



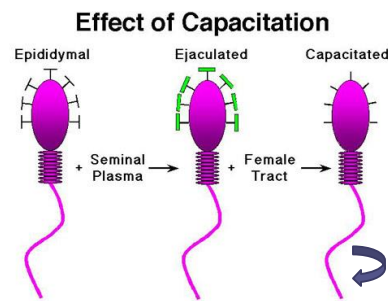
Stadium telur saat fertilisasi terjadi

Primary oocyte	First metaphase	Second metaphase	Meiosis complete
Roundworm	Nemertean	Lancelet	Cnidarians (e.g. anemones)
Mesozoan	Polychaete worm	Amphibian	Sea urchins
Sponges	Mollusc	Most mammals	
Clam worms	Core worm	Fish	
Echiuroid worm	Many insects		
Dogs and foxes	starfish		



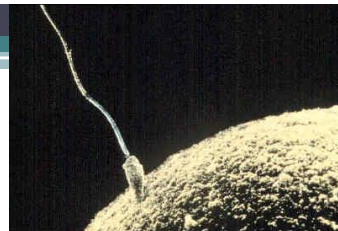
Kapasitasi :

- konsentrasi kolesterol membran plasma menurun
- beberapa protein & karbohidrat di membran plasma hilang
→ motilitas protein membran >>
- kapasitasi (pada mamalia) → di saluran reproduksi betina)
motilitas >>
di uterus - tuba → melepaskan protein pembungkus pada sperma
 - mencit : 1 jam
 - manusia : 5-6 jam



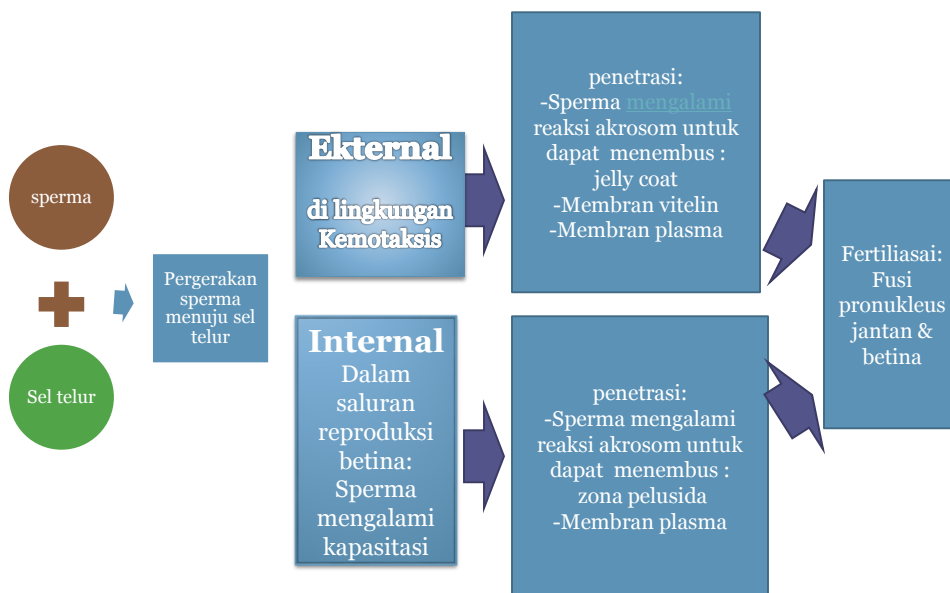
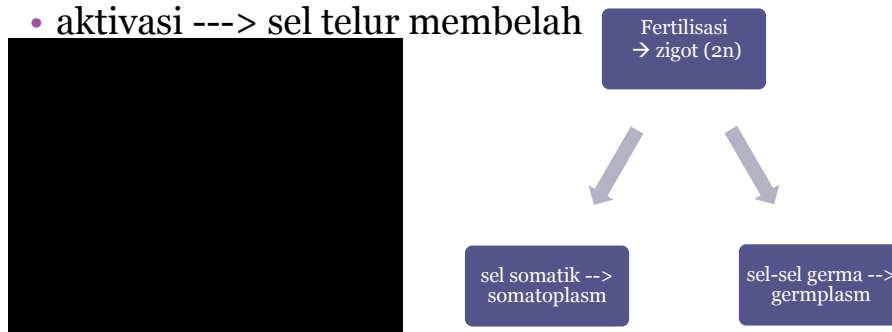
Fertilisasi

