahaya bagi pinus itu

sendiri (Sutherland dan Fortin, 1968). Beberapa spesies di antara Tylenchidn dapat memberi makan juga pada alga yang ada di tanah, seperti *Aphelerichoides parietiiiris* (Menzel, 1914) dan *Aphelerrchoides bicaridam* (Siddiqui dan Taylor, 1969) yang melubangi dinding seluler alga untuk menyedot isinya.

Kebiasaan makan yang sangat berbeda ditemukan pada spesies dari genus *Seiririra* yang merupakan predator yang rakus. Mereka sangat kecil dalam ukuran dan memiliki stylet kecil yang mereka dapat menyerang juga nematoda besar: ini langsung lumpuh oleh suntikan jus pencernaan yang menghancurkan jaringan dan dengan demikian memungkinkan pengisapan mereka (Linford dan Oliveira, 1937).

Di antara spesies yang, dalam budaya, diserang oleh *Seirrrira* adalah banyak phytoparasit (*Afeloidogyrrre hapla*, *Heterodera trifolii*, *Ditglerrchrrs dipsaci*, *Neotylerrichirs lirifordi*, dan *Aphelerrichirs aveiiae*. Karena itu, mungkin spesies *Seintira* ini memiliki kegunaan yang berbeda untuk batas alam yang berguna untuk membatasi sifat-sifat berbahaya).

Spesies nematoda lain yang dilengkapi dengan buklet stylet adalah *Dorylaimida*, dicirikan oleh stylet yang umumnya kuat dan luas. Banyak dari mereka memakan alga, di banyak *Dorylaimida* tanah, usus tampak berwarna hijau dengan klorofil yang berasal dari alga. Spesimen *Tylericholaiitiiis*, *ENDorylairriris*, *ENDorylairriris* dan *Aporcelairrzellris* telah dibiakkan pada substratum alga oleh Nielsen (1949).

Dengan cara yang sama *Eridorjlairtirrs ettersbergeirsis* (Hollis, 1957) dan spesies *Aporcelairrzelltis* (Wood, 1974) telah dibiakkan dengan sukses, tetapi alga tidak dilubangi oleh *Doryida* tetapi tertelan melalui stylet luasnya, banyak genera *Dorylaimida* dapat berperilaku seperti predator: *Ap orcelairtzris*, *Actbolairtiiis*, *Carcharolairrzris*, *Discolairrnn*, *Labrorreiiiia*, *Nygolaiiizrls*, dan

lainnya. Mereka melubangi mangsanya dengan stylet dan menyedot isinya melalui lumen.

Mangsa mereka mungkin nematoda lain, Acarina, Protozoa, Oligochaeta, Collembola dan telur Rotifera. Spesies dari genera *Loirgidoris*, *Trichodorris* dan *Xiphineiria* memberi makan, seperti *Tylenchida*, pada tanaman tingkat tinggi, kepada siapa mereka menyebabkan penyakit serius dengan mentransmisikan virus. Namun, sebagian besar *Dorylaimida* tampaknya tidak memiliki pola makan yang kaku, dan karena alasan ini mereka merupakan sebagian besar kategori pengumpulan aneka.

Pengamatan oleh Wood (1973), yang membiakkan banyak spesies nematoda pada makanan tertentu, mengonfirmasi pola makan beragam spesies *Dorylaimida*; tetapi tidak ada yang selamat jika dibesarkan dengan bakteri. Satu spesies *Tylencholaimellus montanus* dan *Tylencholaimus* diberi makan secara eksklusif pada jamur. Sangat menarik untuk menggarisbawahi dalam hal ini bahwa stylet dari *Dorylaimida fungivora* ini pendek dan tipis dan dilengkapi dengan tombol-tombol dasar seperti di *Tylenchida*.

Jelaslah bahwa struktur stylet, secara morfologis konvergen dalam spesies yang jauh secara genetis, berkaitan dengan kesamaan pola makan mereka. Nematoda yang diberi stylet tidak pernah terlihat memakan bakteri.

#### 4. Hubungan antara nematoda dan jamur

Untuk menjelaskan peran ekologis nematoda, hubungan yang mereka buat dengan pengurai seperti jamur dan bakteri sangat signifikan. Karena alasan ini, patut untuk memeriksanya dengan perhatian orang tua. Berbeda dari pengumpulan tanaman seperti yang dipengaruhi oleh akar nematoda makan jamur tanaman tidak tertarik secara kimiawi oleh jamur, menyerang mereka hanya jika mereka bersentuhan dengan mereka dengan santai. Mereka

memilih hifa yang lebih muda sementara mereka menghindari hifa yang lebih tua (Anderson, 1964; Hechler, 1962).

Telah ditunjukkan bahwa spesies nematoda hanya menyerang spesies jamur tertentu (hlankau dan hlankau, 1963; Cayrol, 1967): *Ditylerichus destrirctor* hanya dapat dikembangbiakkan hanya pada 64 jamur dari 115 percobaan (Faulkner dan Darling, 1961). Cayrol (1970) mengamati bahwa faktor pembatas dibentuk oleh ukuran hifa jamur sehubungan dengan nematoda: nematoda tampaknya tidak mampu menyerang hifa yang berdimensi kurang dari  $1/4$  atau lebih dari  $1/3$  dari diameternya sendiri.

Pada hari ini, mungkin menarik untuk diingat bahwa, selain menyerang jamur, nematoda dapat diserang oleh jamur. Jamur yang terdapat pada nematoda adalah sekitar 50 spesies *Hyphomycetes* yang sebagian besar berasal dari genus *Trichotecitrrri*, *Dactylella*, dan *Dactylaria*, umum di tanah yang kaya humus. Mereka membuat jebakan nyata, dengan mekanisme yang berbeda, untuk menangkap nematoda, yang kemudian diserap oleh hifa mereka.

Tindakan mereka membantu menyeimbangkan populasi nematoda. Jamur-jamur ini telah dipelajari secara mendalam dan akhirnya digunakan untuk membatasi perkembangan nematoda phytoparasitic dalam kultur telah sering disarankan. Antara nematoda dan jamur ada kasus simbiosis yang nyata.

