

INTERAKSI SELULER DALAM FERTILISASI

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL. :	22 DEC. 1996
SUMBER / HARGA :	K /
KOLEKSI :	K1
NO. INVENTARIS :	1617/K/96 inl
NO. REGISTRASI :	574 072 7 UPE

Oleh

Drs. Lufri, M.S

JURUSAN PENDIDIKAN BIOLOGI
FPMIPA IKIP PADANG

1995

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa, penulis dapat menyajikan makalah yang sederhana ini dengan judul "INTERAKSI SELULER DALAM FERTILISASI". Penulisan makalah ini dimaksudkan untuk membahas dan mendalami salah satu topik dalam bidang ilmu Biologi Perkembangan Hewan. Makalah ini ditulis berdasarkan telaah dari beberapa literatur yang berhubungan dengan bidang ilmu ini.

Kehadiran makalah ini diharapkan dapat menambah khasanah dalam bidang ilmu Biologi Perkembangan Hewan, yang saat sekarang bidang ilmu ini mengalami kemajuan sangat pesat.

Kemudian penulis menyadari bahwa makalah ini sangatlah sederhana sekali, dan tentu masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritikan yang konstruktif demi untuk kesempurnaan makalah ini di masa mendatang.

Penulis

Drs. Lufri, M.S

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
BAB II. PEMBAHASAN.....	3
2.1 Pengenalan Sperma dengan Sel Telur.....	3
2.2 Interaksi Sperma-Sel telur Menghasilkan Fusi Material Genetik.....	13
BAB III. RINGKASAN	16
DAFTAR PUSTAKA.....	17

BAB I

PENDALULUAN

Fertilisasi adalah fusi antara dua gamet (sex cells), satu gamet berasal dari individu jantan dan satu lagi berasal dari individu betina, dan diikuti dengan penggabungan inti dari kedua gamet. Pada hewan metazoa fusi gamet mengaktifkan sel telur. Gabungan antara inti sel telur dengan inti sperma menghasilkan zigot. Zigot akan berkembang menjadi individu baru dengan membawa sifat hereditas yang diperoleh dari individu maternal dan paternal (Balinsky, 1976).

Fertilisasi selanjutnya menyelesaikan dua aktivitas yang terpisah, yaitu seks (kombinasi dari gen-gen yang diturunkan dari kedua induk) dan reproduksi (pembentukan individu baru). Jadi fungsi pertama dari fertilisasi melibatkan pemindahan gen-gen dari induk kepada turunannya. Fungsi kedua mengawali reaksi sitoplasma telur untuk perkembangannya. Namun kalau dipelajari secara detail, fertilisasi bervariasi menurut spesies. Gilbert (1985) mengemukakan gambaran kejadian-kejadian selama fertilisasi, secara umum terdiri dari empat aktivitas utama:

1. Kontak dan pengenalan antara sperma dan telur. Ini adalah tahap pengendalian kualitas. Sperma dan telur mesti berasal dari spesies yang sama.
2. Pengaturan sperma masuk ke dalam sel telur. Ini merupakan tahap pengendalian kuantitas. Hanya satu sperma yang dapat membuahi sel telur, sperma yang lain dilenyapkan.

3. Fusi material genetik antara sperma dengan sel telur.
4. Aktivasi metabolisme sel telur untuk memulai perkembangan.

Kita mengenal dua macam fertilisasi, berdasarkan cara dan tempat hidup hewan. Pertama fertilisasi eksternal, yaitu fertilisasi yang terjadi di luar tubuh induk, misalnya yang terjadi pada hewan-hewan yang hidup di dalam air. Gamet jantan dan betina dilepaskan ke dalam air, dan sperma akan berenang untuk mendapatkan sel telur. Contoh hewan-hewan yang mengalami fertilisasi eksternal diantaranya adalah beberapa anggota dari Echinodermata, Pisces, Anura dan lain-lain. Kedua fertilisasi internal, yaitu fertilisasi yang terjadi di dalam saluran reproduksi hewan betina. Fertilisasi ini terjadi pada hewan-hewan yang hidup di darat. Sperma membutuhkan medium cair untuk memudahkan bergerak mencapai sel telur. Semen (sperma beserta cairan yang dihasilkan oleh kelenjar aksesori hewan jantan) dimasukkan ke dalam saluran reproduksi hewan betina pada saat kopulasi. Selanjutnya sperma akan berenang ke tempat di mana fertilisasi berlangsung.

Selama proses fertilisasi terjadi beberapa fase interaksi seluler pada hewan, dimulai dari proses pematangan gamet dan berakhir dengan fusi pronukleus hewan jantan dan hewan betina sehingga menghasilkan zigot. Pada tulisan ini dibahas beberapa fase interaksi seluler selama proses fertilisasi eksternal dan internal, yang dimulai dari pengenalan sperma dengan sel telur hingga terjadinya fusi material genetik.

