

ANATOMI TUMBUHAN

Prof. Dr. Cartonno, S.Pd., M.Pd., M.T.



ANATOMI TUMBUHAN

Prof. Dr. Cartonno, S.Pd., M.Pd., M.T.

ANATOMI TUMBUHAN

Penulis:

Prof. Dr. Cartonno, S.Pd., M.Pd., M.T.

Tata Letak : Lilis Khalisatul Karimah, S.H.
Desain Cover : Septimike Yourintan Mutiara, S.Gz.
Ukuran : UNESCO 15,5 x 23 cm
Halaman : v, 212
ISBN : 978-634-7021-01-4
Terbit Pada : November 2024
Anggota IKAPI : No. 073/BANTEN/2023

Hak Cipta 2024 @ Sada Kurnia Pustaka dan Penulis

Hak cipta dilindungi undang-undang dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.

PENERBIT PT SADA KURNIA PUSTAKA

Jl. Warung Selikur Km.6 Sukajaya – Careng, Kab. Serang Banten
Email : sadapenerbit@gmail.com
Website : sadapenerbit.com & repository.sadapenerbit.com
Telpon/WA : +62 838 1281 8431

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah Rabbul Alamin, yang telah melimpahkan kekuatan lahir dan batin kepada kami, sehingga setelah melalui proses yang cukup panjang, buku Anatomi Tumbuhan ini akhirnya dapat dicetak, diterbitkan, dan hadir di hadapan para pembaca. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, pengikut, serta penolong beliau hingga akhir zaman. Kami juga berdoa semoga kita semua selalu mendapatkan ridho Allah dan dihimpun bersama orang-orang yang shalih, dari Nabi Adam a.s. hingga orang shalih terakhir yang hidup di dunia ini.

Kebutuhan akan literatur yang membahas secara khusus mengenai anatomi atau struktur bagian dalam tumbuhan, khususnya bagi mahasiswa calon guru Sains, terasa semakin mendesak. Dalam disiplin ilmu Biologi, literatur yang membahas Anatomi Tumbuhan masih sangat terbatas. Oleh karena itu, buku ini disusun sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Buku ini pada awalnya merupakan kumpulan materi kuliah, baik dari ketika penulis masih menjadi mahasiswa maupun ketika sudah menjadi staf pengajar. Sumber utama rujukan kami adalah buku Anatomi Tumbuhan karya Prof. Dr. Ir. Wibisono Soerodikoesoemo, M.Sc., dan Dra. Sri Woelaningsih Santosa, yang diterbitkan oleh Universitas Terbuka. Catatan-catatan tersebut kemudian penulis tambahkan dengan berbagai referensi lainnya sehingga dapat disusun menjadi buku yang kini ada di tangan pembaca.

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UNPAS. Tak lupa, kami juga mengucapkan terima kasih kepada PENERBIT PT SADA KURNIA PUSTAKA yang selalu terbuka untuk mempublikasikan karya-karya penulis, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam terbitnya buku ini.

Upaya untuk menerbitkan buku yang sesuai dengan kebutuhan kurikulum Perguruan Tinggi, khususnya LPTK, harus terus dilakukan seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan dunia pendidikan. Kami menyadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, kami sangat menghargai segala bentuk masukan, baik berupa kritik maupun saran, yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk penyempurnaan buku ini di masa mendatang.

Akhir kata, dengan segala keterbatasan yang ada, kami berharap buku ini dapat memberikan manfaat yang besar dalam upaya mencerdaskan kehidupan bangsa.