Contohnya adalah *Panagrolaimus mycophilus* yang mendukung diseminasi ascomycete yang menjadi makanannya dan yang spora-spora yang dibawa di ususnya. Kasus lain adalah *Pristiorichirs lheritieri*, sebuah nematoda bakteri. Ini tidak hanya menyebarkan spora jamur milik genus *Fusarium* dan *Verticillium*, agen patogen tanaman, tetapi, mempertahankan mereka dalam ususnya, sebenarnya meningkatkan resistensi mereka terhadap hiocides tertentu (Jensen dan Siemer, 1970).

#### **D. Gejala Penyakit Yang Disebabkan Oleh Nematoda**

Nematoda parasit tanaman dapat menyebabkan kerusakan hampir mencapai 100 persen, yang menyebabkan kerusakan pada tanaman hampir semuanya hidup didalam tanah, baik yang hidup bebas didalam tanah bagian luar akar dan batang, didalam tanah bahkan ada beberapa parasit yang hidupnya bersifat menetap didalam akar dan batang.

Konsentrasi hidup nematoda lebih besar terdapat didalam perakaran tumbuhan inang terutama disebabkan oleh laju reproduksinya yang lebih cepat karena tersedianya makanan yang cukup dan tertariknya nematoda oleh zat yang dilepaskan dalam rizosfir awalnya, telur-telur nematoda diletakan pada akar-akar tumbuhan di dalam tanah yang kemudian telur akan berkembang menjadi larva dan nematoda dewasa.

Populasi nematoda yang berkumpul disekitar perakaran ini membuat nematoda lebih mudah menyerang akar dengan cara menusuk dinding sel pada akar tanaman. Di sekitar akar tanaman, nematoda selalu bergerak setiap saat dan dalam pergerakannya tersebut nematoda menggigit dan menginjeksikan air ludahnya pada dinding sel bagian akar tumbuhan, sehingga sel pada tanaman rusak dan mengalami gangguan.

Gejala kerusakan pada akar akibat gigitan nematoda ditandai dengan adanya puru akar, luka akar, ujung akar rusak dan akar akan membusuk apabila infeksi nematoda tersebut disertai oleh bakteri dan jamur patogen. Gejala serangan nematoda pada akar biasanya ditandai dengan pertumbuhan tanaman yang lambat karena terhambatnya penyerapan unsur hara oleh akar tanaman yang akhirnya menyebabkan defisiensi hara seperti daun menguning kering dan panas, sehingga produktifitas dan kuantitas hasil panen menurun bahkan untuk tanaman-tanaman tertentu mengakibatkan tanaman tidak dapat panen sama sekali (puso), menurun dan kualitasnya jelek.

Gejala serangan nematoda terbagi atas dua kelompok:

1. Gejala serangan di atas permukaan tanah

- a. Pertumbuhan tidak normal karena luka pada tunas, titik tumbuh, dan primordial bunga yaitu:

1) Tunas mati.

Serangan nematoda seringkali menyebabkan tunas atau titik tumbuh tanaman menjadi mati, sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dan berkembang. Serangan ini biasa terjadi pada tanaman strawberry yang terserang oleh *Aphelenchoides*

2) Batang dan daun mengkerut

Terkadang serangan nematoda pada titik tumbuh tanaman tidak sampai menyebabkan tanaman mati dan masih ada kemungkinan untuk batang, daun, atau struktur lain dapat berkembang. Perkembangan organ-organ tersebut tidak sempurna sehingga menyebabkan terjadinya pengerutan atau pemuntiran. Contohnya adalah tanaman yang terserang larva *Anguina tritici* pada daerah titik tumbuhnya seperti gandum..

3) *Puru biji*

Biji tanaman rumputan atau biji-bijian yang terserang *Anguina*. Setelah bunga terbentuk, nematoda yang telah tumbuh sempurna mulai masuk dan menyerang padabagian ini sampai nematoda dewasa. Di tempat inilah nematoda berkembang biak. Akibatnya primordial bunga akan membentuk puru yang di dalamnya terdapat kumpulan larva nematoda, sehingga memungkinkan nematoda ini mampu hidup pada waktu yang cukup lama.

- b. Pertumbuhan tidak normal sebagai akibat terjadinya luka pada bagian dalam batang dan daun.

### 1) Nekrosis

Beberapa jenis nematoda hidup dan makan dalam jaringan batang dan daun, akibatnya terjadi nekrosis. Gejala penyakit “cincin merah” dapat dilihat pada batang kelapa yang terserang oleh *Rhadinaphelenchus cocophilus*, serangan ini menyebabkan luka pada pangkal batang tanaman tersebut. Contoh lain adalah *Ditylenchus dipsaci* yang sering menyebabkan luka pada daun dan batang pada berbagai tanaman.

### 2) Bercak dan luka daun.

Nematoda yang menyerang daun, kadang-kadang makan dan merusak parenkim. Nematoda tersebut masuk melalui stomata. Contoh : *Aphelenchoides ritzemabosi* yang menyerang daun Chrysantemum.

### 3) Puru pada daun

Serangan nematoda *Anguina balsamophila* dan *A.millefolii* dapat menyebabkan pembentukan puru pada daun.

## 2. Gejala Di Bawah Permukaan Tanah.

### a. Puru akar

Puru akar merupakan gejala yang tampak apabila suatu tanaman terserang oleh beberapa jenis nematoda yang menyebabkan puru akar, yaitu *Meloidogyne* spp., *Nacobus*, *Ditylenchus radicola*. Serangan nematoda tersebut mengakibatkan pembentukan puru pada akar tanaman contohnya oat, barley, tomat, kentang dan jenis tanaman lain.

#### b. Busuk

Masuknya nematoda pada tanaman akan menimbulkan luka yang disebabkan oleh cucukan nematoda. Namun selanjutnya kerusakan yang lebih berat terjadi diakibatkan karena serangan organisme lain yang masuk sebagai hama sekunder. Contohnya Gejala busuk oleh *Ditylenchus destructor* pada umbi kentang.

#### c. Nekrosis pada permukaan

Nematoda yang menggigit akar tanaman dari luar, mungkin akan menyebabkan matinya sel-sel yang terdapat di permukaan jaringan. Keadaan ini selanjutnya akan mengakibatkan terjadinya perubahan warna pada bagian tersebut. Besarnya populasi nematoda yang menyerang akar tanaman dari luar dapat menyebabkan sel-sel epidermis menjadi mati, sehingga akar-akar yang masih muda warnanya akan berubah menjadi kekuning-kuningan sampai kecoklat-coklatan. Contohnya adalah serangan *Aphelenchoides parietinus* pada tanaman *Cladonia fimbriata* (lumut kerak) dan *Tylenchulus semipenetrans* menyerang tanaman jeruk.