BAB II

PEMBAHASAN

2.1 Pengenalan sperma dengan sel telur

A. Aksi pada suatu kejauhan

Beberapa organisme laut melepaskan gametnya ke dalam lingkungan lokal. Lingkungan ini mungkin merupakan suatu daerah yang kecil atau daerah yang luas di dalam lautan. Di samping itu lingkungan juga diisi oleh spesies lain yang mungkin juga melepaskan sel-sel kelaminnya pada waktu yang sama. Sehingga organisme ini dihadapkan pada dua masalah:

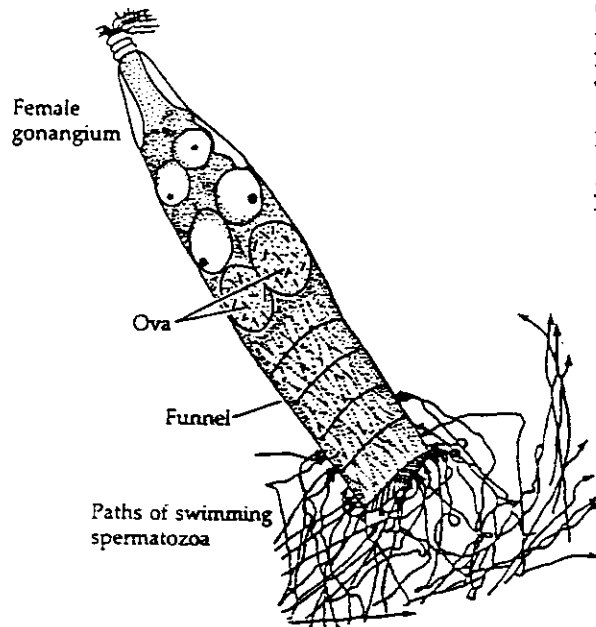
1. Bagaimana sperma dapat menemukan sel telur di dalam air yang luas itu?
2. Mekanisme apa yang mencegah sperma bintang laut (starfish) yang mungkin mencoba membuahi sel telur sea urchin ?

Dua mekanisme utama telah dapat memecahkan masalah ini, yaitu atraksi sperma spesifik-spesies dan aktivasi sperma spesifik-spesies.

Atraksi sperma

Atraksi sperma spesifik-spesies (chemotaxis) telah dicatat oleh R. E. Miller (1966) terhadap hewan coelenterata. Dia menunjukkan dua spesies dari Campylozoa, gonangium (tempat penyimpanan telur) mensekretkan suatu substansi yang menyebabkan sperma berenang menuju sel telur yang terdapat dalam gonangium terse-

but. Sperma dari spesies yang sama berenang ke dalam corong terbuka gonangium untuk mencapai sel telur (Gb. 1).



Gb. 1 Atraksi sperma pada suatu kejauhan yang ditunjukkan oleh jalur perenangan sperma Campanularia flexuosa di sekitar gonangium (Dari Gilbert, 1985)

Pada tahun 1978, Miller menunjukkan bahwa telur-telur dari coelenterata yang lain, Orthopyxis caliculata juga mensintesis suatu substansi kimia. Telur-telur (oocyt) yang sedang berkembang pada berbagai tahap pematangan dicampur di atas slide mikroskop dan sperma dilepaskan pada jarak tertentu dari telur. Miller menemukan bahwa bila sperma dilepaskan pada telur yang belum lengkap mengalami meiosis kedua, tidak ada atraksi sperma terhadap telur. Tetapi setelah meiosis kedua berakhir dan telur siap untuk dibuahi, sperma bermigrasi menuju sel telur. Jadi oocyt tidak hanya mengendalikan tipe atraksi sperma, tetapi juga mengendalikan kapan waktu sperma beratraksi.

Fertilizin

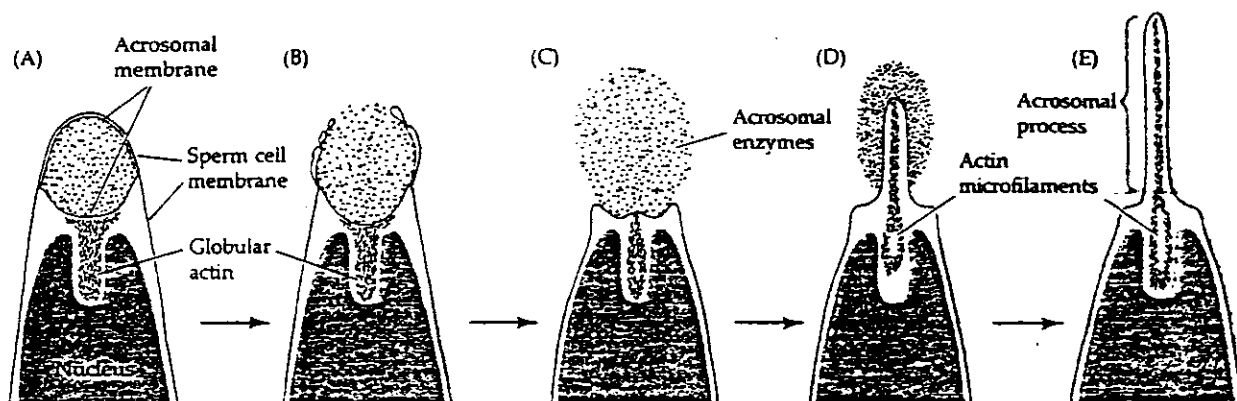
Telah diketahui bahwa pada telur cacing, moluska dan sea urchin mengandung substansi yang disebut dengan fertilizin, yang terakumulasi di dalam jelly telur. Fertilizin diduga disekretkan oleh sel-sel folikel yang terdapat disekitar ovum. Fertilizin mempunyai kemampuan untuk menggumpalkan ^{sperma} dari spesies yang sama. Fertilizin terdiri dari asam amino dan polisakarida, dan bersifat spesifik-spesies. Permukaan sperma mengandung substansi yang dikenal dengan antifertilizin, dan juga bersifat spesifik-spesies. (Kajumdar, 1985)