Bandung, Oktober 2024
Penulis,

Prof. Dr. Cartonno, S.Pd., M.Pd., M.T.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB 1 BAGIAN-BAGIAN SEL DAN SISTEM REPRODUKSINYA	1
A. Sel dan Bagian-Bagiannya.....	2
B. Sistem Reproduksi Sel	38
BAB 2 MERISTEM, JARINGAN DASAR DAN JARINGAN PELINDUNG	51
A. Meristem dan Jaringan Dewasa.....	52
B. Jaringan Dasar (Parenkim).....	71
C. Jaringan Pelindung.....	75
BAB 3 JARINGAN : PENGUAT, JARINGAN DAN SEKTORI	86
A. Jaringan Penguat	87
B. Jaringan Penguat	93
C. Jaringan Sekretori.....	100
BAB 4 BATANG DAN KARAKTERISTIKNYA	108
A. Epidermis, Korteks dan Stele	109
B. Anatomi Batang Yang Umum.....	115
C. Anomali Pada Batang	125
BAB 5 AKAR DAN DAUN	133
A. Struktur Anatomi Akar dan Perkembangannya.....	133
B. Struktur Anatomi Daun.....	151
BAB 6 BUNGA, BUAH DAN BIJI	166
A. Bunga	167
B. Penyerbukan Dan Pembuahan	187
C. Buah.....	191
D. Biji.....	196
DAFTAR PUSTAKA.....	201
GLOSARIUM	206
INDEKS.....	208
BIOGRAFI PENULIS.....	212

BAB 1

BAGIAN-BAGIAN SEL DAN SISTEM REPRODUKSINYA

Kata "sel" berasal dari "*cellula*" dalam bahasa Latin, yang artinya ruang kecil. Pada abad ke-17, seorang ahli fisika-matematika dan arsitek asal Inggris, Robert Hooke, pertama kali memperkenalkan istilah ini. Saat itu, ia sedang mengamati potongan gabus di bawah mikroskop dan menemukan struktur kecil yang dibatasi oleh dinding, terlihat pada gabus. Struktur ini, yang dikenal sebagai sel, juga ditemukan pada bagian lain dari tubuh tumbuhan. Ditemukan bahwa sel-sel hidup mengandung cairan di dalamnya. Dari sini, muncul pemahaman bahwa tubuh tumbuhan terdiri dari sel-sel.

Dua ilmuwan Jerman, Mathias Schleiden, ahli botani, dan Theodor Schwann, ahli zoologi, menemukan kesamaan dalam struktur jaringan tumbuhan dan hewan. Pada tahun 1838, mereka berdua mengusulkan konsep bahwa semua jaringan, atau dengan kata lain, semua organisme, tersusun dari sel-sel. Konsep ini, yang dikenal sebagai Teori Sel, kini menjadi salah satu prinsip dasar dalam biologi.

Melanjutkan penemuan ini, Teori Sel berkembang menjadi fondasi penting dalam studi biologi. Teori ini tidak hanya menjelaskan struktur fisik makhluk hidup tetapi juga memberikan wawasan tentang fungsi dan proses biologis yang terjadi di dalam sel. Sel menjadi unit dasar kehidupan, dan pemahaman tentang sel membantu dalam berbagai penelitian, mulai dari pengembangan obat hingga teknik bioteknologi. Kajian sel juga memainkan peran penting dalam memahami penyakit dan gangguan pada tingkat selular, membuka jalan bagi inovasi dalam pengobatan dan terapi.

Dalam perkembangan selanjutnya, penemuan tentang sel terus berkembang, membawa implikasi signifikan dalam banyak bidang. Dari penelitian genetik hingga aplikasi dalam rekayasa genetika dan terapi sel, pemahaman tentang sel telah mengubah dunia kedokteran dan biologi. Ini menegaskan betapa pentingnya penemuan Hooke dan kontribusi Schleiden dan Schwann dalam memajukan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang biologi dan kedokteran.

A. Sel dan Bagian-Bagiannya

Sel adalah unit dasar kehidupan, yang menunjukkan kompleksitas dan spesialisasi yang luar biasa. Memahami berbagai bagian sel dan fungsinya sangat penting untuk memahami proses biologis. Sel terdiri dari banyak organel, masing-masing memiliki peran yang berbeda yang berkontribusi pada keseluruhan fungsi sel. Tanggapan ini akan mengeksplorasi komponen utama sel, fungsinya, dan interaksi rumit yang terjadi di dalam lingkungan sel.

Membran plasma adalah komponen penting dari sel, yang bertindak sebagai penghalang yang memisahkan bagian dalam sel dari lingkungan eksternal. Membran ini terutama terdiri dari bilayer fosfolipid dengan protein tertanam yang memfasilitasi komunikasi dan transportasi. Model mosaik fluida menggambarkan struktur ini, menekankan sifat dinamis membran, di mana protein dan lipid dapat bergerak secara lateral di dalam lapisan (Alonso, 2016). Permeabilitas selektif membran sangat penting untuk mempertahankan homeostasis, memungkinkan sel untuk mengatur masuk dan keluarnya zat (El-Badri, 2020).