#### d. Luka

Gejala ini terjadi apabila nematoda melakukan cucukan yang menyebabkan terjadinya luka pada sel-sel di permukaan jaringan. Contoh: *Radopholus similis* pada akar pisang.

#### c. Luka atau kematian ujung akar.

Saat nematoda berkumpul dan makan pada akar, ujung akar dan cabang-cabanga akar akan terhenti pertumbuhannya, , sehingga akan timbul gejala:

1. “*Stubby root*”; yaitu saat dimana cabang-cabang akar yang berukuran kecil terhenti pertumbuhannya, sehingga membentuk ikatan akar.
2. “*Coarse root*”, yaitu apabila pertumbuhan akar yang menyamping terhenti, beberapa diantaranya berukuran pendek, system perakaran utama lebih besar dan tidak banyak dijumpai akar-akar yang kecil.
3. “*curly tip*”, gejala ini timbul akibat serangan nematoda *Xiphinema (dagger nematode)* luka yang terjadi pada sisi akar dekat ujung, yang menghambat pertumbuhan dan pemanjangan akar pada bagian sisi tersebut sehingga mengakibatkan akar akan memuntir.

## **E. Beberapa Spesies Nematoda Pada Tanaman Yang Banyak Ditemukan**

### **1. Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.)**

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan parasit yang banyak menyerang tanaman di lahan pertanian pada tahap pengembangan maupun pembenihan, sehingga banyak menimbulkan kerugian bagi petani karena terjadi penurunan produktivitasnya. Nematoda parasit ini menyerang akar dengan cara masuk kedalam akar dan menginfeksi akar, sehingga akar akan membengkak dan tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga menjadi tempat bersarangnya nematoda ini.

### **2. Nematoda Pelubang Akar (*Radopholus similis*) dan Gejala Serangannya**

*Radopholus similis* atau nematoda pelubang akar diketahui sebagai endoparasit migratori pada berbagai jenis tanaman. Nematoda ini memakan bagian korteks akar sampai rusak sehingga menimbulkan lubang-lubang pada bagian akar tersebut. Semua stadia dapat dijumpai di dalam akar dan tanah, stadia jantan bersifat nonparasit, sedangkan stadia lainnya bersifat parasit pada tanaman.

Nematoda *R. Similis* adalah nematoda Kelas Secernentea, Ordo Tylnchida, Famili Pratylenchidae dan Genus Radopholus. Dari sisi biologi, nematoda luka akar mempunyai perbedaan dengan nematoda yang lain. Nematoda luka akar akan dapat berkembang biak lebih baik di dalam akar tanaman yang pertumbuhannya tidak baik. Tanaman yang mempunyai zat makanan yang sedikit mendorong nematoda berkembang dibandingkan dengan tanaman yang menyediakan zat makanan yang optimal.

### 3. Nematofa Peluka Akar (*Pratylenchus coffeae*) dan Gejala Serangannya

*Pratylenchus coffeae* menyerang jaringan kortek akar serabut terutama akar-akar serabut yang aktif menyerap unsur hara dan air. Akibatnya akar serabut menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat luka-luka nekrotik. Luka-luka tersebut secara bertahap meluas, sehingga akhirnya seluruh akar serabut membusuk. Gejala kerusakan oleh nematoda pada bagian tanaman. di atas permukaan tanah umumnya tidak spesifik. Tanaman tanaman tampak kerdil, pertumbuhan terhambat, ukuran daun dan cabang primer mengecil, daun tua berwarna kuning yang secara perlahan-lahan akhirnya rontok dan tanaman mati. Akar tanaman kopi yang terserang oleh *P. coffeae* akan terlihat pada warnanya yang berubah menjadi kuning, selanjutnya berwarna coklat dan kebanyakan akar lateralnya busuk. Luka yang terjadi pada akar akan mengakibatkan kerusakan sistem perakaran tanaman kopi.

4. Gejala penyakit akar yang disebabkan oleh nematoda pada wortel

Patogen penyebab penyakit ini adalah *Globodera spp.* Pada buah wortel terlihat bahwa buah yang terserang nematoda, akan menyebabkan bentuk dari buah wortel itu menjadi abnormal.

a. Klasifikasi

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Nematoda
Class	: Secernentea
Subclass	: Diplogasteria
Order	: Tylenchida
Superfamily	: Tylenchoidea
Family	: Tylenchidae
Genus	: <i>Globodera</i>
Species	: <i>Globodera spp</i>

b. Struktur patogen

Patogen ini ukurannya berkisar dari sekitar 1,5 mm sampai 3 mm, membuat mereka salah satu dari nematoda parasit tumbuhan terbesar. Kedua jenis kelamin yang hadir di seluruh siklus hidup. Telur menetas setelah 14 hingga 17 hari. Dewasa dan semua feed tahap remaja pada akar, kadang-kadang yang tersisa di satu tempat sampai seminggu.

Nematoda ini dapat bertahan hidup di pot rumah kaca fallowed sampai tiga bulan. Sebuah ektoparasit, nematoda penusuk feed pada akar kecil atau besar, ujung akar dan hipokotil tersebut.

Dua belas jam setelah inokulasi, ia makan di dekat ujung akar. Sel-sel ada menjadi kecoklatan setelah beberapa hari, dan coklat bentuk lesi. Hasilnya adalah jaringan disorganisasi, kelengkungan akar dan ujung akar mati atau sekarat. Nematoda parasitic ini biasanya dapat dijumpai di dalam tubuh inang.

Nematoda parasitik tanaman dapat menyerang bagian tanaman sesuai dengan sifat parasitasi nematoda itu sendiri. Ada yang bersifat ektoparasit, endo parasit ataupun ekto-endo parasit. Bagian tanaman yang terserang dapat berupa akar, batang, daun, dan bahkan pada bagian biji.

### c. Pengendalian

- 1) Menggunakan nematisida, bahan organik, kultur teknis, dan kultivar yang resisten
- 2) Pengendalian biologi menggunakan bakteri endofit

## 5. Nematoda bengkak akar Pada Tomat

Ciri: Nematoda tanaman tomat adalah *Meloidogyne incognita*. Bentuk nematoda bisul akar seperti cacing kecil sepanjang antara 200-1000 m. Untuk mengamati hama ini harus digunakan mikroskop.