Lillie(1913) dalam Saunders (1982) mengemukakan bahwa agregasi sel telur dengan sperma merupakan reaksi agglutinasi yang dihasilkan dari kombinasi seperti antigen-antibodi, fertilizin dari sel telur dan antifertilizin dari sperma.

Fertilizin sea urchin telah dikenal sebagai komponen utama dari lapisan jelly telur. Fertilizin di samping terlibat di dalam pengikatan sperma-telur, juga berfungsi protektif. Karena fertilizin juga terlibat di dalam pencegahan polispermi, maka fertilizin dapat mengikat sperma tambahan yang tidak diinginkan.

Reaksi akrosoma

Interaksi sperma dan telur melibatkan aktivasi jelly telur. Pada kebanyakan invertebrata laut, reaksi akrosoma ini mempunyai dua komponen, yaitu runtuhnya vesikula akrosoma dan perluasan proses akrosoma. (Gb. 2)

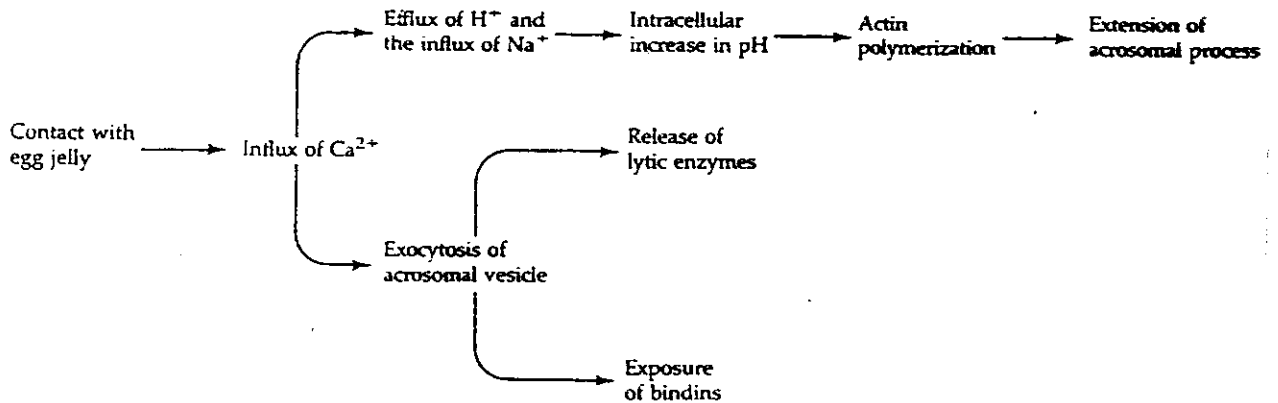


Gb. 2 Reaksi akrosom pada sperma sea urchin. (A - C) bagian membran akrosom yang terletak di bawah membran sel sperma berfusi dengan membran sel dan melepaskan isi vesikula akrosom. (D - E) Perakitan molekul aktin membentuk mikrofilamen, proses akrosoma meluas ke arah luar (Dari Gilbert, 1985).

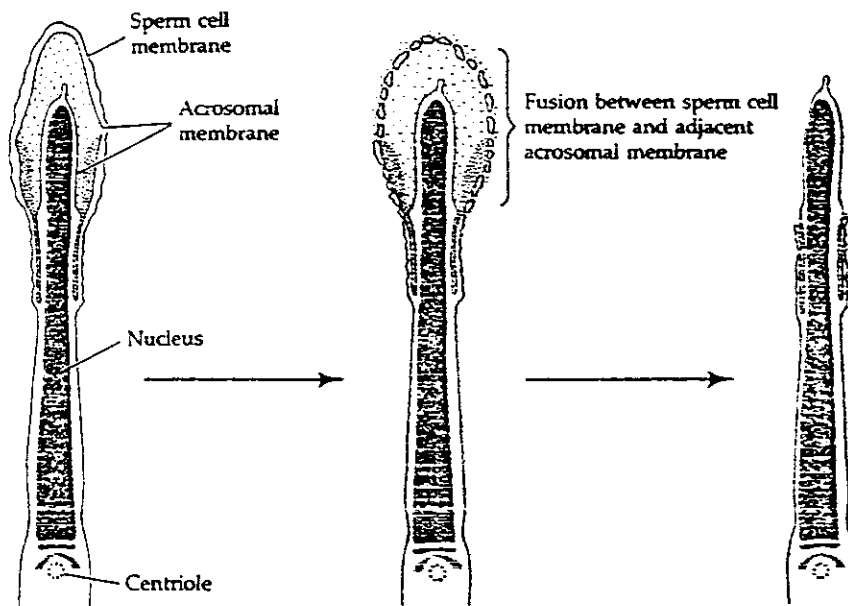
Reaksi akrosoma diawali oleh cairan jelly telur. Pada sea urchin kontak sperma dengan jelly telur menyebabkan pecahnya vesikula-vesikula akrosoma dan melepaskan enzim pencernaan yang dapat mencernakan selubung jelly pada permukaan telur. Urutan kejadian ini dapat dilihat pada Gb. 3 Reaksi akrosoma diawali oleh kontak antara sperma dengan jelly telur, yang memungkinkan ion-ion kalsium dan sodium memasuki kepala sperma dan menggantikan ion-ion potasium dan ion-ion hidrogen. Runtuhnya vesikula akrosoma disebabkan oleh

