



Peran Badan Golgi Sebagai Pusat Pemrosesan Protein dan Sistem Sekretori Sel

Uki Cahyana¹, Ermy Amelia², Adnan³
^{1,2,3}Universitas Negeri Makassar, Indonesia
E-mail: cahyanaukii24@gmail.com

| Article Info | Abstract |
|---|--|
| Article History Received: 2025-04-15 Revised: 2025-05-21 Published: 2025-06-09 Keywords: <i>Golgi Body;</i> <i>Protein;</i> <i>Cell;</i> <i>Secretory</i> | Cells are the smallest structural and functional units of living things with complex internal systems that allow biological activities such as protein synthesis, DNA replication, and molecular transport to occur. One of the important systems in cells is the secretory system, which plays a role in the production, packaging, and delivery of substances such as enzymes, hormones, and proteins to the outside or to other parts of the cell. This research uses a literature review method with meta-analysis techniques, starting from problem formulation, searching, to analyzing relevant literature. Secretory vesicle formation is an important stage in the secretory system that allows the transport of molecules processed in the Golgi body. Golgi bodies are the central organelles in this system that are responsible for modifying, sorting, and packaging proteins after they are synthesized in the endoplasmic reticulum. In addition, the Golgi helps form plasma membranes, plant cell walls and spermatozoa acrosomes. This process is crucial as proteins play a role in metabolism, growth, intercellular communication, and responses to stress or infection. |

| Artikel Info | Abstrak |
|---|---|
| Sejarah Artikel Diterima: 2025-04-15 Direvisi: 2025-05-21 Dipublikasi: 2025-06-09 Kata kunci: <i>Badan Golgi;</i> <i>Protein;</i> <i>Sel;</i> <i>Sekretori.</i> | Sel merupakan unit struktural dan fungsional terkecil makhluk hidup dengan sistem internal kompleks yang memungkinkan terjadinya aktivitas biologis seperti sintesis protein, replikasi DNA, dan transpor molekul. Salah satu sistem penting dalam sel adalah sistem sekretori, yang berperan dalam produksi, pengemasan, dan pengiriman zat seperti enzim, hormon, dan protein ke luar atau ke bagian lain sel. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka dengan teknik meta analisis, dimulai dari perumusan masalah, pencarian, hingga analisis literatur relevan. Pembentukan vesikel sekretori merupakan tahap penting dalam sistem sekretori yang memungkinkan pengangkutan molekul hasil pemrosesan di badan Golgi. Badan Golgi sendiri merupakan organel sentral dalam sistem ini yang bertugas memodifikasi, menyortir, dan mengemas protein setelah disintesis di retikulum endoplasma. Selain itu, Golgi membantu pembentukan membran plasma, dinding sel tumbuhan, dan akrosom spermatozoa. Proses ini krusial karena protein berperan dalam metabolisme, pertumbuhan, komunikasi antarsel, dan respons terhadap stres atau infeksi. |

I. PENDAHULUAN

Sel sebagai unit struktural dan fungsional terkecil dalam organisme hidup memiliki kompleksitas sistem internal yang mendukung berbagai aktivitas biologis. Dalam sel eukariotik, organel-organel bekerja secara sinergis untuk menjalankan fungsi utama seperti sintesis protein, replikasi DNA, dan transpor molekul. Salah satu proses fundamental dalam sel adalah sintesis dan sekresi protein, yang terlibat dalam regulasi hampir seluruh aspek fisiologi tubuh. Informasi genetik yang tersimpan dalam DNA harus diubah menjadi protein yang berperan dalam berbagai proses biologis, seperti metabolisme, pertumbuhan, dan respons terhadap lingkungan.

Sel merupakan kesatuan struktural makhluk hidup, sel merupakan suatu kesatuan fungsional

makhluk hidup, dan sel merupakan kesatuan hereditas makhluk hidup yang lebih kompleks, teori sel mengandung makna semua makhluk hidup terdapat di atas sel. Sel yang baru dibentuk berasal dari pembelahan sel sebelumnya, dan semua sel memiliki kemiripan yang mendasar dalam hal komposisi kimia dan aktivitas metabolismenya (Adnan et al., 2015). Adapun sistem dalam sel yang bertanggung jawab atas produksi, pengemasan, dan pengiriman zat-zat (seperti enzim, hormon, dan protein) ke luar atau ke bagian lain dari sel adalah sistem sekretori.