Pada mulutnya terdapat stylet yang berbentuk seperti jarum runcing, untuk menusuk dan menarik kembali cairan dalam mulut. Ukuran badan nematoda betina sedikit lebih gemuk.

Gejala: akar tanaman membengkak memanjang atau bulat, akibatnya tanaman (akar) akan mengalami kesulitan mengambil air dari tanah sehingga terjadi klorosis, yakni warna daun tidak normal, pertumbuhan terhambat, layu, buah kecil serta sedikit dan cepat menjadi tua. Serangan nematoda ini dapat mengurangi produksi sampai 50% atau lebih.

Pengendalian: (1) tanah dicangkul dan dibiarkan beberapa waktu agar terkena sinar matahari; (2) tanah digenangi air yang cukup lama supaya nematoda mati; (3) menggunakan bahan kimia Nematisida, misalnya Furadan, Curater, Petrofur, Indofuran, dan Temik; (5) menanam varietas tomat yang resisten; (4) tanaman yang terserang harus segera dicabut dan dibakar; (5) gulma di areal tanaman tomat dibersihkan; (6) diberi pupuk organik (pupuk kandang atau kompos).

Sumber: <http://bp4kkabsukabumi.net/index.php/Hortikultura/Hama-a-dan-Penyakit-TanamanTomat.html>

## 6. Nematoda Pada Cabai

Nematoda tanaman cabai (tanaman cabe) adalah *Meloidogyne incognita*. Serangan nematoda ditandai adanya bintil-bintil pada akar. Nematoda merupakan cacing tanah berukuran sangat kecil, hama ini merupakan cacing parasit penyerang bagian akar tanaman cabai (tanaman cabe).

Bekas gigitan cacing inilah akhirnya menyebabkan serangan sekunder, seperti layu bakteri, layu fusarium, busuk phytophthora atau cendawan lain penyerang akar. Cara pengendalian nematoda dengan pemberian insektisida berbahan aktif karbofuran sebanyak 1 gram pada lubang tanam.

Sumber : <http://kumpulanilmu2.blogspot.com/2013/02/persiapan-dan-cara-budidayacabai.html>

## 7. Nematoda Pada Mengkudu

Tanaman mengkudu yang sehat akan menghasilkan produk herbal yang sehat pula, Untuk itu tanaman herbal mengkudu harus terbebas dari hama dan penyakit tanaman yang sering menyerangnya. Beberapa jenis hama dan penyakit tanaman mengkudu adalah sebagai berikut:

- a. Penyakit hitam daun, disebabkan oleh patogen *Phytophthora botryosa*. Gejalanya yaitu daun hitam, batang busuk kemudian mati, buah berwarna coklat kemudian hitam membusuk. Penyakit ini berkembang baik pada periode iklim basah. Dengan adanya jamur pada daun, maka akan mengurangi photosyntesa. Penyakit busuk daun mengakibatkan pertumbuhan tanaman terganggu, buahnya kecil dan kualitasnya menurun. Langkah-langkah pencegahan dan pengendalian mencakup pemangkasan, gulma kontrol, dan sanitasi lapangan. Pengndalian jamur jelaga dilakukan dengan air sabun disemprotkan pada tempat yang terinfeksi.
- b. Penyakit simpul akar, adalah penyakit akar yang disebabkan oleh nematoda, spesies *Meloidogyne*. Gejalanya yang terlihat pada tanaman yaitu batangnya kekuatan berkurang, tanaman kerdil, kemudian menguning. Pada akarnya, seperti membengkak, retak, dan membusuk. Penyakit ini dapat diminimalkan dengan menggunakan metode transplantasi bebas nematoda dengan menambahkan tanah organik seperti kompos yang mengandung kotoran ayam. sedang irigasi dan penggunaan pupuk juga akan meminimalkan kerusakan dan mengurangi besarnya busuk akar sekunder dengan saprophytic jamur dan bakteri.

*Sumber* : <http://tanamanherbal.info/index.php/2011/11/hama-dan-penyakit-tanamanmengkudu/>

## 8. Gejala Serangan Kentang

Gejala awal serangan *Globodera* sp. sulit diketahui, karena nematoda ini menyerang perakaran tanaman. Setelah serangan berada pada tingkatan sedang/parah maka tanaman akan terlihat layu, kemudian menguning dan tumbuh tidak normal (kerdil). Pada serangan yang sangat parah, dapat menyebabkan batang dan daun tanaman mengering dan akhirnya mati. Tanaman yang terserang pada perakarannya terlihat bintil-bintil/benjolan (kutil-basa jawa) berwarna putih kekuningan. Benjolan berdiameter sekitar 0,5 mm. Ada juga yang berwarna coklat keemasan, menandakan nematoda ini telah membentuk sista. Pada tanaman kentang yang terserang NSK daun-daunnya menguning lebih awal, lalu kering dan akhirnya mati karena perakaran terganggu. Jika tanaman tersebut masih dapat bertahan hidup dan dapat menghasilkan umbi maka umbinya berukuran kecil dan jumlahnya sedikit. Gejala serangan NSK dalam areal pertanaman kentang akan terlihat tanaman menguning tidak merata. Penurunan produksi akibat serangan NSK dapat mencapai 70%.

## 9. Cara Pengendalian

Karena nematoda ini sangat sulit untuk dimusnahkan dan memerlukan biaya yang sangat mahal, maka dapat dilakukan upaya pengendalian sebagai berikut :

Tahap pra tanam :

- 1) Pengolahan lahan yang intensif, pengumpulan sisa-sisa perakaran dan gulma lalu dibakar, lahan dibiarkan terkena sinar matahari langsung.
- 2) Pemilihan bibit yang telah memperoleh sertifikat sehat (berlabel phitosanitary).

- 3) Bibit bukan dari daerah/negara endemis (terkena serangan).
- 4) Pilih varietas yang toleran (Marion, Culpa, Elvira, Gitte, Vevi, Aula, Filli, Miranda, Renema, Alexa, Cordia, Herold, Pirola, Dextra, Granola).
- 5) Pemilihan lahan yang bebas sista nematoda sista kuning.
- 6) Menggunakan tanaman perangkap (famili Solanaceae, misal tomat).