Di dalam sel, sitoplasma berfungsi sebagai media tempat organel-organel tersuspensi. Ini adalah zat seperti gel yang mengandung berbagai molekul, ion, dan organel, yang menyediakan tempat untuk reaksi metabolisme. Sitoskeleton, jaringan filamen protein dan tubulus, memainkan peran penting dalam mempertahankan bentuk sel, memungkinkan pergerakan, dan memfasilitasi transportasi intraseluler (Fages, 2014). Kerangka struktural ini sangat penting untuk proses-proses seperti pembelahan sel dan pengangkutan material di dalam sel (Gahan, 2014).

Nukleus sering disebut sebagai pusat kendali sel, tempat materi genetik (DNA) yang menentukan fungsi sel. Selubung nukleus, struktur membran ganda, mengelilingi nukleus dan mengandung pori-pori nukleus yang mengatur pertukaran bahan antara nukleus dan sitoplasma (Piwocka et al., 2018). Di dalam nukleus, kromatin mengatur DNA ke dalam struktur yang kompak, dan nukleolus terlibat dalam sintesis ribosom (Diaspro, 2010). Regulasi ekspresi gen di dalam nukleus sangat penting untuk diferensiasi seluler dan respons terhadap sinyal lingkungan (Mustapha et al., 2022).

Mitokondria, yang dikenal sebagai pembangkit tenaga listrik sel, bertanggung jawab untuk memproduksi adenosin trifosfat (ATP) melalui fosforilasi oksidatif. Organel ini memiliki DNA dan ribosomnya sendiri, yang menunjukkan asal usul evolusi dari prokariota yang hidup bebas (Zhang et al., 2019). Fungsi mitokondria sangat penting untuk metabolisme energi, dan disfungsi mitokondria terlibat dalam berbagai penyakit, termasuk gangguan neurodegeneratif dan sindrom metabolik (Cote et al., 2015). Selain itu, mitokondria berperan dalam apoptosis, proses kematian sel terprogram yang sangat penting untuk menjaga homeostasis sel (Bryan & Norris, 2010).

Retikulum endoplasma (RE) adalah organel vital lainnya, yang terdiri dari jaringan membran yang terlibat dalam sintesis protein dan lipid. RE kasar bertabur ribosom, tempat sintesis protein terjadi, sedangkan RE halus terlibat dalam metabolisme lipid dan proses detoksifikasi (Shroff et al., 2019). RE juga berperan dalam penyimpanan dan pensinyalan kalsium, yang sangat penting untuk berbagai fungsi seluler (Fischer, 2019). Fungsi RE yang tepat sangat penting untuk menjaga kesehatan sel, dan disfungsi RE dapat menyebabkan penyakit seperti diabetes dan degenerasi saraf (Webb et al., 2019).

Aparatus Golgi berfungsi sebagai pusat pengemasan dan distribusi sel. Alat ini memodifikasi, menyortir, dan mengemas protein dan lipid yang disintesis di RE untuk diangkut ke tempat tujuan, baik di dalam maupun di luar sel (Kriete et al., 2014). Aparatus Golgi terlibat dalam glikosilasi protein, sebuah proses yang sangat penting untuk stabilitas dan fungsi protein (Kalani et al.,

2011). Disfungsi pada fungsi aparatus Golgi dapat menyebabkan berbagai penyakit, termasuk kelainan bawaan dan kanker (Franchi & Rodriguez-Porcel, 2017).

Lisosom adalah organel terikat membran yang mengandung enzim hidrolitik yang bertanggung jawab untuk memecah bahan limbah dan puing-puing sel. Mereka memainkan peran penting dalam autofagi, sebuah proses yang mendaur ulang komponen seluler dan mempertahankan homeostasis seluler (Prentice & Denison, 2001). Disfungsi lisosom dikaitkan dengan beberapa penyakit penyimpanan lisosom, yang dapat menyebabkan konsekuensi seluler dan sistemik yang parah (Proserpio et al., 2021). Integritas lisosom sangat penting untuk kesehatan sel, karena mencegah akumulasi bahan beracun di dalam sel (Willaert & Sahli, 2011).