Sistem sekretori sel merupakan jalur terorganisir yang melibatkan berbagai organel, termasuk retikulum endoplasma (RE), badan Golgi, vesikula sekretori, dan membran plasma. Setelah translasi protein terjadi di ribosom pada RE kasar, protein mengalami modifikasi awal

sebelum diarahkan ke badan Golgi untuk pemrosesan lebih lanjut. Jalur ini tidak hanya penting untuk produksi protein fungsional, tetapi juga untuk mempertahankan homeostasis seluler. Badan Golgi memegang peran sentral dalam sistem sekretori karena berfungsi sebagai pusat modifikasi pascatranslasi, sortasi, dan pengemasan protein. Organel ini terdiri dari tumpukan cisternae yang memungkinkan terjadinya pemrosesan bertahap terhadap protein yang masuk. Proses seperti glikosilasi, sulfatasi, dan fosforilasi yang berlangsung di badan Golgi menentukan stabilitas, aktivitas, dan tujuan akhir dari protein.

Pemahaman mengenai peran badan Golgi dalam sistem sekretori telah mengalami perkembangan signifikan melalui kemajuan biologi sel, biokimia, dan teknologi pencitraan. Studi-studi terbaru menunjukkan bahwa badan Golgi tidak hanya bersifat statis, melainkan memiliki dinamika struktural dan fungsional yang dipengaruhi oleh kebutuhan fisiologis dan kondisi lingkungan sel. Hal ini memberikan implikasi luas terhadap bagaimana sel merespons stres, infeksi, atau mutasi genetik. Disfungsi badan Golgi telah dikaitkan dengan berbagai patologi, termasuk gangguan neurodegeneratif, kelainan metabolik, dan kanker. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemrosesan protein yang tidak sempurna dapat mengganggu jalur sekresi dan menyebabkan akumulasi protein yang tidak terlipat dengan benar, yang pada akhirnya merusak fungsi sel. Oleh karena itu, penting untuk memahami mekanisme molekuler yang mengatur kerja badan Golgi secara lebih komprehensif.

Khusus pada sel-sel dengan tingkat sekresi tinggi, seperti sel endokrin dan neuron, badan Golgi menunjukkan adaptasi struktural dan fungsional tertentu untuk mendukung efisiensi jalur sekretori. Hal ini menunjukkan adanya korelasi antara jenis sel, aktivitas sekretori, dan kapasitas pemrosesan protein oleh badan Golgi. Kajian mendalam terhadap korelasi ini dapat membuka wawasan baru dalam pengembangan terapi berbasis sel. Berdasarkan latar belakang tersebut, tulisan ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara kritis dan analitis peran badan Golgi sebagai pusat pemrosesan protein dalam sistem sekretori sel, dengan penekanan pada mekanisme molekuler, dinamika organel, serta relevansinya terhadap kondisi fisiologis dan patologis pada tingkat seluler dan sistemik.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah literatur review dengan teknik meta analisis. Penelitian metode literatur review adalah aktivitas yang digunakan untuk mengumpulkan data kepustakaan dengan cara membaca, mencatat, mengolah, dan diramu menjadi satu penelitian dengan analisis data. Penelitian dengan teknik meta analisis mempunyai beberapa tahapan dimulai dari memformulasikan permasalahan penelitian, kemudian mencari literatur yang berkaitan dengan penelitian, kemudian menganalisis literatur yang dipilih.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Mekanisme Pemrosesan Protein

Sintesis protein adalah proses biologis kompleks yang dilakukan sel untuk membangun protein, bahan dasar pembentuk kehidupan. Proses ini penting untuk pertumbuhan, pemeliharaan, dan perbaikan organisme hidup, dan melibatkan serangkaian peristiwa yang harus terjadi dalam urutan tertentu. Proses sintesis protein dimulai dengan transkripsi DNA, materi genetik yang menyimpan instruksi untuk membuat protein, menjadi messenger RNA (mRNA). Proses ini berlangsung di dalam nukleus sel, tempat enzim yang disebut RNA polimerase membaca urutan DNA dan mensintesis untai mRNA komplementer. Molekul mRNA kemudian bergerak dari nukleus ke sitoplasma sel, tempat ia bertemu dengan ribosom, struktur seluler yang bertanggung jawab untuk menerjemahkan kode genetik menjadi protein. Ribosom terdiri dari dua subunit, yang masing-masing terdiri dari molekul RNA dan protein. Proses penerjemahan dimulai dengan pengikatan molekul mRNA ke subunit ribosom kecil. Ribosom kemudian memindai molekul mRNA hingga menemukan kodon awal, yang menandakan dimulainya urutan pengkodean protein. Selanjutnya, molekul transfer RNA (tRNA), yang spesifik untuk setiap asam amino, membawa asam amino ke ribosom. Setiap molekul tRNA mengandung antikodon, yang cocok dengan kodon pada mRNA, serta tempat pengikatan untuk asam amino yang sesuai. Saat ribosom bergerak di sepanjang molekul mRNA, ribosom membawa molekul tRNA yang sesuai ke posisi yang tepat sehingga antikodon pada tRNA dapat berpasangan basa dengan kodon pada mRNA. Ribosom kemudian mengkatalisis

pembentukan ikatan peptida antara asam amino yang dibawa oleh molekul tRNA yang berdekatan (Abhaya, 2023).

