

METAMORFOSIS DAN REGENERASI

TIA WULANDARI

Program Studi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Jambi

METAMORFOSIS

PERKEMBANGAN PASCA LAHIR

LANGSUNG

- Tanpa stadium larva
- Berlangsung perubahan proporsi tubuh
- Pematangan gonad secara bertahap

AVES DAN MAMALIA

TIDAK LANGSUNG

Melalui satu atau lebih stadium larva sebelum mencapai keadaan dewasanya

ARTHROPODA (INSECTA)

Metamorfosis

METAMORFOSIS

- Bahasa Yunani -> Perubahan Bentuk
- Proses yang terjadi perubahan yang sangat signifikan pada struktur tubuh suatu organisme selama perkembangan berlangsung
- Organisme tertentu mengalami metamorfosis saat berkembang dari telur hingga dewasa

METAMORFOSIS

Ametabola

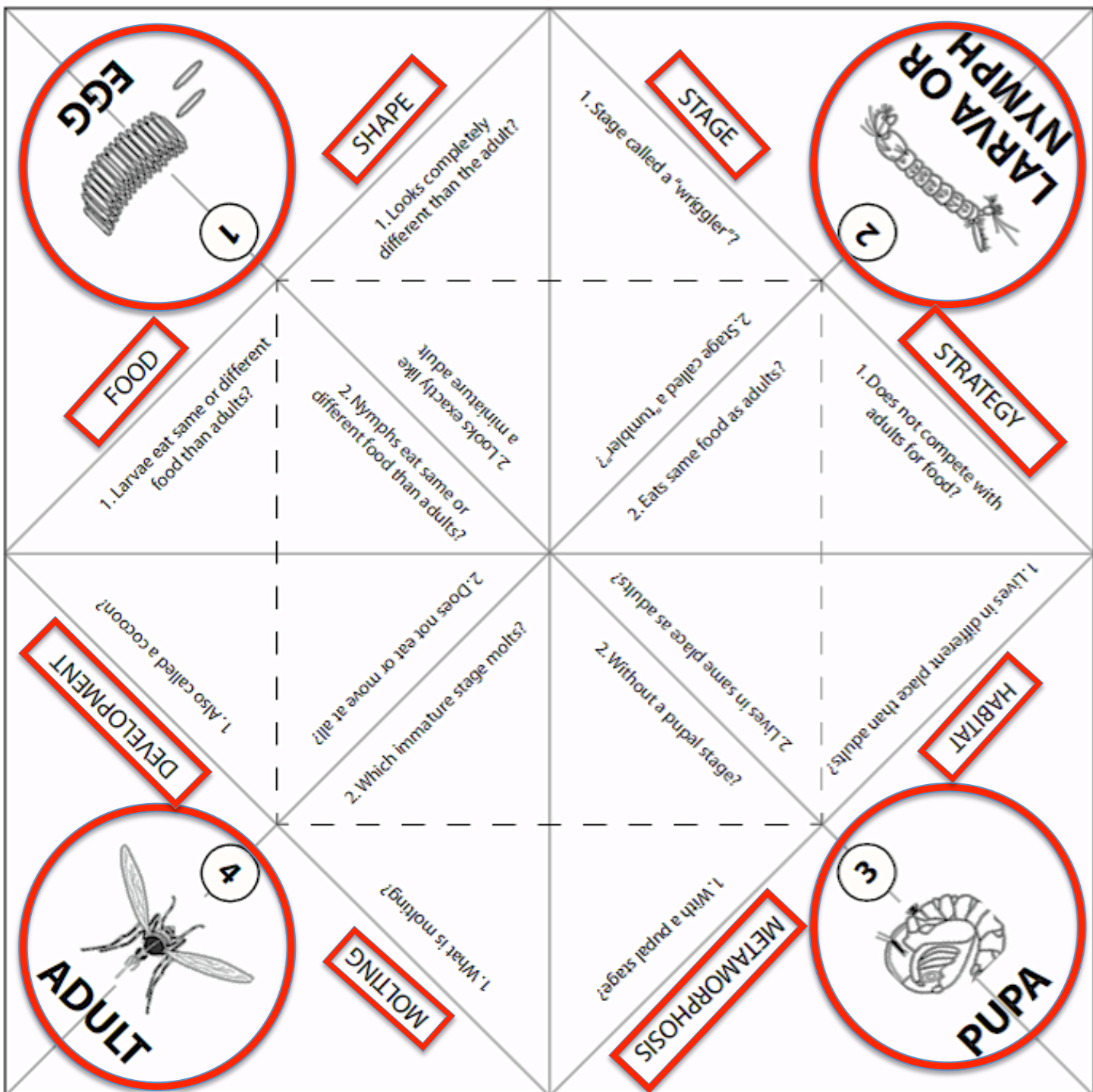
Holometabola

Hemimetabola

Springtail
Bristletails

- Telur
- Larva
- Pupa
- Imago

- Telur
- Nympha
- Imagoc



Bentuk-bentuk larva pada berbagai jenis hewan

Nama larva (Jenis Hewan :Phylum/class)