fusi membran akrosomal dengan membran plasma sperma

(Gb. 2 & 4) dan ditengahi oleh ion kalsium. Kejadian



Gb. 3 Model dari kemungkinan saling keterkaitan di dalam reaksi akrosoma pada sea urchin (Dari Gilbert, 1985).



Gb. 4 Reaksi akrosomasperma tupai (hamster). Diagram yang menunjukkan fusi membran akrosomadan membran sel pada kepala sperma, yang dilihat dengan mikroskop elektron (Dari Gilbert, 1985).

ini merupakan suatu reaksi eksositosis, di mana suatu vesikula menuju kepermukaan sel dan berfusi dengan membran sel untuk melepaskan isinya. Bagian kedua dari reaksi akrosom ini merupakan perluasan proses akrosoma. Dalam proses ini terjadi polimerisasi molekul aktin menjadi filamen aktin. Polimerisasi molekul aktin ini nampaknya tergantung pada pelepasan ion-ion hidrogen dari kepala sperma.

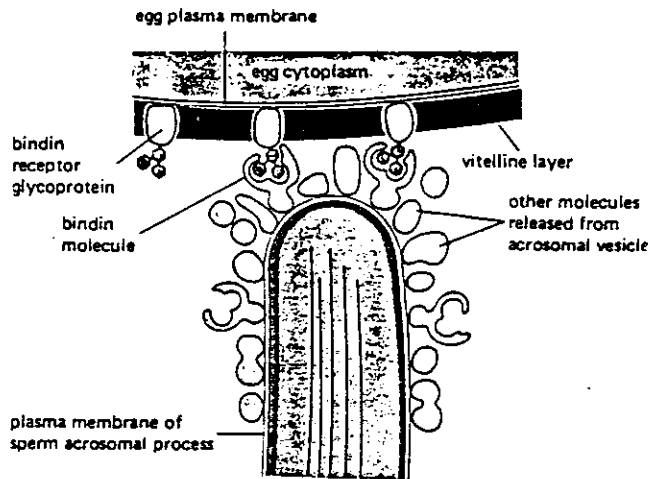
B. Kontak dari gamet

Spesifisitas-spesies dari fertilisasi ditentukan oleh spesifisitas "binding" sperma terhadap lapisan dalam dari selubung telur. Protein akrosomal menengahi pengenalan antara sperma dengan sel telur. Protein ini dikenal dengan bindin (Gb. 5). Bindin terletak pada permukaan membran plasma dari sperma. Bindin tidak dapat dideteksi pada permukaan membran plasma sperma ini sebelum reaksi akrosomal.

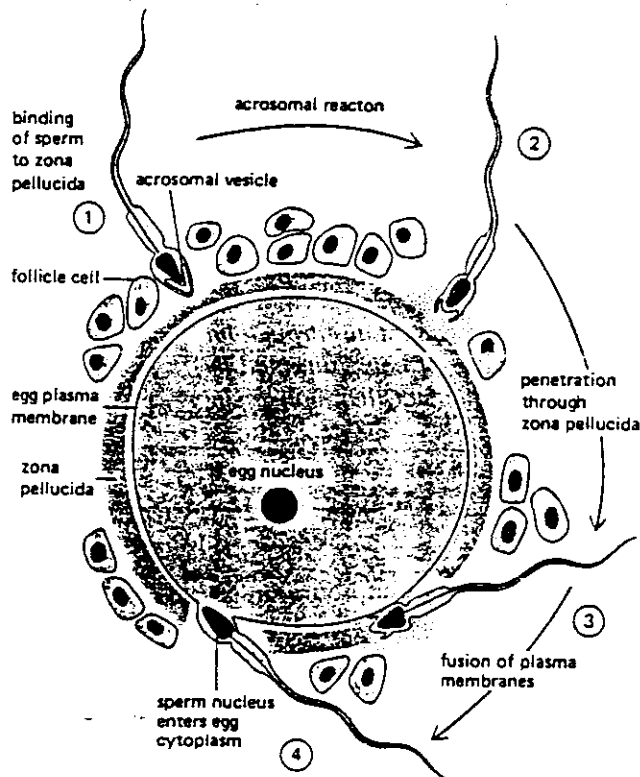
Studi biokimia menunjukkan bahwa bindin berbeda pada berbagai spesies sea urchin. Penemuan ini terdapatnya reseptor bindin spesifik-spesies lapisan vitelin. Pengenaian spesifik-spesies dari gamet sea urchin terjadi pada tingkat aktivasi akrosom dan adhesi sperma dengan lapisan vitelin.