Aparatus Golgi, atau yang dikenal juga sebagai Golgi kompleks, berfungsi sebagai pusat pemrosesan utama dalam sel, di mana protein yang dihasilkan dari retikulum endoplasma (RE) akan dimodifikasi dan disortir sebelum diarahkan ke tujuan akhirnya, seperti lisosom, membran plasma, atau dikeluarkan dari sel melalui proses sekresi. Selain memproses protein, organel ini juga berperan dalam sintesis glikolipid dan sfingomielin. Khusus pada sel tumbuhan, kompleks Golgi memiliki peran tambahan sebagai tempat sintesis polisakarida kompleks yang menyusun dinding sel. Secara keseluruhan, aparatus Golgi memainkan peran krusial dalam mengatur komponen sel yang terlibat dalam jalur sekretori. Protein yang memiliki fungsi spesifik di dalam Golgi harus dipertahankan agar tetap berada di dalam organel ini dan tidak ikut terbawa ke luar bersama vesikel transpor. Tidak seperti protein di lumen RE yang dapat larut, semua protein yang dipertahankan di Golgi terikat pada organel membran tersebut. Mekanisme untuk mempertahankan protein ini melibatkan sinyal tertentu yang terdapat pada bagian transmembran, yang mencegah protein masuk ke dalam vesikel transpor yang bergerak dari wilayah trans Golgi ke bagian sel lainnya (Cooper, 2000). Jadi berdasarkan pendapat tersebut bahwa Badan Golgi berfungsi seperti pusat sortir dan pengemasan dalam sel. Organel ini menerima protein dari retikulum endoplasma (RE), lalu memproses, menyortir, dan mengirimkannya ke bagian sel lain atau ke luar sel. Peran penting ini membuat badan Golgi sangat berpengaruh dalam menjaga keseimbangan dan fungsi sel.

2. Modifikasi Protein

Protein harus melipat ke dalam bentuk tiga dimensi yang benar agar dapat berfungsi dengan baik. Proses pelipatan protein bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk urutan asam amino, keberadaan protein pendamping, dan kondisi lingkungan sekitar. Setelah protein disintesis, protein tersebut dapat mengalami modifikasi lebih lanjut agar dapat berfungsi penuh. Modifikasi ini dapat mencakup penambahan fosfat (Abhaya, 2023). Pada proses pelipatan protein bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh

banyak faktor, termasuk urutan asam amino, keberadaan protein pendamping (pendamping), serta kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan konsentrasi ion dalam sel. Setelah protein disintesis di ribosom, protein tersebut tidak langsung aktif, tetapi harus mengalami modifikasi lebih lanjut agar dapat berfungsi penuh. Proses ini sangat penting agar protein dapat diarahkan ke tempat yang tepat dalam sel atau disekresikan keluar sesuai fungsinya.

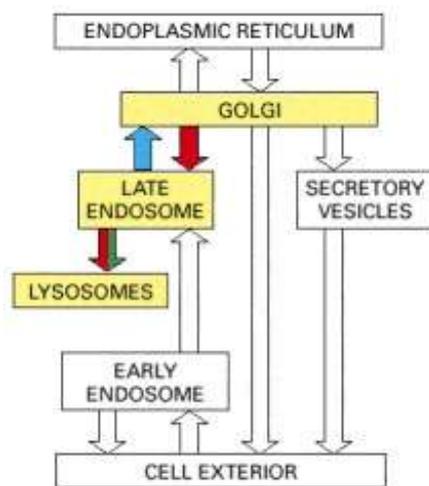
Setiap bagian atau sisterna dalam badan Golgi memiliki jenis enzim yang berbeda untuk memodifikasi protein. Enzim-enzim ini berperan dalam berbagai proses, seperti menambahkan atau menghilangkan molekul gula dari protein (glikosilasi), menambahkan gugus sulfat (sulfasi), serta gugus fosfat (fosforilasi). Protein yang sedang diproses, atau dikenal sebagai protein kargo, mengalami modifikasi secara bertahap oleh enzim-enzim tertentu yang disebut enzim residen, yang berada di tiap sisterna. Modifikasi ini terjadi secara berurutan dan disesuaikan dengan kebutuhan fungsi protein tersebut. Beberapa dari modifikasi ini berfungsi sebagai penanda yang membantu mengarahkan protein ke lokasi akhir mereka di dalam sel, seperti menuju lisosom atau membran plasma. Jika terjadi gangguan pada fungsi badan Golgi, hal ini dapat menyebabkan berbagai kelainan, seperti penyakit glikosilasi kongenital, beberapa jenis distrofi otot, serta ikut berperan dalam perkembangan penyakit seperti diabetes, kanker, dan fibrosis kistik (Ungar, 2009). Setelah protein dibuat di RE, protein tersebut dikirim ke badan Golgi. Di sana, protein dimodifikasi agar bisa berfungsi dengan benar. Salah satu proses utama adalah glikosilasi, yaitu penambahan gula pada protein untuk membentuk glikoprotein. Proses ini menentukan apakah protein akan aktif, stabil, atau ke mana ia harus dikirim.