- Suatu proses bukan 1 *event* tunggal
- bertahap
- proses meleburnya sel sperma (pronukleus jantan) dengan sel telur (pronukleus betina) (karyogami) yang masing-masing punya kromosom n
- Spesies-specific~ membran di membran vitelin atau zona pelusida (ZP3) → diskriminator
- Sel telur membawa cadangan makanan, materi genetik
- Sel sperma membawa materi genetik dan motil
- Macam Fertilisasi :
 - internal : di bagian anterior oviduct
 - eksternal : alami di air (ikan, katak); in vitro



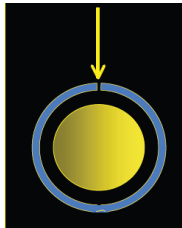
Fungsi fertilisasi

- amfimiksi : pembauran materi genetik maternal dengan fraternal
- diploiditas
- determinasi seks secara genetik
- aktivasi ---> sel telur membelah



Fertilisasi Eksternal

- **Ampleksus**
- **Spawning**
- Kemotaksis : spesifik spesies
 - Ikan herring → steroid
 - Korion → lubang tunggal : micropyle
 - Sturgeon – glikoprotein
- **TUGAS**



Fertilisasi internal

- Adaptasi penting terhadap lingkungan daratan
- Fertilisasi terjadi di dalam tubuh hewan betina
- Kopulasi : hewan jantan mendeposisikan sperma secara langsung ke dalam saluran reproduksi betina



Terjadinya pertemuan sperma dengan sel telur akibat :

1. kemotaksis (key & lock): Echinodermata
ginogamon (♀) >< androgamon (♂)
 - fertilizin (♀) >< antifertilizin (♂) ~ bindin
(BM 300.000) (BM 10.000)
 - speract (*Strongylocentrotus purpuratus* ♀) & resact (*Arbacia punctulata* ♀) } terdapat di selaput lendir telur

Reseptor resact → ~ aktivasi dynein ATP-ase

2.

	jumlah sperma	jumlah sel telur
Echinodermata	100 bilyun	4 juta
Manusia	350 juta	1-2

 Banyak hambatan untuk sperma

ukuran sel telur >>>> sperma

3. Pergerakan sperma dalam cluster ---> motilitas ↑↑↑



HAMBATAN YANG DIHADAPI SPERMATOZOA UNTUK MEMBUAHI :

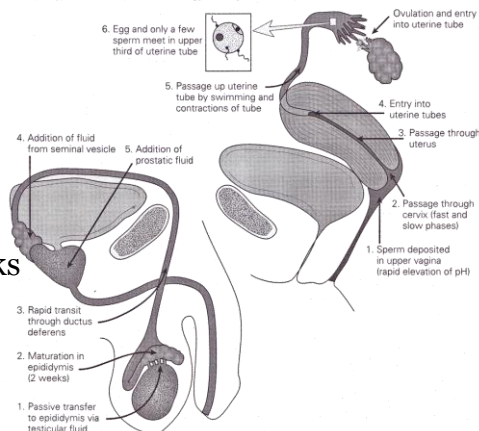
1. pH vagina (asam) : 4,3
↓
oleh cairan semen ---> 7,2
2. - Lekukan (kript) pada serviks
- Mukus yang viskos (oleh hormon saat ovulasi dibantu → encer)

3. Sel telur tak selalu ada di saluran telur
4. Reotaksis positif (melawan arus)

Spermatozoa yang tidak berhasil membuahi :

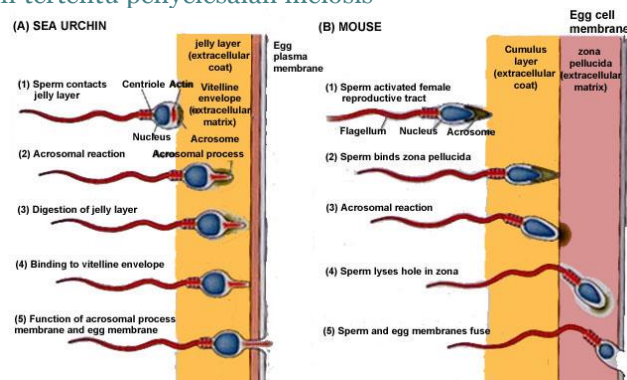
- dari uterus 'disapu' ke vagina ---> ke luar
- dari oviduk : dicerna oleh sel-sel fagositik

FIGURE 4-9
Pathways of sperm transport in the male and female. (After B. Carlson, 1994, Medical Embryology and Developmental Biology, Mosby, St. Louis.)