*Sumber:*[http://eprints.upnjatim.ac.id/3090/2/MONOGR\\_NEM\\_PARASIT\\_EDIT.pdf](http://eprints.upnjatim.ac.id/3090/2/MONOGR_NEM_PARASIT_EDIT.pdf)

## 10. Nematoda Parasit Akar Pisang

### a. Gejala Serangan

Gejala kerusakan yang disebabkan oleh masing-masing jenis nematoda parasit akar pisang sulit dibedakan, karena serangannya serentak dan sehingga kerusakan akar menjadi lebih cepat. Pada umumnya nematoda masuk melalui ujung akar, tetapi *R. similes* dapat masuk melalui semua permukaan akar dan pindah dari akar terinfeksi menuju bonggol pisang, sehingga menyebabkan luka berwarna hitam yang menyebar pada permukaan bonggol. Luka yang disebabkan oleh *H. multicinctus* pada umumnya terbatas pada sel luar dari korteks akar dan menyebabkan luka nekrosis yang kecil. *Pratylenchus* spp. masuk ke dalam jaringan akar tanaman dan menimbulkan luka nekrosis berwarna kemerah-merahan. Sedangkan kerusakan yang disebabkan oleh *Meloidogyne* spp. ditandai dengan adanya gall/pembengkakan jaringan akar. Bila akar terserang berat, menyebabkan tanaman mudah roboh (tumbang) terutama pada fase pengisian buah.

## b. Morfologi/Bioekologi

Secara umum siklus hidup nematoda parasit tumbuhan itu hampir sama. Telur menetas menjadi larva yang bentuk dan strukturnya sama dengan dewasa. Larva berkembang dengan melakukan pergantian kulit pada setiap akhir fase. Semua jenis nematoda mempunyai empat fase larva, pada fase ini nematoda sangat aktif menginfeksi akar. Pada pergantian kulit yang terakhir maka dapat diketahui jenis nematoda jantan atau betina.

Nematoda jantan ditandai dengan adanya specula. Sedangkan nematoda betina mempunyai vulva dan dapat menghasilkan telur yang fertile setelah mengadakan perkawinan dengan nematoda jantan atau dengan cara parthenogenesis. Apabila kondisi menguntungkan untuk hidup maka siklus hidup bisa mencapai 3 – 4 minggu.

## c. Pengendalian

### 1) Cara kultur teknis

- a) Rotasi tanaman
- b) Penggenangan selama beberapa bulan
- c) Penggunaan varietas resisten

### 2) Cara mekanis

- a) Menaikkan suhu tanah sampai 50 0C selama 30 menit dengan uap panas atau air panas.
- b) Pencelupan bonggol anakan ke dalam air panas suhu 500 C selama beberapa menit.

### 3) Cara kimiawi

Penggunaan nematisida Karbofuran, Etofos dan Oksanil dengan dosis 12 gr bahan aktif per rumpun, yang diaplikasikan pada saat tanam dan diulang tiap 6 bulan.

*Sumber:* [http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=307&Itemid=225](http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=307&Itemid=225)

## 11. Nematoda Kelapa Sawit

Penyebab : Nematoda *Rhadinaphelenchus cocophilus*

Gejala yang terserang hama ini:

- a. Daun baru yang akan membuka menjadi tergulung dan tumbuh tegak.
- b. Daun berubah menjadi kuning kemudian mongering.
- c. Tandan bunga membusuk dan tidak membuka sehingga tidak menghasilkan buah.

Pengendaliannya: meracuni pohon yang terserang dengan natrium arsenit dan setelah mati / kering segera dibongkar untuk menghilangkan sumber infeksi.

*Sumber:*

<http://edowartblogspotscom.blogspot.com/2011/10/hama-dan-penyakit-tanaman-kelapa-sawit.html>

## 12. Nematoda Pada Tanaman Kakao

- a) Nematoda parasite

*Meloidogyne* spp. merupakan nematoda parasit yang terpenting pada tanaman kakao karena sifat patogenitasnya dan distribusinya luas di daerah produksi kakao. *Meloidogyne* telah diketahui terdapat pada tanaman kakao sejak tahun 1900.

Spesies nematoda *Meloidogyne* yang menyerang tanaman kakao diantaranya yaitu: *Meloidogyne incognita*, *M. exigua*, *M. javanica*, *M. arenaria* dan *M. thamesi*. Namun, *M. incognita* merupakan nematoda yang paling sering ditemukan pada tanaman kakao.

#### b) Gejala kerusakan

Berdasarkan Luc *et al.*, (1995) bahwa hasil simulasi di laboratorium nematoda parasit *M. incognita* yang ditularkan pada bibit tanaman kakao menimbulkan gejala mati ujung, kerdil, layu, daun-daun menguning dan ukuran daun kecil. Gejala serangan pada akar menimbulkan puru-puru kecil dan nampak nematoda betina dengan massa telurnya. Di lahan pembibitan di lapangan, serangan *M. incognita* menimbulkan gejala puru akar dengan massa telur nematoda parasit berada pada permukaan akar, terjadi mati ujung dan pada kerusakan yang parah tanaman akan mati dengan tiba-tiba.

Menurut Sharma dan Sher (1973) dalam Luc *et al.*, (1995) apabila terjadi keadaan yang menimbulkan mati ujung, maka tanaman akan mati sampai ke akar-akarnya, tetapi jika tanaman tersebut masih mentolelir serangan nematoda ini maka tanaman akan bertunas kembali pada musim tumbuh berikutnya sehingga bagian tanaman yang mati dapat dipangkas. Serangan *M. javanica* juga membentuk puru akar pada pembibitan tanaman kakao.

Pada pembibitan tanaman kakao di lapangan, serangan nematoda ini mengakibatkan tanaman kakao lambat dalam

pertumbuhannya, bahkan dapat mematikan bibit tanaman kakao tersebut. Gejala serangan yang serupa juga dapat dilihat pada pembibitan tanaman kakao yang terserang oleh *M. exigua*. Pemindahan bibit tanaman kakao yang terserang/terinfeksi oleh nematoda parasit berarti memindahkan nematoda parasit ke tempat lain.