3. Penyortiran dan Penentuan Tujuan

Protein-protein yang disintesis pada retikulum endoplasma yang diperuntukkan untuk membran plasma, lisosom, dan vesikula sekresi, diangkut ke badan golgi pada permukaan pembentukan. Protein-protein yang sampai pada permukaan pembentukan kompleks golgi bersama-sama dengan protein membran retikulum endoplasma. Kompleks golgi berperan memilih protein membran retikulum endoplasma oleh vesikula-vesikula kecil dan sisterna badan golgi permukaan

pembentukan (Adnan et al., 2015). Proses penyortiran ini menjadi langkah awal yang krusial dalam memastikan setiap protein dikirim ke lokasi yang tepat, sehingga fungsi sel dapat berjalan secara optimal dan terkoordinasi.

Semua protein yang melewati aparatus Golgi, kecuali yang dipertahankan sebagai penghuni tetap, akan disortir dalam jaringan trans Golgi sesuai dengan tujuan akhirnya. Mekanisme penyortiran ini telah dipahami dengan cukup baik, terutama untuk protein-protein yang dikhususkan untuk lumen lisosom. Pada bagian ini, kita akan membahas secara khusus bagaimana proses transportasi transmisi ini berlangsung. Pemahaman terhadap jalur penyortiran ini sangat penting, karena kesalahan dalam proses pengiriman protein dapat menyebabkan akumulasi protein yang tidak sesuai di lokasi tertentu dan berpotensi menimbulkan gangguan fungsi sel. Kita mulai dengan penjelasan singkat tentang struktur dan fungsi lisosom (lihat gambar 1) (Albert et al., 2002).



Gambar 1. Transport Protein

Sumber: Albert et al (2002)

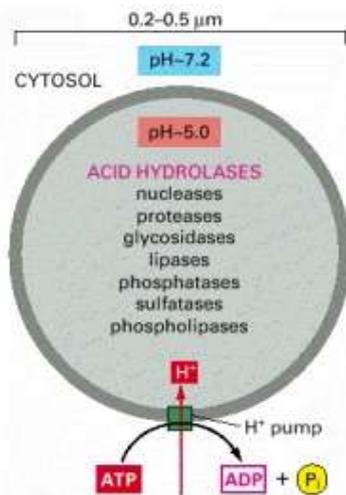
Gambar di atas menggambarkan jalur transpor protein dalam sistem sekretori sel, khususnya interaksi antara retikulum endoplasma (RE), badan Golgi, endosom, lisosom, vesikula sekretori, dan lingkungan luar sel. Protein yang baru disintesis di RE akan dikirim ke badan Golgi untuk mengalami modifikasi dan penyortiran. Dari badan Golgi, protein dapat diarahkan ke berbagai tujuan: ke vesikula sekretori untuk disekresikan ke luar sel, ke endosom akhir (endosom akhir) untuk kemudian menuju lisosom, atau kembali ke RE dan endosom awal (endosom awal) dalam proses daur ulang dan regulasi.

Jalur dari Golgi ke endosom akhir dan selanjutnya ke lisosom menandakan pengiriman protein yang terlibat dalam pencernaan intraseluler. Selain itu, terdapat komunikasi dua arah antara Golgi dan RE, serta antara endosom awal dengan lingkungan luar sel, yang mencerminkan dinamika proses endositosis dan eksositosis. Gambar ini menunjukkan bahwa badan Golgi berperan sebagai pusat penyortiran utama, menentukan rute akhir dari protein berdasarkan jenis dan fungsi dalam sel.