1. Amphi blastula (Porifera)
2. Planula (Coelenterata)
3. Larva Muller (Platyhelminthes)
4. Trochophore (Mollusca)
5. Nauplius (Crustacea)
6. Ulat / nympaha (Insecta)
7. Pluteus / Bipinaria (Echonodermata)
8. Tornaria (Hemichordata)
9. Lepto cephalus (Pisces)
10. Berudu (Amphibia)

Ametabola



Huevo



Juveniles

Adulto

- Telur →
- Dihasilkan oleh betina dewasa
 - Saat telur menetas akan membentuk nympha

- Nympha →
- Nympha membedakan antara metamorfosis sempurna dan tidak sempurna
 - Tidak seperti larva, nympha sangat mirip dengan organisme dewasa
 - Berukuran lebih kecil dan belum memiliki beberapa organ hewan dewasa
 - Nympha akan melakukan mltng beberapa kali -> dewasa
 - Nympha tidak akan memasuki tahapan pupa

- Imago →
- Terbentuk setelah pertumbuhan dan moulting
 - Bagian tubuh yang telah lengkap

Dengan terjadinya pengelupasan kulit (**Moulting**), maka konfigurasi serangga semakin sempit dan mirip dengan hewan dewasanya, sayap menjadi sempurna, kematangan seksual tercapai pada pertukaran kulit terakhir

Serangga juvenil yang mengalami metamorfosis bertahap ini disebut **nimfa atau naiad**, fase belum dewasanya berlangsung didalam air

Tipe serangga ini **tidak mengalami tahap pembentukan pupa**, oleh karena itu tipe metamorfosisnya dinamakan **metamorfosis tidak sempurna**



Hemimetabola
Dragonfly

Telur →

- Dihasilkan oleh betina dewasa
- Saat telur menetas akan membentuk larva

Larva →

- Morfologinya tidak seperti organisme dewasanya
- Biasanya berbentuk seperti cacing
- Memungkinkan untuk berkembang dan moulting pada fase ini (bentuk tubuh akan sama)
- Larva akan banyak menyimpan energi (fase selanjutnya)

Pupa →

- Larva yang terbungkus untuk beberapa waktu
- Selama dalam fase pupu, organisme tidak makan dan tidak bergerak
- Bentuk tubuh organisme berubah sangat drastis

Imago →

- Saat fase pupa telah sempurna
- Imago akan keluar dari penutup pelindung
- Bentuk tubuh sangat berbeda dari fase sebelumnya

Telur-telur serangga yang sudah menetas akan membentuk larva yang dinamakan tempayak, ulat