Tanah pada pembibitan yang terinfestasi nematoda parasit akan menyebabkan tanaman pada pembibitan terinfestasi juga, sehingga dapat menjadi salah satu media penyebar nematoda parasit ke tempat lain. Selain itu, aliran air permukaan dapat juga menyebarkan nematoda parasit.

Meskipun data-data mengenai kehilangan hasil tanaman kakao yang terserang nematoda parasit belum ada, tetapi bukti menunjukkan adanya gejala serangan pada pembibitan tanaman kakao oleh nematoda parasit seperti yang telah disebutkan diatas. Luasnya distribusi nematoda parasit di banyak daerah sentra produksi kakao dapat menghambat produktivitas dan menimbulkan dampak ekonomi pada daerah tersebut.

Serangan nematoda parasit *Pratylenchus brachyurus* dan *Pratylenchus coffeae* yang menginfeksi akar tanaman kakao mengakibatkan terjadinya luka pada akar tanaman. Sedangkan gejala serangan akibat nematoda parasit *Dolichodorus* sp. mengakibatkan mati ujung dan kematian bibit pada pembibitan tanaman kakao.

Akibat serangan nematoda *Dolichodorus* sp. menyebabkan seluruh sistem perakaran tanaman kakao berkurang, menjadi hitam dan tampak adanya disintegrasi pada korteks dan terbentuk puru seperti manik-manik. Bagian akar yang berpuru berwarna coklat-merah dan keras.

Untuk mendiagnosis serangan nematoda parasit dilakukan dengan pengambilan sampel tanah dan akar, kemudian dilakukan ekstraksi untuk mengetahui keberadaan nematoda parasit yang menyerang tanaman tersebut.

### c) Pengendalian

Tindakan pengendalian yang digunakan untuk mengendalikan serangan nematoda parasit adalah sebagai berikut ;

- 1) Membuat bibit yang bebas dari nematoda parasit utama;
- 2) Menanam pada tanah atau areal yang bebas dari nematoda parasit;
- 3) Tanah yang digunakan untuk pembibitan harus disterilkan dengan metil bromida dengan dosis  $196 \text{ cm}^3$  tiap  $1 \text{ m}^3$  tanah atau dikumpulkan dari area yang tidak terinfeksi oleh nematoda parasit;
- 4) Cara lain adalah dengan perlakuan menggunakan udara panas untuk sterilisasi hingga suhu mencapai  $100^{\circ}\text{C}$  selama satu jam. Lahan yang akan ditanami tanaman kakao harus disurvei berkaitan dengan kehadiran nematoda parasit sebelum penanaman bibit yang bebas dari infeksi nematoda. Pada perkebunan yang telah terinfeksi, maka menggunakan nematisida untuk pengendaliannya;
- 5) Dalam memilih tanaman penutup harus lebih berhati-hati, hindari penggunaan tanaman penutup yang rentan terhadap nematoda perakaran ataupun nematoda luka akar, misalnya tanaman pisang.

Dengan mengetahui bahaya dari serangan nematoda parasit pada pembibitan tanaman kakao yang pada serangan parah dapat mengakibatkan kematian tanaman, sehingga kita lebih mengenali gejala serangannya sejak dini untuk untuk segera melakukan tindakan pengendalian guna meminimalisir kerugian yang ditimbulkannya.

## **F. Pentingnya Nematoda Dalam Pertanian**

Nematoda berkontribusi pada berbagai fungsi dalam sistem tanah. Dalam sistem pertanian, nematoda dapat meningkatkan mineralisasi nutrisi dan bertindak sebagai agen kontrol biologis.

### **1. Nematoda dan Kesuburan Tanah**

Nematoda tanah, terutama nematoda pemakan bakteri dan jamur, dapat berkontribusi untuk menjaga tingkat kecukupan sistem pertanian N yang tersedia di tanaman dengan mengandalkan sumber kesuburan organik (Ferris et al., 1998). Proses konversi nutrisi dari bentuk organik ke bentuk anorganik disebut mineralisasi; mineralisasi adalah proses tanah kritis karena tanaman mengambil nutrisi dari tanah terutama dalam bentuk anorganik.

Nematoda berkontribusi langsung ke mineralisasi nutrisi melalui interaksi makan mereka. Sebagai contoh, nematoda pemakan bakteri mengonsumsi N dalam bentuk protein dan senyawa lain yang mengandung N dalam jaringan bakteri dan melepaskan kelebihan N dalam bentuk ammonium, yang siap tersedia untuk penggunaan tanaman.

Secara tidak langsung, nematoda meningkatkan dekomposisi dan siklus nutrisi dengan cara merumput dan meremajakan koloni

bakteri dan jamur yang tidak aktif, dan dengan menyebarkan bakteri dan jamur ke residu organik yang baru tersedia. Dengan tidak adanya penggembala, seperti nematoda dan protozoa, nutrisi dapat tetap diimobilisasi dan tidak tersedia untuk penyerapan tanaman dalam biomassa bakteri dan jamur.

Nematoda pemakan bakteri adalah kelompok nematoda yang paling melimpah di tanah pertanian. Kelimpahan mereka mengikuti populasi bakteri, yang cenderung meningkat ketika gangguan tanah, seperti pengolahan tanah, meningkatkan ketersediaan bahan organik yang mudah terdekomposisi. Mineralisasi nitrogen di tanah terjadi pada tingkat yang lebih tinggi ketika nematoda pemakan bakteri hadir daripada ketika mereka tidak ada.

Kontribusi nematoda pemakan bakteri terhadap pasokan N tanah, sebagian, tergantung pada kualitas dan kuantitas bahan organik tanah yang memicu sistem. Mineralisasi N bersih dari penguraian residu organik terjadi ketika rasio karbon: nitrogen (C: N) residu organik di bawah 20 (yaitu, 20 bagian C hingga 1 bagian N). Ketika rasio C: N lebih besar dari 30, laju mineralisasi menurun karena mikroba bersaing untuk N untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mereka.

Dalam situasi ini, N diimobilisasi dalam biomassa mikroba. Penggabungan kotoran, kompos, dan tanaman penutup dengan rasio C: N menengah (berkisar antara 10 hingga 18) dapat merangsang pertumbuhan bakteri dan melimpahnya nematoda pemakan bakteri, dan meningkatkan ketersediaan tanah untuk tanaman.