Lisosom adalah kompartemen yang tertutup membran yang diisi dengan enzim hidrolitik yang digunakan untuk pencernaan intraseluler makromolekul yang terkendali. Lisosom mengandung sekitar 40 jenis enzim hidrolitik, termasuk protease, nuklease, glikosidase, lipase fosfolipase, fosfatase, dan sulfatase. Semuanya adalah hidrolase asam. Untuk aktivitas optimal, lisosom membutuhkan lingkungan asam, dan lisosom menyediakan dengan mempertahankan pH sekitar 5,0 di bagian dalamnya. Dengan cara ini, isi sitosol terlindungi dua kali lipat terhadap serangan oleh sistem pencernaan sel itu sendiri. Membran lisosom biasanya menjaga enzim pencernaan keluar dari sitosol, tetapi bahkan jika enzim tersebut bocor keluar, enzim tersebut tidak akan menimbulkan banyak kerusakan pada pH sitosol sekitar 7,2 (Albert et al., 2002). Lisosom merupakan organel yang hadir dalam hampir semua sel eukariot serta kaya dengan enzim hidrolitik. Dalam sel mamalia, saiz lisosom adalah antara 0.1 hingga 1.0 μm , yang dianggap lebih kecil daripada saiz autofagosom yang secara purata antara 0.5 hingga 1.5 μm (Shen & Muzuhsima, 2014). Secara umumnya, lisosom berperanan dalam proses penguraian makromolekul yang dihasilkan daripada ruang ekstrasel menerusi endositosis atau fagositosis dan komponen intrasel seperti protein dan organel daripada sitoplasma menerusi proses autofagi (Eskelinen, 2006).

Seperti semua organel intraseluler lainnya, lisosom tidak hanya mengandung kumpulan enzim yang unik, tetapi juga memiliki membran sekitar yang unik. Protein transpor dalam membran ini memungkinkan produk akhir dari pencernaan makromolekul seperti asam amino, gula, dan nukleotida untuk diangkut ke sitosol, dari mana mereka dapat dikeluarkan atau digunakan kembali oleh sel. Pompa H^+ dalam membran lisosom

menggunakan energi hidrolisis ATP untuk memompa H^+ ke dalam lisosom, dengan demikian mempertahankan lumen pada pH asamnya (lihat gambar 2). H^+ ATPase vakuolar yang serupa atau identik diperkirakan mengasamkan semua organel endositotik dan eksositotik, termasuk lisosom, endosom, kompartemen tertentu dari aparatus Golgi, dan banyak vesikel transpor dan sekretori. Sebagian besar protein membran lisosom sangat terlikosilasi, yang membantu melindunginya dari protease lisosom di lumen (Albert et al., 2002).



Gambar 2. Struktur dan Fungsi Lisosom
Sumber: Albert et al (2002)

Gambar ini menjelaskan mekanisme pemeliharaan lingkungan asam dalam lisosom yang diperlukan untuk mengaktifkan enzim-enzim pencernaan. Hal ini sangat penting untuk mendaur ulang komponen sel yang rusak atau tidak lagi dibutuhkan melalui proses autofagi atau endositosis. Membran plasma menyediakan lingkungan yang sangat selektif untuk sejumlah besar protein transmembran dan protein yang terkait dengan membran. Sementara pergerakan lateral protein dalam lapisan lipid ini dimungkinkan, pergerakan tersebut agak terbatas pada sel tumbuhan yang turgid dan terlindungi dinding sel. Namun, proses pensinyalan yang berada di membran terjadi pada skala subdetik yang tidak dapat dijelaskan oleh model difusi sederhana. Dengan demikian, beberapa reseptor dan protein terkait membran lainnya terorganisasi dan berfungsi dalam nanodomain membran. Meskipun keberadaan umum nanodomain membran telah diterima secara luas sebagai fakta, aspek fungsional mendasar, peran spesies lipid individu dan interaksinya dengan protein, dan aspek

pemeliharaan dan persistensi nanodomain masih kurang dipahami. Di sini, kami meninjau pengetahuan terkini tentang organisasi dan fungsi nanodomain, dengan fokus khusus pada proses pensinyalan yang melibatkan protein, lipid, dan interaksinya (Jaillais & Ott, 2020).

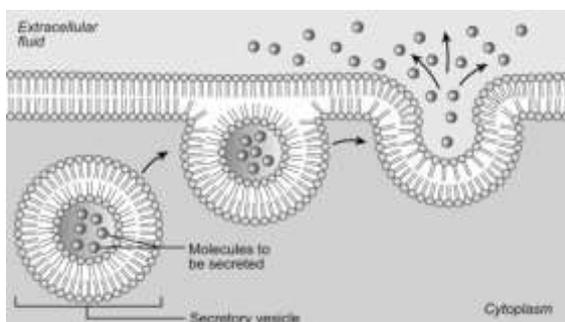
Jalur sekresi lisosom, yang dilalui oleh protein membran dan protein yang akan disekresikan. Fungsi dari berbagai bagian jalur sekresi adalah untuk mensintesis hormon sekresi, memantau pelipatannya, menambahkan modifikasi kovalen yang sesuai, dan mengantarkan protein ke tujuan yang benar. Jalur sekresi sel yang mensekresi protein dalam jumlah besar lebih jelas dan luas daripada sel yang mensekresi sedikit protein. Selain itu, jalur sekresi sel yang membuat peptida dan protein sekresi dalam jumlah besar mungkin berbeda dari sel lain karena mereka memiliki proses untuk memusatkan dan menyimpan hormon ini dalam vesikel inti padat yang besar, yang umumnya dikenal sebagai butiran sekresi. Penyimpanan protein ini menyediakan sarana bagi sel untuk melepaskan hormon dalam jumlah besar dengan cepat saat dibutuhkan. Jenis sel yang menyimpan protein dalam butiran untuk tujuan ini meliputi sel neuroendokrin, sel eksokrin, neuron peptidergik, dan sel mast. Struktur subseluler yang dominan dalam sel-sel ini adalah bagian dari jalur sekresi, yang terkait dengan pentingnya sintesis dan sekresi protein dalam sel-sel ini (Priscilla, 2004).