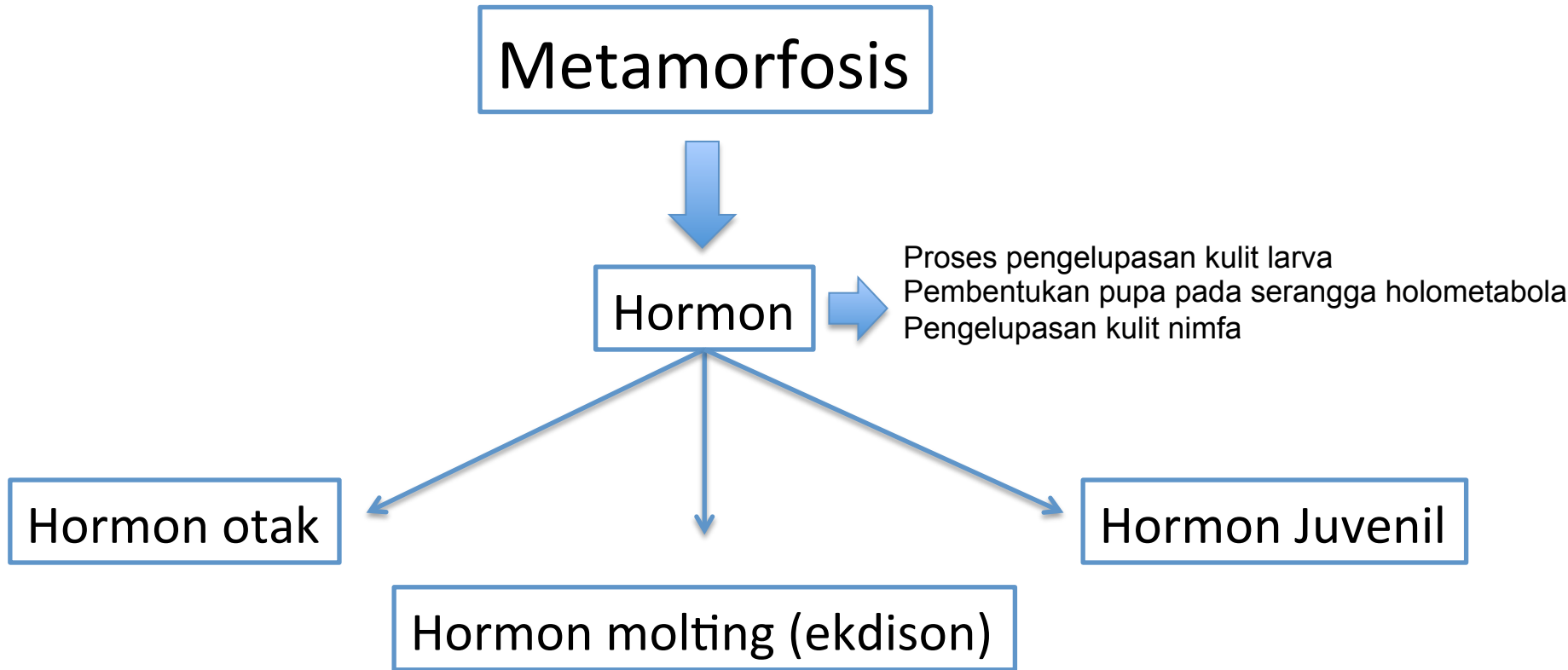
Jaringan larva dan pembentukan tubuh dewasa bentuknya sangat berbeda dari fase sebelumnya

Organ-organnya serta sistem-sistemnya berkembang dari kelompok-kelompok sel yang khusus untuk setiap organ, yang dinamakan sebagai **keping-keping imaginal**

Keping-keping imaginal tersebut nantinya akan berkembang membentuk antena, mata, mandibula, organ-organ genital, pasangan maksilapertama dan kedua, kaki-kaki dan sayap

METAMORFOSIS KUPU-KUPU





Pada banyak serangga **holometabola**, perkembangan akan berhenti untuk sementara waktu sebelum terbentuk kutikula pupa
Penghentian ini dinamakan **diapouse**, gunanya untuk menyesuaikan diri pada suhu yang lebih rendah

Hormon

Peristiwa metamorfosis merupakan ekspresi fenotipik kerja gen yang berurutan

Hormon- hormon yang berperan dalam metamorfosis adalah produk dari kerja gen secara bergantian yang mengontrol kerja gen lain dalam merangsang proses diferensiasi dan proliferasi sel

Dengan demikian maka hormon merupakan agent dari agen, yang mengontrol program perkembangan pada metamorfosis

Metamorfosis



Pertumbuhan kaki dan hilangnya ekor

Penyesuaian lingkungan hidup

Terjadi perubahan sistem organ tubuh

Berudu menjadi anak katak

- Sistem pernafasan dari insang ke paru-paru
- Ekskresi dari pronefros ke mesonefros
- sistem saraf: linea lateralis kemudian hilang
- sistem pencernaan : dari herbivora menjadi carnivora

metamorfosis Amfibia



Pemacu (*trigger*)