Peroksisom adalah organel yang terlibat dalam metabolisme lipid dan detoksifikasi zat berbahaya. Peroksisom mengandung enzim yang mengkatalisis pemecahan asam lemak dan detoksifikasi hidrogen peroksida, produk sampingan dari metabolisme sel (Maier et al., 2022). Gangguan peroksisom dapat menyebabkan disfungsi metabolisme yang parah, menyoroti pentingnya peroksisom dalam menjaga kesehatan sel (Öztürk et al., 2020). Interaksi antara peroksisom dan mitokondria sangat penting untuk metabolisme lipid dan produksi energi (Woodby et al., 2016).

Vesikel ekstraseluler muncul sebagai pemain penting dalam komunikasi sel. Struktur yang terikat membran ini dilepaskan oleh sel dan dapat mentransfer protein, lipid, dan asam nukleat ke sel lain, memengaruhi berbagai proses biologis (Botvinick & Shah, 2007). Vesikel ekstraseluler terlibat dalam pensinyalan antar sel, respons imun, dan penyebaran penyakit seperti kanker (Miranda et al., 2022). Peran mereka dalam memediasi komunikasi antar sel menggarisbawahi kompleksitas interaksi seluler dan pentingnya lingkungan mikro dalam perilaku seluler (Leeman et al., 2014).

Jaringan interaksi yang rumit antara komponen seluler sangat penting untuk mempertahankan fungsi seluler dan merespons perubahan lingkungan. Studi biologi sel terus berkembang, dengan kemajuan teknik seperti pengurutan dan pencitraan sel tunggal yang memberikan wawasan yang lebih dalam ke dalam proses seluler

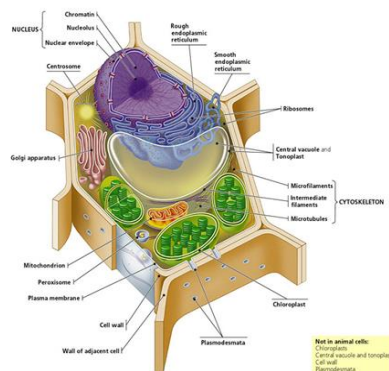
(Niklas & Heinzle, 2011). Memahami komponen dan fungsi sel merupakan hal yang fundamental dalam bidang biologi dan kedokteran, karena hal ini menjadi dasar untuk mengembangkan strategi terapeutik untuk berbagai penyakit (Jha et al., 2017).

Isi internal sel, yang terletak di balik dindingnya, tersusun dari substansi yang dikenal sebagai protoplasma - suatu bentuk dasar materi hidup. Keseluruhan komponen yang terbentuk dari protoplasma ini disebut sebagai protoplas. Pada tahun 1880, Hanstein mengemukakan konsep bahwa dalam setiap sel terdapat satu kesatuan protoplasma yang disebut protoplas.

Protoplasma merupakan bahan vital yang mengisi ruang dalam sel, membentuk dasar kehidupan dalam wujudnya yang paling sederhana. Struktur yang tersusun dari protoplasma ini dikenal dengan istilah protoplas. Hanstein, seorang ilmuwan di era 1880-an, mendefinisikan protoplas sebagai suatu entitas tunggal protoplasma yang terkandung dalam masing-masing sel.

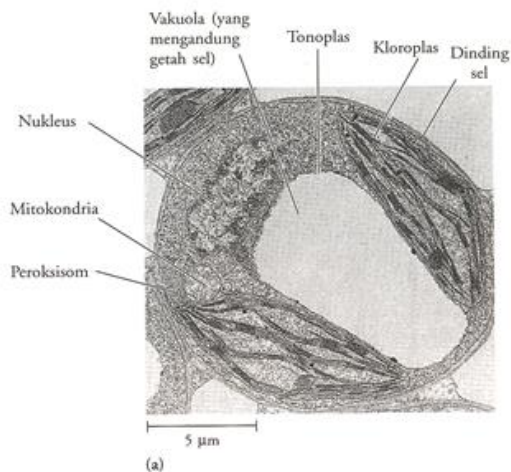
Dinding sel menyelubungi bagian dalam yang terdiri dari zat bernama protoplasma, yang merupakan bentuk elementer dari materi hidup. Keseluruhan bagian yang terbentuk dari protoplasma ini dikenal sebagai protoplas. Pada tahun 1880, Hanstein mengajukan gagasan bahwa protoplas merupakan satu unit protoplasma yang terdapat dalam setiap sel individu.