4. Pembentukan Vesikel Sekretori

Pembentukan vesikel sekretori merupakan tahap penting dalam sistem sekretori sel yang memungkinkan protein atau molekul lain hasil pemrosesan di badan Golgi dikirim ke tujuan akhirnya, baik ke membran plasma maupun ke luar sel. Setelah protein mengalami modifikasi dan penyortiran di aparatus Golgi, terutama di bagian trans-Golgi network (TGN), mereka akan dikemas ke dalam vesikel sekretori. Sel eukariotik menghasilkan berbagai jenis organel sekretori membran yang diklasifikasikan sebagai intraseluler atau ekstraseluler. Vesikel intraseluler diwakili oleh vesikel transpor, lisosom, dan berbagai jenis vesikel sekretori, sedangkan vesikel ekstraseluler adalah ektosom, eksosom, mikrovesikel (mikropartikel), partikel membran, dan vesikel apoptosis (Meldolesi, 2015). Vesikel

intraseluler adalah organel seluler yang dapat sepenuhnya menyatu dengan membran seluler, sedangkan vesikel ekstraseluler adalah kompartemen membran yang dilepaskan ke lingkungan sekitarnya. Secara umum, vesikel yang mengalami eksositosis konstitutif atau teregulasi berasal dari jaringan trans-Golgi atau dari endosom awal atau daur ulang, meskipun badan multivesikular dan lisosom telah dilaporkan mengalami eksositosis dalam kondisi tertentu (Verkhatsky et al., 2016).

Protein yang telah dimodifikasi dikemas ke dalam vesikel sekretori, vesikel ini Berfusi dengan membran plasma untuk melepaskan isinya (eksositosis). Eksositosis adalah proses di mana sel mengeluarkan zat sisa dan molekul besar lainnya dari sitoplasma ke bagian luar sel (lihat gambar 3) 50 menit. Yang lebih cepat lagi adalah makrofag yang dapat mendaur ulang isi membran plasmanya hanya dalam waktu 30 menit. dan karenanya merupakan kebalikan dari endositosis. Eksositosis menghasilkan vesikel yang disebut vesikel sekretori atau vesikel transpor. Dalam eksositosis, vesikel intraseluler (sekresi) menyatu dengan membran plasma dan melepaskan isi yang disekuestrasi dalam air ke luar pada saat yang sama ketika komponen hidrofobik membran vesikular (kebanyakan lipid dan protein) ditambahkan ke membran plasma (Komposisi keadaan tetap membran plasma dihasilkan dari keseimbangan antara endositosis dan eksositosis. Proses daur ulang membran plasma yang dihasilkan sangat cepat. Misalnya, sel sekretori pankreas mendaur ulang sejumlah membran yang sama dengan seluruh permukaan sel dalam (Stillwell, 2016).



Gambar 3. Eksositosis Vesikel sekretori intraseluler menyatu dengan membran plasma melepaskan isi yang larut dalam air ke luar dan menambahkan bahan membran ke membran plasma

Sumber: (Stillwell, 2016)