Pengikatan gamet pada mammalia

Saluran reproduksi hewan mammalia betina memainkan peran penting dalam proses fertilisasi. Sperma ha-



Gb.5 Diagram molekul bindin yang terletak pada permukaan membran plasma pada proses akrosoma sperma sea urchin. Protein ini diduga mengikat suatu urutan oligosakarida spesifik pada suatu reseptor glikoprotein yang berhubungan dengan lapisan vitelin telur (Dari Alberts *et al.*, 1985)



Gb. 6 Skema ilustrasi reaksi akrosomaketika sperma mammalia membuahi sel telur. Glikoprotein tunggal pada zona pelusida diduga bertanggung jawab dalam pengikatan sperma dan menginduksi reaksi akrosom. Sperma mammalia berintegrasi secara tangensial dengan membran plasma telur sehingga fusi terjadi pada sisi daripada puncak kepala sperma (Alberts *et al.*, 1985).

sil ejakulasi tidak dapat mengalami reaksi akrosoma tanpa tinggal beberapa waktu di dalam saluran reproduksi untuk kapasitasi. Suatu postulat bahwa kapasitasi menimbulkan perubahan-perubahan di dalam struktur lipid membran sel sperma. Studi David *et al.* (1980) menyokong postulat ini. Studi mereka menunjukkan bahwa ratio kolesterol:phospholipid membran sperma menurun dengan adanya kapsitasi. Spesifik-spesies berbeda dalam waktu kejadian kapasitasi, berhubungan erat dengan waktu di dalam perubahan ratio kolesterol:phospholipid (Davis, 1981). Pengurangan kolesterol diduga mengurangi kestabilan membran sel sperma dari vesikula akrosoma. Tanpa perubahan-perubahan lipid tersebut fusi dari reaksi akrosoma tidak akan terjadi.

Sperma yang telah mengalami kapasitasi berikatan secara khusus dengan glikoprotein utama di dalam zona pelusida, yang diduga memacu sperma mengalami reaksi akrosoma, melepaskan isi vesikula akrosoma ke lingkungan luar. Di antara molekul-molekul yang dilepaskan adalah enzim hidrolitik, yang membantu sperma menembus zona pelusida. Pada hewan *mammalia* setelah reaksi akrosoma membran plasma dari kepala sperma berfusi dengan telur (Gb. 6).

Reaksi akrosoma pada *mammalia* melepaskan enzim yang dapat melisis sel-sel korona radiata yang dike -

nal dengan lysin, termasuk hyaluronidase, yang dapat menghancurkan massa kumulus; "corona-dispersing enzim" yang dapat merusak ikatan sel-sel korona, sehingga spermata dapat melewati korona radiata untuk mencapai zona pelusida telur; acrosin, yang dapat mencerna zona pelusida.