Jadi sel bukan hanya berarti *cytos* (perkataan Yunani, yang berarti tempat berongga), melainkan berarti *cella* (perkataan Romawi, yang berarti kantong berisi).



Gambar 1.1: Bagan sel dengan komponen-komponennya

Struktur sel tumbuhan menunjukkan variasi bentuk yang luas. Beberapa sel menyerupai bentuk peluru, ada yang berbentuk kubus, bentuk polihedral, prisma, bentuk memanjang, serupa serabut, atau mirip bentuk ular. Ukuran penampang lintang sel-sel ini umumnya berkisar antara 1/100 hingga 1/10 milimeter (10 hingga 100 mikrometer). Namun, terdapat juga sel-sel tumbuhan yang memiliki diameter sebesar 1 milimeter atau lebih, cukup besar sehingga bisa dilihat tanpa alat bantu, seperti pada sel-sel empulur batang atau pada daging buah. (perhatikan sel-sel pada bagian tengah batang ketela pohon atau pada daging buah pepaya). Panjang sel-sel juga bermacam-macam. Serabut-serabut kayu dan serabut-serabut kulit kayu pada tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae) mempunyai panjang 1-3 mm, sedang pada tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) 2-8 mm. Panjang sel-sel serabut dapat mencapai 20-550 mm, ialah yang terdapat pada batang tumbuhan Urticaceae dan pada berbagai tumbuhan berbiji berkeping satu (Monocotyledoneae). Namun sel-sel yang terpanjang bukannya sel-sel serabut, melainkan sel-sel buluh getah, ialah yang terdapat pada tumbuhan yang mengeluarkan getah apabila tubuhnya dilukai; panjangnya dapat mencapai beberapa meter. Sel-sel tersebut bercabang-cabang di seluruh tubuh tumbuhan yang bersangkutan.



Gambar 1.2: Sel Tumbuhan dilihat dengan Mikroskop Elektron

Berlawanan dengan sel-sel pada hewan, sel tumbuhan umumnya memiliki dinding sel yang jelas dan terdefinisi. Dinding sel ini pada dasarnya adalah produk dari sekresi yang berasal dari protoplas. Oleh karena itu, struktur dinding sel sangat dipengaruhi oleh karakteristik protoplas asalnya.

Sel-sel yang dindingnya disebut sel-sel telanjang. Sel-sel semacam ini hanya dibatasi oleh selaput tipis saja, keadaan semacam ini misalnya terdapat pada sel-sel sperma. Pada peristiwa pembuahan sel-sel ini akan bersatu dengan sel telur. Di dalam sel-sel yang telah mati, dari bagianbagiannya paling banyak hanya terdapat sisa-sisanya saja, diliputi oleh dinding sel; atau malahan hanya ada air atau udara saja. Walaupun demikian, sel-sel itu umumnya mempunyai arti penting bagi tumbuhannya, misalnya untuk pelindung, penguat, atau pengangkutan air.

Pada dasarnya, sel-sel tumbuhan terdiri dari dua komponen utama:

1. Protoplas, yang meliputi komponen hidup (protoplasmik) dan non-hidup (non-protoplasmik).

Protoplasma meliputi: 1) Nukleus (inti sel): Mengandung DNA dan mengontrol berbagai aktivitas sel, 2) Sitosol: Cairan dalam sel yang mengelilingi organel, tempat berbagai reaksi kimia terjadi, 3) Organel-organel lainnya: Seperti mitokondria (untuk produksi energi), kloroplas (tempat fotosintesis), retikulum endoplasma, dan ribosom (tempat sintesis protein).

Komponen non-protoplasmik dalam sel tumbuhan meliputi vakuola besar yang berisi cairan (sap sel) yang berfungsi untuk menyimpan air, nutrisi, dan limbah metabolisme.

2. Dinding sel, yang bersifat non-protoplasmik.

Dinding sel tumbuhan bersifat non-protoplasmik, artinya tidak hidup. Dinding ini berfungsi untuk memberikan kekuatan struktural pada sel, melindungi sel dari kerusakan fisik, dan mengatur pertumbuhan. Dinding sel terbentuk dari **selulosa**, hemiselulosa, dan lignin yang menjadikannya keras namun fleksibel.