5. Fungsi Tambahan Badan Golgi

Selain mengolah protein, badan golgi memiliki fungsi tambahan seperti membantu pembentukan membran plasma, dinding sel pada tumbuhan, dan akrosom pada spermatozoa. Badan golgi juga berperan dalam pemrosesan dan modifikasi protein. Aparatus Golgi memainkan peran penting dalam mensintesis glikolipid dan sfingomielin untuk sekresi, serta zat penting lainnya seperti neurotransmitter. Secara fungsional, empat wilayahnya yang berbeda meliputi jaringan cis-Golgi; tumpukan Golgi (terdiri dari subkompartemen medial dan trans); jaringan trans-Golgi; dan organ Golgi. Protein yang diangkut dari RE memasuki aparatus Golgi melalui kompartemen perantara yang disebut kompartemen perantara RE-Golgi dan masuk ke jaringan cis-Golgi sebelum melanjutkan melalui kompartemen medial dan trans tumpukan Golgi, tempat sebagian besar aktivitas metabolisme berlangsung. Akhirnya, protein, lipid, dan polisakarida yang dimodifikasi berpindah ke jaringan trans-Golgi, yang bertindak sebagai pusat penyortiran dan distribusi sentral, menyalurkan lalu lintas molekuler menuju lisosom, membran plasma, atau ruang ekstraseluler. Aparatus Golgi memainkan peran penting dalam modifikasi dan sintesis karbohidrat dalam glikoprotein. Selain perannya dalam memproses dan menyortir glikoprotein, aparatus Golgi juga memainkan peran penting dalam metabolisme lipid dengan memproduksi glikolipid dan sintesis sfingomielin, Seperti yang disebutkan sebelumnya, RE mensintesis fosfolipid gliserol, kolesterol, dan seramida. Namun, setelah langkah itu, aparatus Golgi memainkan perannya dengan memproduksi fosfolipid nongliserol dari prekursor ini, seperti sfingomielin, atau dengan menambahkan karbohidrat ke prekursor ini untuk menghasilkan berbagai jenis glikolipid yang ada di dalam membran sel. Produksi sfingomielin dari fosfolipid nongliserol yang hanya ditemukan di dalam membran sel dengan menambahkan karbohidrat ke seramida dapat menghasilkan berbagai jenis glikolipid dari senyawa prekursor ini. Protein, lipid, dan polisakarida diangkut dari aparatus Golgi ke tujuan akhir mereka melalui jalur sekresi. (Mohan et al., 2023).

Aparatus Golgi telah dikenal sebagai stasiun pusat lalu lintas membran intraseluler karena berada di persimpangan rute

transportasi sekretori, lisosomal/vakuolar, dan endosomal (Jamieson & Palade, 1966; Farquhar & Palade, 1998); Nakano, 2022). Fungsi Golgi yang paling terkenal adalah perannya sebagai pabrik glikosilasi. Banyak protein sekretori memiliki rantai oligosakarida yang terhubung dengan N dan/atau O, yang mengalami reaksi modifikasi yang rumit (Berger & Rohrer, 2008; Stanly, 2011). Pada tumbuhan, sintesis polisakarida dinding sel juga merupakan tugas penting Golgi (Driauch et al., 199; Hoffiman et al., 2021). Untuk memenuhi reaksi biokimia ini, susunan cisternae Golgi dibedakan menjadi sub-kompartemen dan zona untuk mencapai kinerja terbaik (Dunphy & Rothman, 1985; Tie et al., 2018; Tojima et al., 2019). Dengan posisi strategisnya dan kemampuan enzimatis yang sangat spesifik, aparatus Golgi memainkan peran krusial tidak hanya dalam pemrosesan dan distribusi protein, tetapi juga dalam menjaga kestabilan struktural dan fungsional sel secara keseluruhan. Hal ini menjadikan Golgi sebagai pusat aktivitas biosintetik yang vital dalam semua jenis sel, termasuk pada organisme tumbuhan dan hewan.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Sel sebagai unit struktural dan fungsional terkecil dari makhluk hidup memiliki sistem internal yang kompleks dan terorganisasi, memungkinkan terjadinya berbagai aktivitas biologis penting, termasuk sintesis dan sekresi protein. Proses ini sangat vital karena protein berperan dalam hampir semua aspek fisiologi sel, seperti metabolisme, pertumbuhan, komunikasi antarsel, dan respons terhadap stres atau infeksi. Badan Golgi merupakan organel sentral dalam sistem sekretori sel yang bertanggung jawab terhadap modifikasi, penyortiran, dan pengemasan protein setelah disintesis di retikulum endoplasma. Melalui serangkaian proses seperti glikosilasi, fosforilasi, dan sulfasi, badan Golgi memastikan bahwa protein memperoleh struktur fungsional yang tepat dan dikirim ke tujuan akhir yang sesuai, baik ke luar sel maupun ke organel seperti lisosom dan membran plasma. Disfungsi pada badan Golgi dapat mengakibatkan gangguan serius seperti penyakit neurodegeneratif, kelainan metabolik, dan kanker, karena kegagalan dalam pemrosesan dan distribusi protein dapat mengganggu homeostasis

seluler. Keberadaan lisosom sebagai bagian dari sistem sekretori juga penting dalam proses degradasi dan daur ulang komponen sel melalui enzim hidrolitik dalam lingkungan asam, yang turut menjaga keseimbangan fungsi sel. Studi mengenai dinamika dan mekanisme molekuler badan Golgi, serta keterkaitannya dengan aktivitas seluler dan kondisi patologis, membuka peluang untuk pemahaman yang lebih mendalam terhadap biologi sel serta pengembangan terapi berbasis sel di masa depan, terutama dalam bidang biomedis dan bioteknologi.