Nematoda pemakan jamur relatif lebih berlimpah di sistem yang kurang terganggu (mis. Sistem notill) dan abadi, di mana kondisi untuk pertumbuhan jamur dipromosikan, daripada dalam sistem yang terganggu. Seperti nematoda pengumpulan bakteri,

nematoda pemakan jamur berkontribusi terhadap proses mineralisasi nutrisi dengan melepaskan N dan nutrisi tanaman lainnya dari jaringan jamur yang dikonsumsi. Namun, dalam sistem pertanian, nematoda pemakan bakteri biasanya melepaskan lebih banyak N anorganik daripada nematoda pemakan jamur.

## 2. Komunitas Nematode Tanah

Proporsi kelompok makan yang berbeda dalam komunitas nematoda tanah bervariasi antara sistem dan musim, dan mereka dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk praktik pengelolaan tanaman dan tanah (Freckman dan Ettema, 1993) dan keberadaan dan kelimpahan musuh alami. Praktik pengelolaan seperti pengolahan tanah, rotasi tanaman, dan penggunaan amandemen organik memengaruhi karakteristik fisik dan biologis tanah yang memengaruhi kelimpahan nematoda.

Nematoda pemakan jamur, predator, dan omnivora sangat sensitif terhadap gangguan tanah (Ferris et al., 2001), dan sistem pertanian dengan lebih banyak gangguan fisik dan kimia, seperti padang rumput, ladang jerami, dan kebun, cenderung mendukung populasi yang lebih besar dari nematoda ini daripada sistem yang lebih sering terganggu seperti ladang sayur dan tanaman baris.

Di sisi lain, pengolahan tanah dan penggabungan residu organik meningkatkan proporsi beberapa nematoda pemakan bakteri (Griffiths et al., 1994; Ferris et al., 2001; Nahar et al., 2006), sering membuat penurunan jumlah kelompok makan lain dan meningkatkan jumlah nematoda (Neher, 1999).

Berbagai macam musuh alami yang memakan atau menginfeksi nematoda-nematoda predator, mikroarthropoda predator, dan jamur penjebak nematoda, misalnya-mungkin memiliki dampak signifikan pada nematoda dalam sistem pertanian (Stirling, 1991).

### 3. Implikasi untuk Manajemen Sistem Pertanian

Manajemen pertanian dapat meningkatkan kelimpahan nematoda tanah, terutama melalui peningkatan kelimpahan nematoda pemakan bakteri yang terkait dengan pengolahan tanah dan penggabungan residu organik (Neher, 1999).

Kondisi tanah dalam sistem produksi pertanian dapat ditingkatkan dengan meningkatkan ketersediaan nutrisi dan menyediakan habitat bagi organisme tanah yang bermanfaat. Pemeliharaan populasi besar nematoda pemakan bakteri dengan praktik yang mempromosikan mineralisasi N sepanjang musim tanam dapat meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi surplus mineral N tidak diinginkan dari sudut pandang lingkungan karena peningkatan risiko pencucian nitrat.

Dalam sistem produksi yang ideal, pasokan N akan disinkronkan dengan permintaan pabrik. Di sisi lain, praktik budaya seperti olah tanah atau budidaya dapat mengurangi kompleksitas jaring makanan tanah. Dengan demikian, penurunan frekuensi dan intensitas pengolahan tanah dapat mempromosikan konservasi nematoda predator dan berkontribusi pada peningkatan kinerja sistem pertanian.

---

## DAFTAR PUSTAKA

---

- Adam, S. (1992). Dasar-Dasar Mikrobiologi dan Parasitologi untuk Perawat. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Awnurul. 2016. makalah-virus
- Budiyanto, M. 2002. *Mikrobiologi Terapan*. Malang. Penerbit : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Brooks Geo. F, Butel Janet. F, Morse Stephen. A. 2005. Mikrobiologi Kedokteran. Penerbit Salemba Medika: Jakarta.
- Buckle K.A, Edward R.A, Fleet G, H, Wootton M. 2010. Ilmu Pangan. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (1998), Botulism in the United States, 1899-1996.
- Dropkin, V. H. 1992. Pengantar Nematologi Tumbuhan. Gajah Mada University. Yogyakarta
- Elisa. (2004, agustus 10). klasifikasi nematoda tumbuhan. Retrieved from\_file:///C:/Users/Acer/Downloads/Genera%20Nematoda%20Parasit%20Penting%20Tanaman%20Pertanian%20(3).pdf
- Gaman P.M, dan Sherrington, 1994, *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Halimah, nurul. 2019. virus yang menyerang tumbuhan

<https://www.kaskus.co.id/thread/52cfa2331e0bc3837a8b4809/sejarah-jamur/>

<https://www.tentorku.com/sejarah-dan-taksonomi-fungi-jamur/>

<https://lokakelana.blogspot.com/2016/11/pengendalian-hama-penyakit-pada-jamur.html>

<https://www.antijamur.net/faktor-yang-mempengaruhi-pertumbuhan-jamur-2532.html>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Yeast>

<http://library.binus.ac.id/eColls/eThesdoc/Bab2/2012-2-00812-HM%20Bab2001.pdf>

<https://www.kaskus.co.id/thread/51f60f083dcb170a5a000005/bagaimana-proses-pembuatan-beer/>

<https://id.wikihow.com/Membuat-Roti-Buatan-Sendiri-Dengan-Cepat>

<https://cookpad.com/id/resep/2249949-membuat-sendiri-tape-singkong-homemade>

<https://cookpad.com/id/resep/9117693-tape-ketan-ijo>

<http://wanty-pristiarini.blogspot.com/2012/10/laporan-3-penyakit-pentingtanaman.html>

<http://bp4kkabsukabumi.net/index.php/Hortikultura/Hama-dan-Penyakit-TanamanTomat.html>

<http://kumpulanilmu2.blogspot.com/2013/02/persiapan-dan-cara-budidayacabai.html>

<http://tanamanherbal.info/index.php/2011/11/hama-dan-penyakit-tanamanmengkudu/>

[http://eprints.upnjatim.ac.id/3090/2/MONOGR\\_NEM\\_PARASIT\\_EDIT.pdf](http://eprints.upnjatim.ac.id/3090/2/MONOGR_NEM_PARASIT_EDIT.pdf)

[http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=307&Itemid=225](http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=307&Itemid=225)

<http://edowartblogspotscom.blogspot.com/2011/10/hama-dan-penyakit-tanaman-kelapa-sawit.html>

[http://ditjenbun.deptan.go.id/bbp2tpbon/index.php?option=com\\_content&view=artic&id=114%3Anematoda-parasitik-padapembibitantanamkakao&catid=12%3Anews&Itemid=21](http://ditjenbun.deptan.go.id/bbp2tpbon/index.php?option=com_content&view=artic&id=114%3Anematoda-parasitik-padapembibitantanamkakao&catid=12%3Anews&Itemid=21)<http://nematode.unl.edu/key/nemakey.html>

<https://www.sridanti.com/peranan-nematoda-dalam-kehidupan-manusia.html>

<http://genggaminternet.com/pengertian-nematoda-ciri-ciri-klasifikasi-reproduksi-dan-peranannya/>

Hutagalung. L 2008. *Teknik Ekstrai dan Membuat Preparat Nematoda Parasit Tumbuhan*. Rajawali Press, Jakarta.