Hormon tiroksin



Poros hipotalamus-hipofisis-kelenjar tiroid



Besar kecilnya kadar troksin



Diekspresikan dalam tahapan metamorfosis

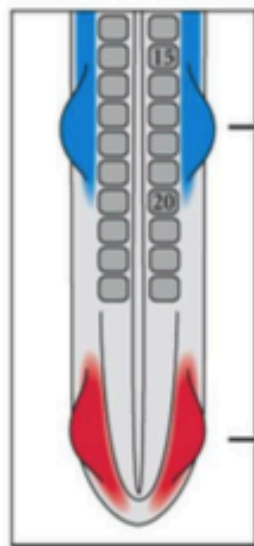
- ***Thyrotropin Releasing Hormon (TRH)*** dari hipotalamus mempengaruhi sekresi ***Thyroid Stimulating Hormon (TSH)*** dari hipofise
- **TSH** mempengaruhi pertumbuhan dan sekresi kelenjar tiroid untuk menghasilkan **hormon tiroksin**
- Kadar tiroksin yang **sedikit** menstimulasi pembentukan **kaki belakang**
- Bila kadar tiroksin **sedikit meningkat** mempengaruhi **resorpsi intestinum**
- Kadar tiroksin **meningkat lagi** mempengaruhi **pembentukan kaki depan**
- Kadar **paling tinggi** menyebabkan pembentukan **resorpsi ekor**

Tbx Genes Specify Limb Type

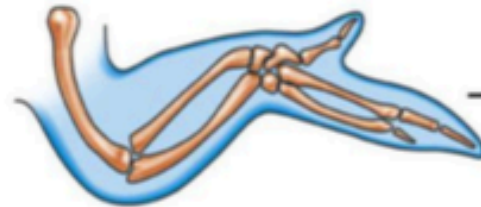
Stage 14/15
(early day 3)



(A) Normal



Forelimb
bud



Wing

Hindlimb
bud



Leg

■ Tbx5

■ Tbx4

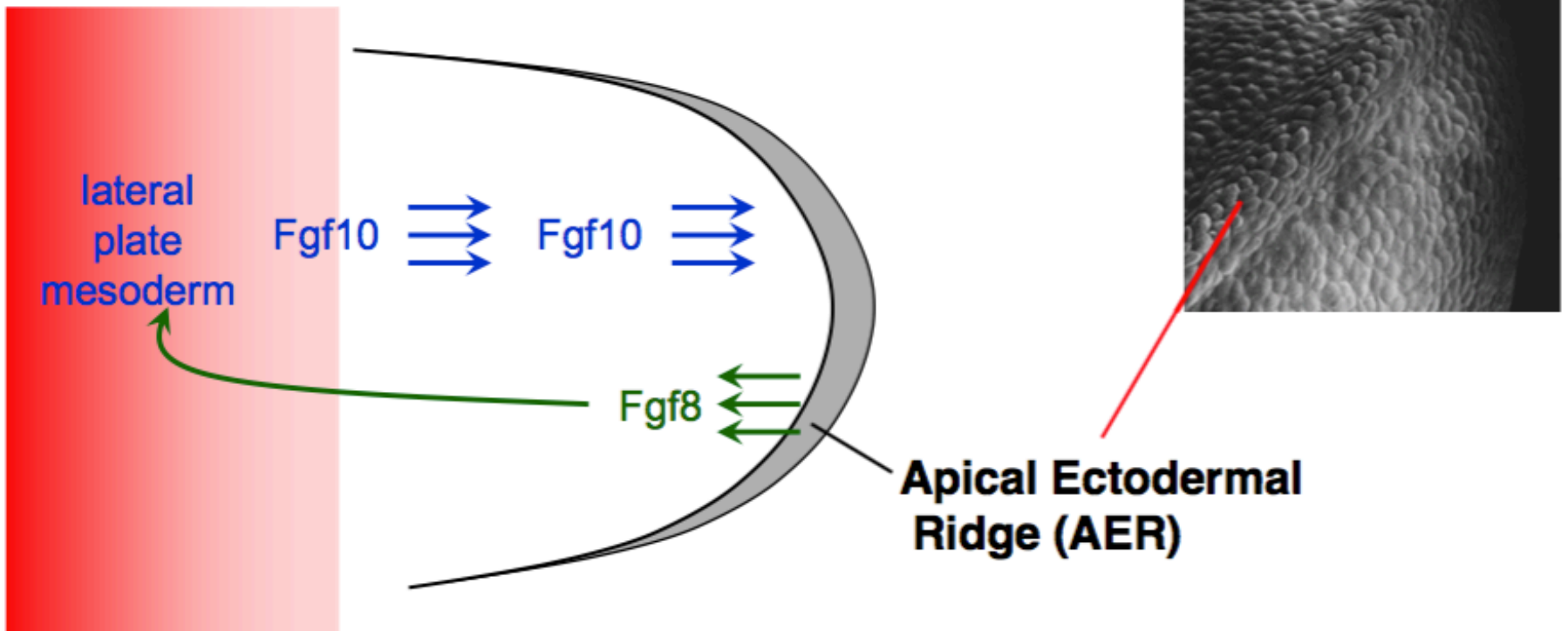
Tbx expression initiated by Wnts, FGFs

NOTE – *Tbx* genes are not the first step in forelimb/hindlimb specification
(initial step(s) unknown)