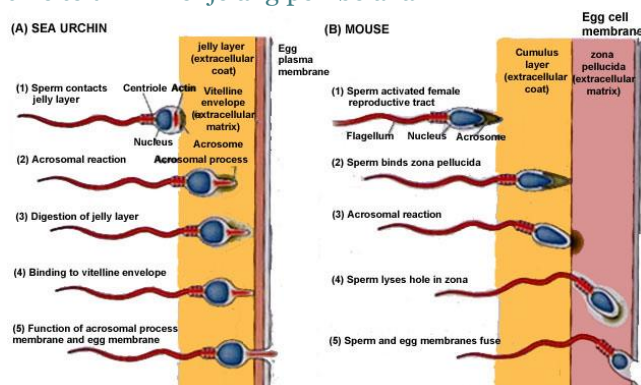
Tahapan fertilisasi selalu mencakup 5 tahap utama :

1. Kontak awal membran sperma dengan sel telur: reaksi akrosom
 - Kontak sperma & sel telur
 - Penembusan membran sel telur oleh spermatozoon
 - Bergabungnya membran plasma spermatozoon dengan membran sel telur
 2. reaksi korteks (granula korteks pecah)
 3. penghambatan terhadap polispermi
- Untuk hewan-hewan tertentu penyelesaian meiosis

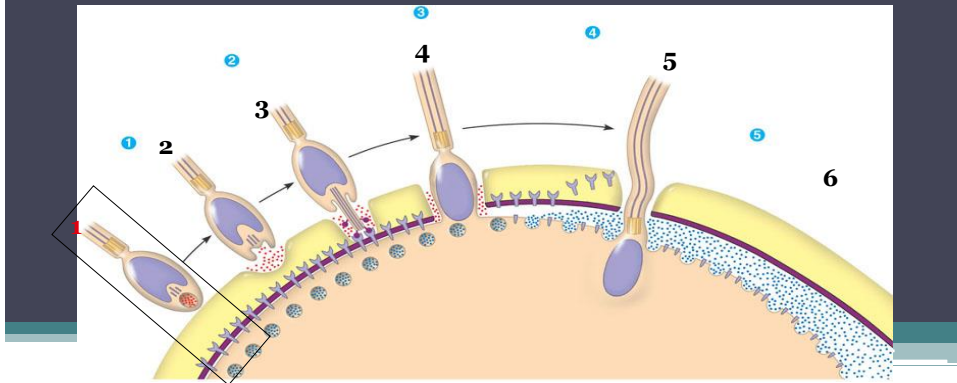


Tahapan fertilisasi selalu mencakup 5 tahap utama :

4. pembentukan pronukleus jantan dan betina
5. klimaks : amfimiksi → pembentukan dan peleburan pronukleus jantan (dekondensasi) dan betina (haploid monad) : peleburan materi genetik paternal dan maternal
 - aktivasi metabolisme telur → menjelang pembelahan