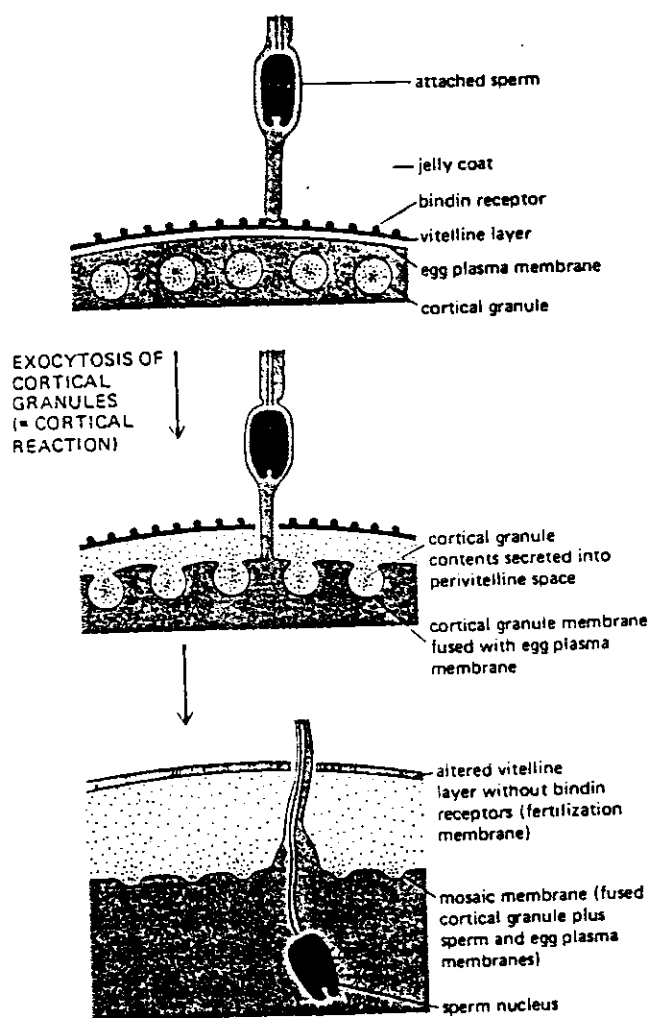
C. Pencegahan polispermi

Pada sea urchin granula kortikal yang terdapat pada telur, sewaktu fertilisasi berfusi dengan membran sperma dan melepaskan isinya. Seperti reaksi akrosoma, reaksi kortikal juga ditengahi oleh kenaikan konsentrasi ion kalsium bebas dalam sitoplasma. Telur sea urchin yang telah mengalami aktivasi konsentrasi ion kalsium mengalami peningkatan. Kepentingan ion kalsium adalah memacu reaksi kortikal.

Menurut Alberts et al., (1985) protease dan enzim lain dilepaskan pada waktu reaksi kortikal. Enzim-enzim ini dapat mengubah struktur selubung telur, sehingga sperma yang lain tidak dapat memasuki telur. Pada sea urchin reaksi kortikal sedikitnya mempunyai dua efek:

1. Enzim proteolitik yang dilepaskan dari granula kortek dapat merusak reseptor bindin yang berupa glikoprotein dan berfungsi dalam pengikatan sperma.
2. Pelepasan isi granula kortek menyebabkan lapisan vitelin bergeser dari permukaan telur. Enzim yang dilepaskan pada waktu ini menyebabkan lapisan vite-

lin menjadi keras, lapisan vitelin ini sekarang disebut membran fertilisasi. dengan cara ini sperma lain tidak dapat memasuki sel telur lagi (Gb. 7). Penghambatan polispermi melalui reaksi granula kortikal ini dikenal dengan penghambatan lambat.



Gb. 7 Diagram ilustrasi bagaimana reaksi kortikal pada telur sea urchin mencegah sperma lain memasuki telur. Pelepasan isi granula kortikal mengangkat lapisan vitelin, merusak reseptor bindin dan mengeraskan lapisan vitelin sehingga terbentuk membran fertilisasi dan mencegah sperma memasuki telur. (Dari Alberts et al. 1983)

Pada telur mammalia reaksi kortikal menyebabkan gliko-protein pada zona pelusida menjadi berubah, sehingga sperma tidak lama terikat, sehingga sperma tidak menjadi aktif untuk mengalami reaksi akrosoma (Alberts et al., 1983)

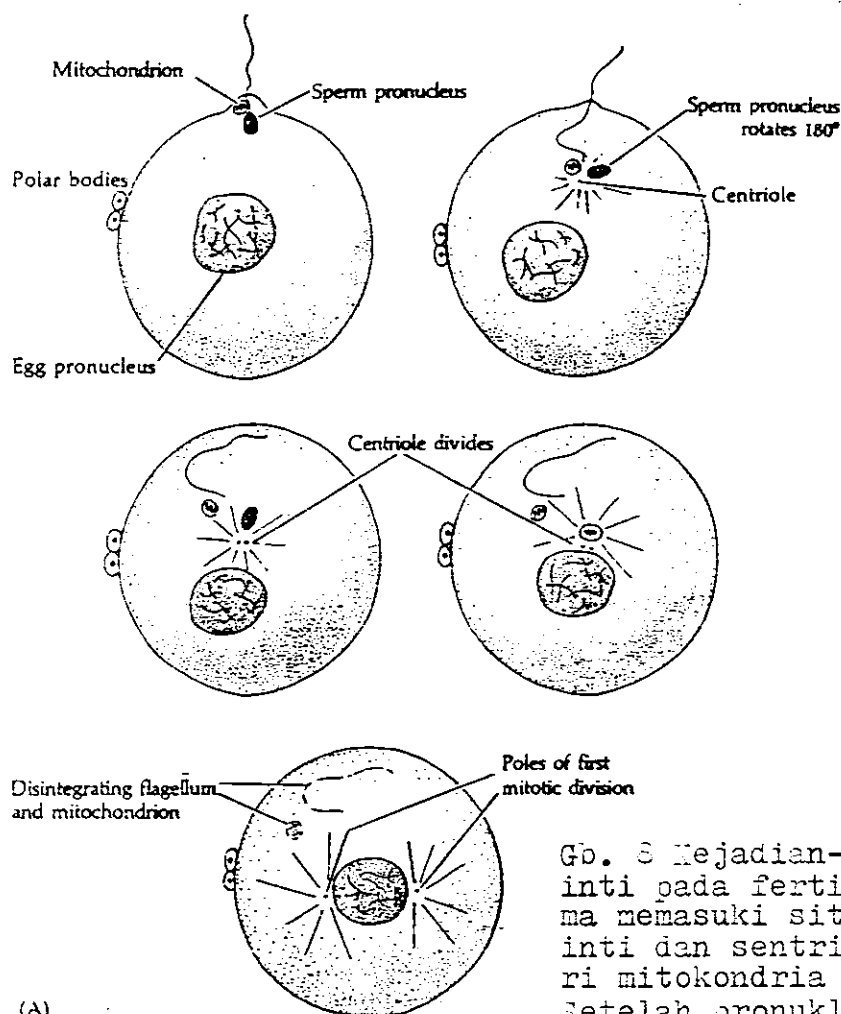
Hasil pengamatan Braden, Austin dan David menyokong bahwa polispermi pada mammalia dicegah dengan perubahan struktural dari zona pelusida yang disebut dengan reaksi zona. Analog dengan kejadian-kejadian yang diamati pada telur sea urchin, suatu kemungkinan perubahan-perubahan yang terjadi pada zona pelusida disebabkan oleh sekresi substansi telur bagian sebelah dalam pada waktu fertilisasi terjadi. Pengikatan pertama sperma dengan permukaan membran plasma telur, pada waktu fertilisasi mungkin menyebabkan pelepasan substansi yang tersebar ke ruang perivitelin dan menyebabkan zona pelusida tidak dapat dilalui oleh sperma lain, yang sama-sama berjuang membuahi telur (Humburgh, 1971)