B. Saran

Artikel ini dengan judul "*Peran Badan Golgi Sebagai Pusat Pemrosesan Protein dalam Sistem Sekretori Sel*" diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pembaca dalam memahami mekanisme sistem sekretori, khususnya peran strategis Badan Golgi dalam pemrosesan, modifikasi, dan pengemasan protein. Informasi ini penting sebagai dasar pemahaman biologi seluler yang berkaitan dengan fungsi vital organel dalam menjaga keseimbangan aktivitas sel.

DAFTAR RUJUKAN

- Abhaya. (2023). Protein Synthesis and Translation Inhibitors. *Journal of Biochemistry Research*, 6(2), 20–22. https://doi.org/10.1007/978-3-642-81309-2_1
- Adnan, Arifin, A. N., & Suryani, I. (2015). *Biologi Sel*.
- Albert, Johnson, & Lewis. (2002). *The Cell*. Garland Science.
- Berger, & Rohrer. (2008). "Golgi Glycosylation Enzymes," in *The Golgi Apparatus, State of the Art 110 Years after Camillo Golgi's Discovery*. Editors A. Mironov and M. Pavelka (Wien: Springer-Verlag).
- Cooper, G. M. (2000). *The Cell*.
- Driauch, Faye, & Staehelin. (1993). The Plant Golgi Apparatus: a Factory for Complex Polysaccharides and Glycoproteins. *Trends Biochem. Sci.*, 18.
- Dunphy, & Rothman. (1985). Compartmental Organization of the Golgi Stack. *Cell*, 42, 13–21.

- Eskelinen. (2006). Roles of lamp-1 and lamp-2 in lysosome biogenesis and autophagy. *Molecular Aspects of Medicine*, 27(5).
- Farquhar, & Palade. (1998). The Golgi Apparatus: 100 Years of Progress and Controversy. *Trends Cell Biol*, 8, 2-10.
- Hoffiman, King, Samuels, & McFarlane. (2021). Subcellular Coordination of Plant Cell wall Synthesis. *Developmental Cell*, 56, 933-948.
- Jaillais, Y., & Ott, T. (2020). The nanoscale organization of the plasma membrane and its importance in signaling: A proteolipid perspective. *Plant Physiology*, 182(4), 1682-1696.
<https://doi.org/10.1104/PP.19.01349>
- Jamieson, & Palade. (1966). Role of the Golgi Complex in the Intracellular Transport of Secretory Proteins. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 55.
- Meldolesi, C. (2015). Ectosomes and exosomes: shedding the confusion between extracellular vesicles. *Trends Cell Biol*, 25.
- Mohan, A. G., Calenic, B., Ghiurau, N. A., Duncea-Borca, R. M., Constantinescu, A. E., & Constantinescu, I. (2023). The Golgi Apparatus: A Voyage through Time, Structure, Function and Implication in Neurodegenerative Disorders. *Cells*, 12(15), 1-22.
<https://doi.org/10.3390/cells12151972>
- Nakano, A. (2022). The Golgi Apparatus and its Next-Door Neighbors. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10(April), 1-17.
<https://doi.org/10.3389/fcell.2022.88436>
- Priscilla. (2004). Hormon Peptida, Struktur Sub Seluler. *Ensiklopedia Penyakit Endokrin*.
- Shen, & Muzuhsima. (2014). At the end of the autophagic road: An emerging understanding of lysosomal functions in autophagy. *Trends in Biochemical Sciences*, 39(2).
- Stanly. (2011). Golgi Glycosylation. *Cold Spring Harbor Perspect. Biol.*, 3.
- Stillwell, W. (2016). Membrane Transport. *An Introduction to Biological Membranes*, 423-451. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63772-7.00019-1>
- Tie, Ludwing, Sndin, & Lu. (2018). The Spatial Separation of Processing and Transport Functions to the interior and Periphery of the Golgi Stack. *ELife*, 7.
- Tojima, Suda, Ishii, Kuokawa, & Nakano. (2019). Spatiotemporal Dissection of the Transgolgi Network in Budding Yeast. *J. Cell Sci*, 132.
- Ungar. (2009). *Glikosilasi protein terkait Golgi dan penyakit terkait. Seminar dalam Biologi Sel dan Perkembangan*.
- Verkhratsky, A., Matteoli, M., Parpura, V., Mothet, J., & Zorec, R. (2016). Astrocytes as secretory cells of the central nervous system: idiosyncrasies of vesicular secretion. *The EMBO Journal*, 35(3), 239-257.
<https://doi.org/10.15252/embj.20159270>