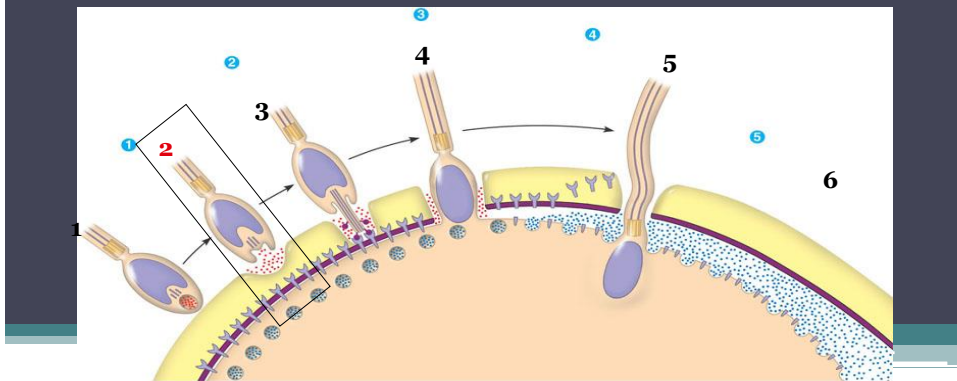


Proses Fertilisasi pada bulu babi



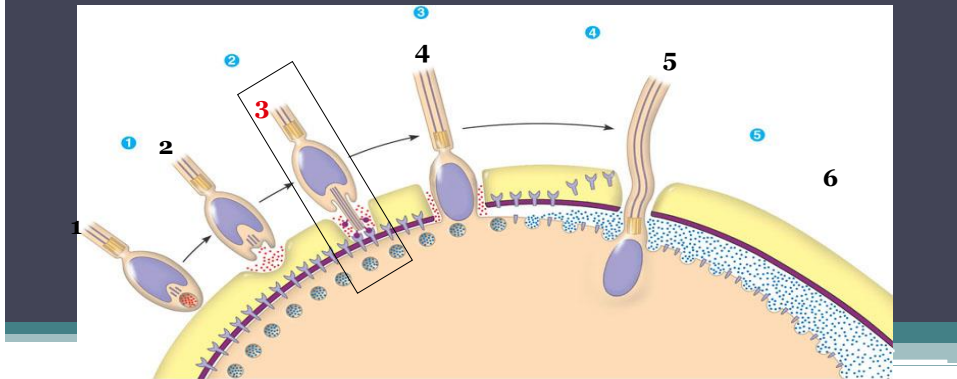
1. Kepala sperma kontak dengan jelly coat sel telur
 - Memicu dilepaskannya enzim hidrolitik yang melarutkan jelly coat dan dimulainya reaksi akrosom

Proses Fertilisasi pada bulu babi



2. Reaksi Akrosom
 - enzim hidrolitik melarutkan lubang pada jelly coat
 - aktin mulai memanjang dan membentuk tudung **akrosom**

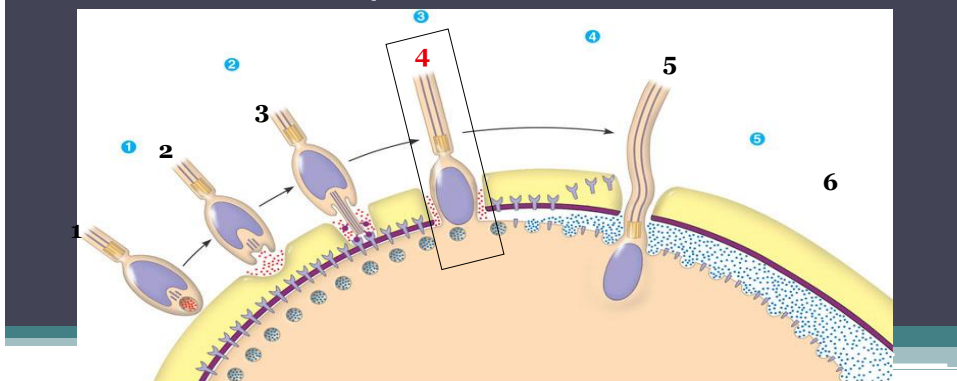
Proses Fertilisasi pada bulu babi



3. Reaksi Akrosom

- Tudung akrosom memanjang terus dan berikatan dengan reseptor pada sperma
- ikatan ini menyebabkan membran vitelin mulai rusak/ lisis