2.2 Interaksi sperma-telur menghasilkan fusi material genetik

Pada sea urchin sperma memasuki telur adalah secara tegak lurus dengan permukaan oocyt. Setelah terjadi fusi antara sperma dan telur, inti sperma dan sentriolnya memisah dari mitokondria dan flagellum. Mitokondria yang diturunkan dari sperma tidak ditemukan dalam perkembangan atau organisme dewasa.

Di dalam sitoplasma telur inti sperma memisah membentuk pronukleus jantan dan inti telur membentuk pronukleus

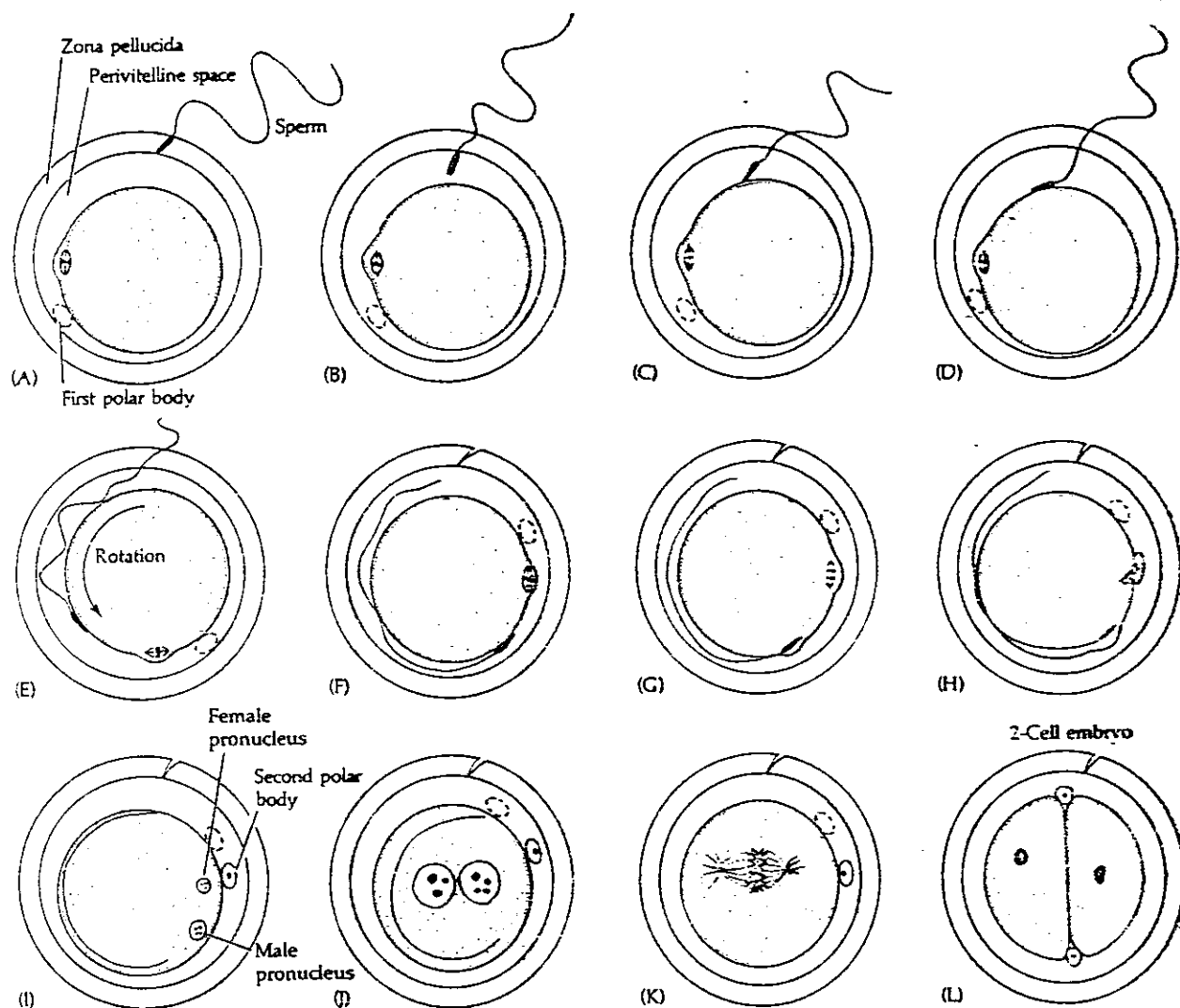
betina. Pronukleus jantan berputar 180° sehingga sentriol sperma sekarang berhadapan dengan pronukleus betina. Mikrotubul dari sentriol pronukleus jantan berhubungan dengan pronukleus betina, kedua inti bermigrasi saling menuju satu sama lain. Fusi kedua pronukleus yang masing-masing adalah haploid membentuk zigot yang diploid dan merupakan penggabungan material genetik dari kedua induk. (Gb. 8).