1. Sel Protoplasmik

Sel protoplasmik, bagian hidup dari sel, merupakan sebagian dari protoplas. Ini termasuk sitoplasma, membran sel, inti sel, plastida, dan mitokondria.

a. Sitoplasma

Sitoplasma, juga dikenal sebagai plasma sel, terlihat transparan di bawah mikroskop biasa. Lebih kental dari air, sitoplasma mengandung butiran dan partikel berukuran beragam. Komposisinya sangat kompleks, dengan dasar air dan berbagai zat organik dan anorganik terlarut atau dalam bentuk koloid. Zat-zat ini dapat berupa garam, karbohidrat, dan molekul lain dalam larutan atau dispersi koloid. Pengamatan dengan mikroskop elektron menunjukkan adanya perbedaan dalam membran sitoplasma, termasuk membran plasma yang membatasi sitoplasma dan dinding sel, serta membran vakuola yang memisahkan sitoplasma dan vakuola.

1) Membran Plasma

Membran plasma adalah lapisan terluar dari sitoplasma. Di beberapa area, membran plasma sel ini berhubungan dengan membran plasma sel-sel tetangga, terutama di daerah tanpa penebalan dinding sel, yang dikenal sebagai noktah. Hubungan ini, melalui struktur seperti benang yang disebut plasmodesmata, penting untuk transfer nutrisi dan sinyal. Plasmodesmata ini mengandung struktur mikroskopis yang dikenal sebagai mikrotubula.

2) Membran Vakuola

Membran vakuola memisahkan sitoplasma berbutir, atau polioplasma, dari vakuola yang berisi cairan sel. Bagian dasar dari polioplasma ini dikenal sebagai hyaloplasma.

3) Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma adalah sistem membran dalam sitoplasma yang berbentuk seperti tabung pipih. Di bawah mikroskop elektron, retikulum ini tampak sebagai pasangan membran yang sejajar dan membentuk jaringan atau retikulum. Bentuknya bervariasi, dari tabung sempit hingga lembaran panjang yang melipat. Pada satu sisi, retikulum ini sering memiliki ribosom, yang tampak kasar dan berbentuk setengah bola. Ribosom ini juga

bisa berada bebas dalam sitoplasma atau berbaris membentuk polisom. Retikulum dengan ribosom disebut retikulum endoplasma kasar, sementara tanpa ribosom disebut retikulum endoplasma halus. Retikulum endoplasma ini berperan dalam sintesis asam lemak dan protein.

4) Diktiosom

Diktiosom, atau aparat Golgi, merupakan kumpulan rongga pipih yang dikelilingi oleh vesikel. Vesikel ini terbentuk dari tepi diktiosom dan terpisah masuk ke dalam sitoplasma. Diktiosom berperan dalam sekresi, termasuk dalam pembentukan penebalan dinding sel.

5) Mikrobodi

Mikrobodi, ditemukan di semua jenis sel tumbuhan, berdiameter 0,5-1,5 μm dan dikelilingi oleh membran tunggal. Berbentuk bulat atau seperti mangkuk, berwarna lebih gelap dari sitoplasma sekitar dan kadang mengandung kristal. Mikrobodi sering berhubungan dengan retikulum endoplasma dan mengandung enzim oksidatif. Contohnya adalah glioksisom di sel biji yang berkecambah, mengubah minyak dan lemak menjadi karbohidrat, serta peroksisom di sel daun yang terlibat dalam sintesis asam amino dan proses fotorespirasi.

6) Sferosom

Sferosom, yang di masa lalu dikenal sebagai mikrosom, adalah partikel kecil yang bergerak cepat dalam sitoplasma sel hidup. Sulit dipelajari karena ukuran kecilnya, sferosom dianggap berasal dari retikulum endoplasma. Sferosom kecil yang terpisah dari retikulum berkembang menjadi bentuk yang lebih besar dan sering berubah menjadi badan lemak. Fungsi utama sferosom adalah pembentukan lemak, meski kemungkinan fungsi lain juga ada. Sferosom dikelilingi oleh membran tunggal.