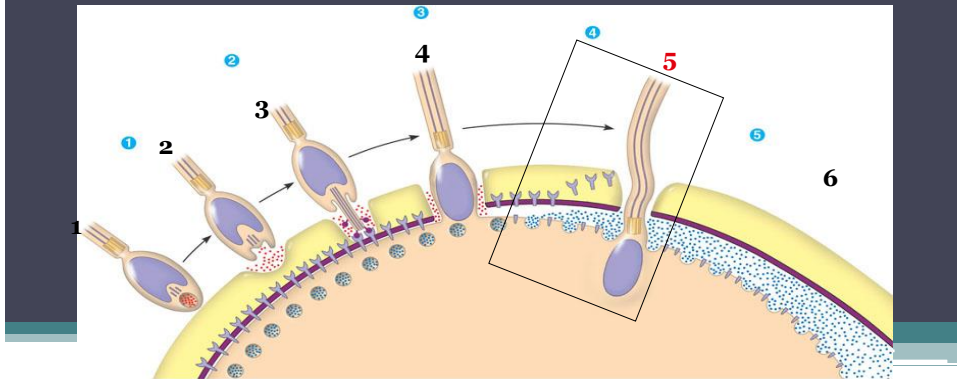
Proses Fertilisasi pada bulu babi



4. Fusi Membran

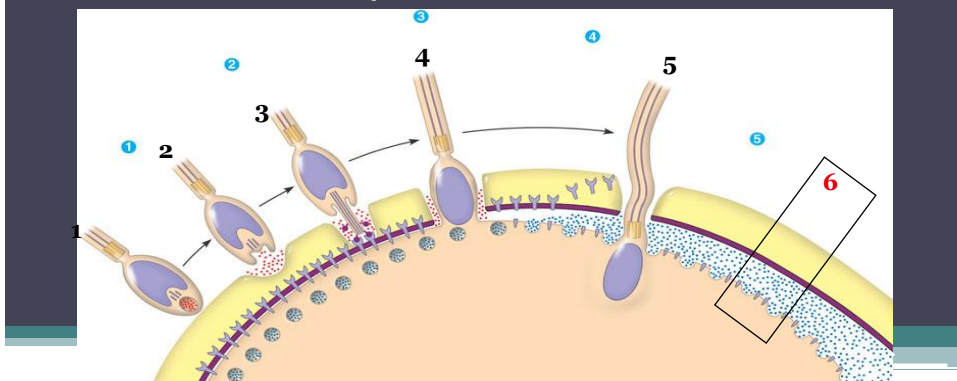
- fast block
 ↓
 polyspermy
- Membran sperma dan membran sel telur berfusi
 - Perubahan tegangan potensial membran sel telur $-60 \text{ mV} \rightarrow +20 \text{ mV}$
 - Menyebabkan depolarisasi membran yang menginaktivkan reseptor sperma

Proses Fertilisasi pada bulu babi



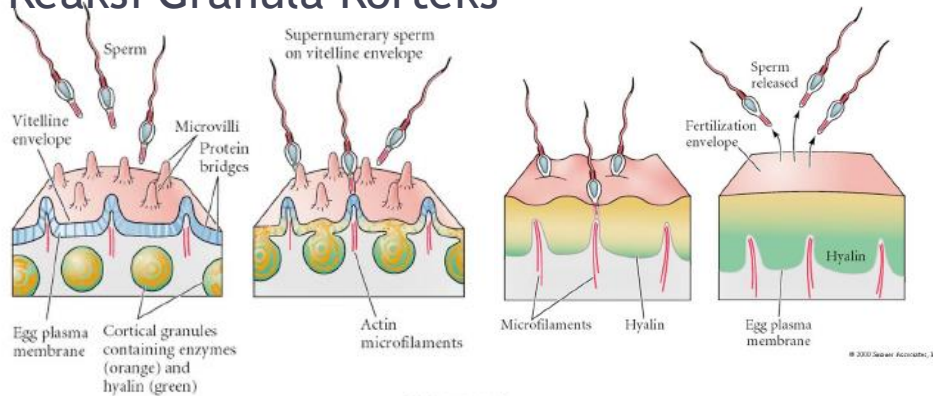
5. Inti sel sperma dan dimulainya reaksi korteks
- Fusi membran menyebabkan meningkatnya $[Ca^{++}]$
 - Lepasnya Ca^{++} menyebabkan granula korteks berfusi dengan **plasma membrane sel telur** dan melepaskan isinya ke rongga perivitelline
 - Inti sel sperma memasuki sitoplasma sel telur
- slow block
 ↓
polyspermy