Gb. 8 Kejadian-kejadian inti pada fertilisasi. Sperma memasuki sitoplasma telur, inti dan sentriol memisah dari mitokondria dan flagellum. Setelah pronukleus jantan berputar 180° , sentriol berhadapan dengan pronukleus betina, terjadi fusi inti. sentriol sperma membelah untuk menjadi kutub-kutub dalam pembelahan mitosis pertama (Dari Gilbert, 1965)

(A)

Pada mammalia proses fusi inti lebih lama (kira-kira 12 jam) bila dibandingkan dengan sea urchin(1 jam). Kedudukan inti sperma pada waktu fertilisasi hampir paralel dengan bidang telur. Setelah pronuklei terbentuk, keduanya bermigrasi dan saling mendekati satu sama lain dan berfusi membentuk zigot (Gb. 9).



Gb. 9 Diagram fertilisasi pada tupai (hamster). A. Sperma berikatan dengan zona. B. Sperma memasuki ruang perivitelin. C. Sperma menempatkan kepalanya secara paralel dengan membran sel telur. D. Pengikatan sperma dengan telur dan gerakan dari ekor menyebabkan telur berotasi (E), sementara keseluruhan sperma memasuki ruang perivitelin (F). G. sperma dan membran telur berfusi. H. Kepala sperma memisah. Setelah kedua pronuklei mengembang dan bertemu (I, J), membran inti memisah dan mulai mitosis pertama (Dari Gilbert, 1935).

K1
574.872071
LUF
La

BAB III
RINGKASAN

Fertilisasi merupakan suatu rangkaian proses yang kompleks pada penyatuan antara gamet jantan dan gamet betina, yang diikuti dengan penggabungan inti (pronuklei) dari kedua gamet sehingga menghasilkan zigot.

Berdasarkan cara dan tempat hidup hewan, maka fertilisasi dapat dibagi atas dua macam. Pertama, fertilisasi eksterna, yaitu terjadi di luar tubuh induk. Fertilisasi eksterna ini kebanyakan terjadi pada hewan air. Spermata dapat mengenal sel telur karena adanya substansi yang dihasilkan oleh sel telur yang spesifik-spesies sehingga dapat mengarahkan spermata menuju sel telur. Kedua fertilisasi interna, yaitu terjadi di dalam saluran reproduksi betina. Saluran reproduksi betina memegang peran penting dalam fertilisasi interna ini, karena spermata tidak dapat mengalami reaksi akrosomatanya tinggal beberapa waktu di dalam saluran reproduksi untuk kapasitas.

Selama proses fertilisasi pada hewan terjadi beberapa fase interaksi seluler, dimulai dari pematangan gamet dan berakhir dengan fusi pronukleus jantan dan betina untuk menghasilkan zigot. Secara umum kejadian-kejadian yang terjadi selama fertilisasi adalah:

1. Kontak dan pengenalan antara spermata dan sel telur.
2. Pengaturan spermata masuk ke dalam sel telur.
3. Fusi material genetik antara spermata dan sel telur.
4. Aktivasi metabolisme sel telur untuk memulai perkembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K.,
& J. D. Watson. 1983. Molecular Biology of The Cell.
Garland Publishing, Inc., New York & London. pp. 801-809.
- Balinsky, B. I. 1976. An Introduction to Embryology. 4rd.
ed., W. B. Saunders Company, Philadelphia. p. 75
- Gilbert, S. 1985. Developmental Biology. Sinauer Associa-
ted, Inc., Publisher, Sunderland USA. pp. 32-60.
- Hamburgh, M. 1971. Theories of differentiatie dalam: Con-
temporary Biology. Edit. E. J. W. Barington, F. R. S.
& Arthur J. Willis. William Clowes & Sons, Limited,
London. pp. 8-18.
- Majumdar, N. N. 1985. Vertebrate Embryology. McGraw-Hill
Publishing Company Limited. p. 12.
- Saunders, J. W. 1982. Developmental Biology. Macmillan
Publisher, London. p. 103.