Hunafa, Anah. 2015” Nematoda Yang Menyebabkan Penyakit Pada Tanaman”.  
<http://hanahunafaajah.blogspot.com/2015/10/nematoda-yang-menyebabkan-penyakit-pada-.html>. Diakses pada 03 september 2019 pukul 14:50 wita.

Istamar Syamsuri. 2004. Biologi. Jakarta: Erlangga.

Kontributor Tentorku, 2015, \_”Sejarah dan Taksonomi(Jamur)”,  
*Artikelku\_Tentorku*,<https://www.tentorku.com/sejarah->

dan-taksonomi-fungi-jamur/ (diakses pada 10 september 2019)

Marthinsaur. 2014. *Sejarah Jamur*. Jakarta: Kaskus

Maslina,Lidia. 2018. Siklus Litik: Pengertian – Tahapan dan Contohnya

Mustika, I. dan Y. Nuryani. 2003. Penyakit-penyakit Utama Tanaman yang Disebabkan Oleh Nematoda. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Makalah pada ”Pelatihan Identifikasi dan Pengelolaan Nematoda Parasit Utama Tumbuhan”. Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu (PKPHT)-HPT, Institut Pertanian Bogor, 26-29 Agustus 2009. Halaman 34.

Neelobon S., J. Burakorn, and S. Thaenthane. 2007. Effect of culture Condition on Bacterial Cellulose (BC) production from *Acetobacter xylium* TISTR 976 and Physical Properties of BC Parchment Paper. Bureau of Community Tecnology, Department of Science Servis, Ministy of Science and Technology. Bangkok

Oskar Adolfsson, Simin Nikbin Meydani, and Robert M Russell. 2004. Yogurt and gut function. *Am J Clin Nutr* August 2004 vol. 80 no. 2 245-256

Pandani, pak. 2017. Bentuk-bentuk VirusVirus kompleks | Photo by

Pelczar dan Michael J. (2005). *Dasar-Dasar Mikrobiologi II*. Penerbit Univewrsitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.

Pengertian Nematoda, Ciri-ciri, Klasifikasi, Reproduksi, dan Peranannya. 2015. Diperoleh dari

- Pracaya, 2007. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Prasetyo, H. 2010. Pengaruh penggunaan Starter Yoghurt pada Level Tertentu Terhadap Karakteristik Yoghurt Yang Dihasilkan: Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Purnomo, Bambang. 2006. Materi Kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Ratu Aqilah, Anisa. 18, Desember 2013. Nematoda. Diperoleh dari <http://planthospital.blogspot.com/2013/12/nematoda-pendahuluan.html?m=1>
- Rezaee A., Samaz Solimani and Mehdi Forozandemogadam. 2005. Role of Plasmid in Production of Acetobacter Xylum Biofilms. Faculty of Medical Sciences. Tarbiat Modares University. Tahrán. Iran
- Sayre, 1971. Biotic Influences in Soil Environment. Chap. 9 pp. 235-256. In B.M. Zuckerman, W.F. Mai and R.A. Rohde. (Eds) Plant Parasitic Nematodes. Vol.I. 345 pp. Academic Press, New York.
- Sayre, R.M. 1980. Promising organism for biological control of nematodes. *Plant Disease* 64 : 527-532
- Sikora, R. A. and Fernandez, E. 2005. Nematode parasites of vegetables. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd edition. CABI publishing. 319-392 page.
- Singh RS, Sitaramaiah K. 1994. *Plant Pathogens: The Plant Parasitic Nematodes*. International Science Publisher, New York.
- Smith, P. G. 1944. Embryo culture of a tomato species hybrid *California Agriculture* 40: 24-26.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. 1978. *Biologi, identification and control of root knot nematodes (Meloidogyne spp)* International Carolina Meloidogyne Project. Printed by Nor Carolina State

University Graphics. 107 page. Whitehead, A.G. 1998. Plant Nematode Control. CAB International, London. Williamson, V.M. and Hussey, R.S, 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. Plant Cell 8: 1735–45. Yepsen, R. B. Jr. 1984. The Encyclopedia of Natural Insect and Disease Control. Rev.(eds). Rodale Press, Emmaus, PA. 267–271 page. Zhong, X., Bodeau, J., Franz, Williamson, V. M., Van Kammen, A., De jong, and Zabel. P. 1999. Meiotic pachytene chromosomes of tomato locates the root-knot nematode resistance gene Mi-1 and the acid phosphatase gene Aps-1 near the junction of euchromatin and pericentromeric heterochromatin of chromosome arms 6S and 6L

Subagia ,2008.*Hama dan Penyakit Tanaman Edisi Revisi*. Penebar Swadaya , Jakarta.

Sugiarti, S. dkk. 2002. Avertebrata Air Jilid I. Depok: Penebar Swadaya.

Suprihatin, 2010. Teknologi Fermentasi. UNESA Press

Syahrurachman, A. (1994). Mikrobiologi Kedokteran. Edisi Revisi. Penerbit Bina Rupa Aksara. Jakarta.

waluyo, lud.2007. Mikrobioloi umum

Wijaya, Sheila.2014. *The Secret Of Jamur*.Malang:Flash Indo

Williams, T. D. dan J. Bridge. 1983 Plant Pathologist's Pocketbook Second Edition. Commonwealth Agriculture Bureaux. The Canbrian News Ltd, Queen Street, Aberystwyth, wales. Halaman 225-249.