Proses Fertilisasi pada bulu babi



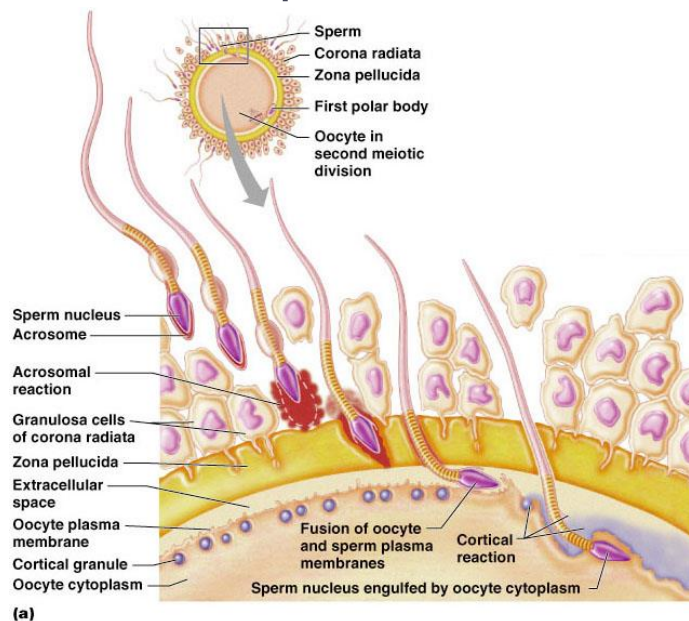
6. Berlanjutnya reaksi korteks dan aktivasi sel telur
- Perubahan **lapisan vitelline** menjadi **membran fertilisasi**
 - Meningkatnya respirasi sel dan sintesis protein (**egg activation**)

Reaksi Granula Korteks

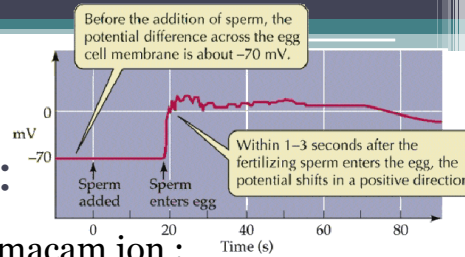


- Ca^{++} merangsang eksositosis
- Proteases melarutkan hubungan antara ZP dan membran oosit
- Enzim lain mengeraskan ZP
 - Tyrosine-tyrosine *cross linkages*
- GAGs (glycosaminoglycan) meningkatkan osmolaritas rongga antara oosit dan ZP
 - Water memasuki rongga dan mengangkat ZP lepas dari oosit

Reaksi akrosom pada manusia



Hambatan cepat (*fast blocking*) terhadap polispermi:



- Terjadi oleh perubahan 3 macam ion :
 1. permeabilitas membran terhadap $\sim \text{Na}^+$ naik \rightarrow depolarisasi membran (dalam beberapa detik)
 2. Influs Ca^{++} dari deposit intraseluler meningkat -- $\gg [\text{Ca}^{++}] \uparrow \uparrow \text{---} \rightarrow \text{pH} \uparrow \uparrow$
 3. Efflus H^+ dan influs Na^+ mulai 60 detik $\rightarrow \text{pH} \uparrow \uparrow \uparrow$

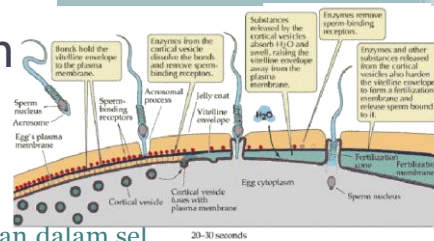
Akibat 1, 2, dan 3 :

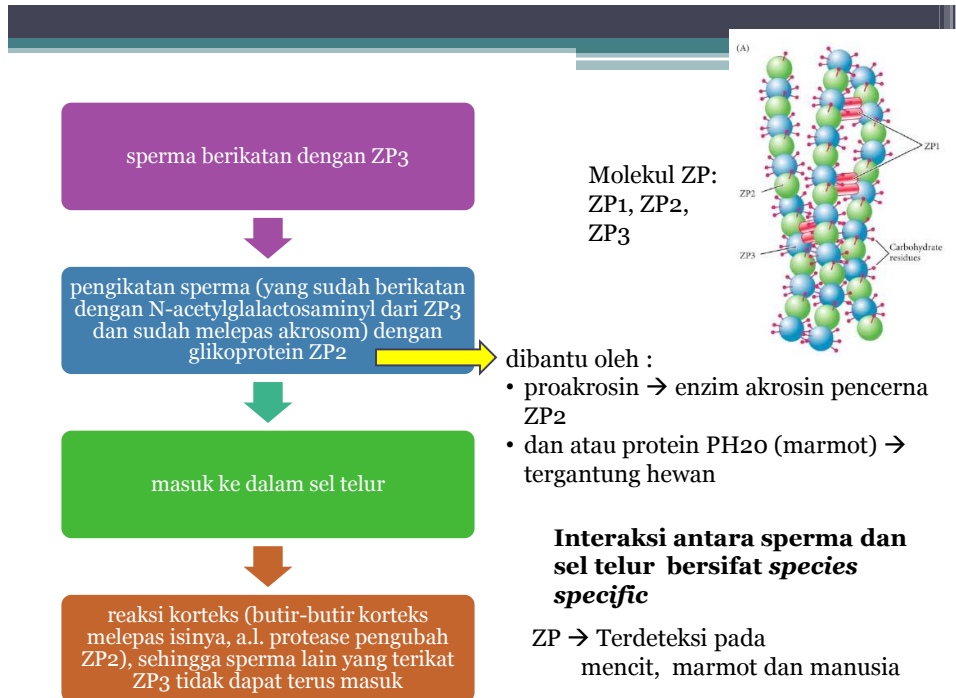
- sel telur tidak dapat dipenetrasi oleh sperma lain
- awal pengaktifan sel telur untuk perkembangan

Pembentukan membran fertilisasi

\rightarrow penghambat II polispermi
(slow blocking \rightarrow permanen)

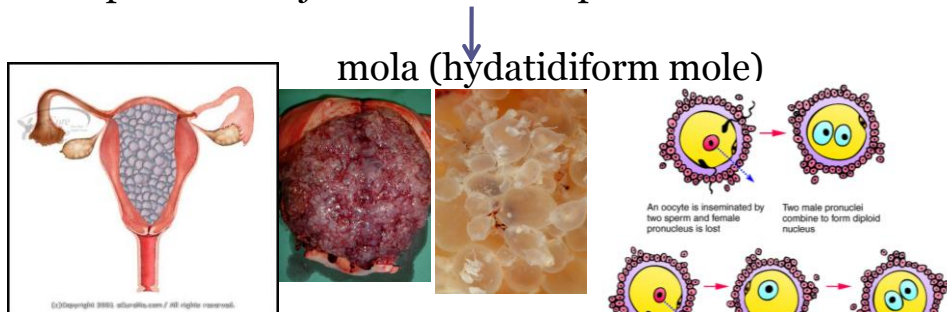
- mobilisasi Ca^{++} (dari penyimpanan dalam sel telur)
 - Pelepasan Ca^{++} di tempat masuknya sperma
 - Ca^{++} mengalir ke permukaan sel telur
 - Inisiasi reaksi korteks :
 - pecahnya granula korteks (g.k. di bawah membran plasma) $\text{---} \rightarrow \Sigma 15000 / 1\mu\text{m}$
 - pelepasan isi g.k. ke rongga perivitelin (di luar membran plasma)
- Isi g.k. : macam-macam enzim; protein-protein struktural, mukopolisakarida sulfat (glikosaminoglikans = GAG)





- Fungsi pronukleus jantan dan betina berbeda:
- Contoh : transplantasi pronukleus & epronukleasi

→ pronukleus jantan + tak ada pronukleus betina



Gen paternal + gen maternal
 → tertentu harus on → normal

Peristiwa yang terjadi segera sesudah penetrasi sperma

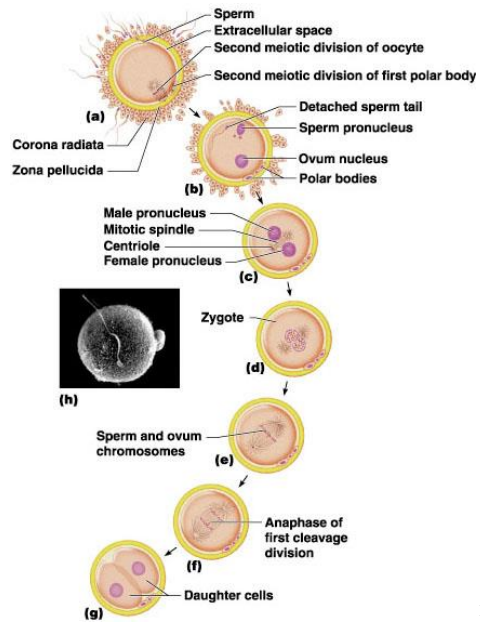


Figure 28.3