Apical Ectodermal Ridge

Proximal-Distal Axis

Apical Ectodermal Ridge (AER) forms at boundary between dorsal and ventral ectoderm

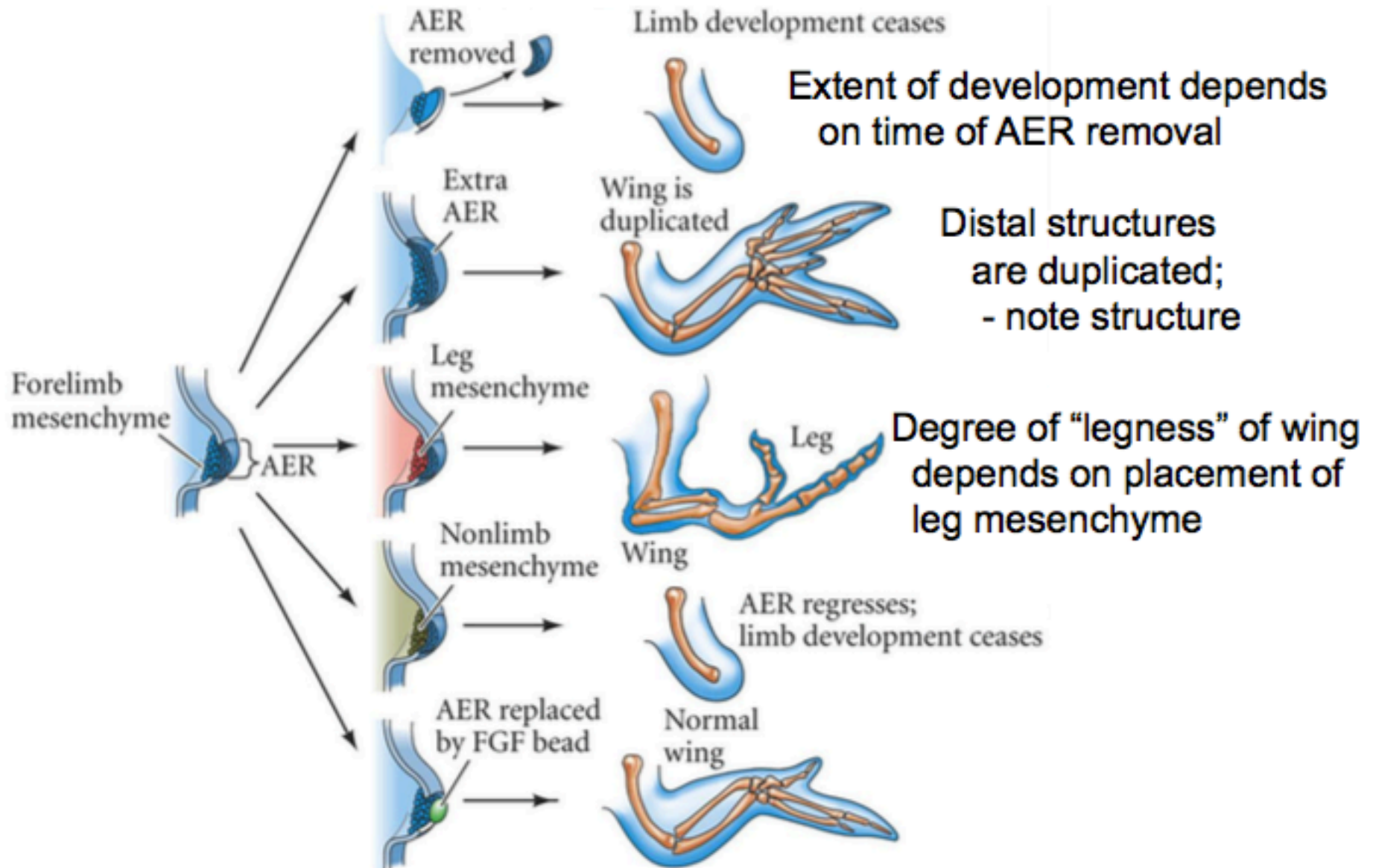


Lateral plate mesoderm expresses Fgf10

Fgf10 initiates AER via Wnt3a, β -catenin

AER expresses Fgf8, Fgf4; maintains Fgf10 expression

Apical Ectodermal Ridge Manipulation

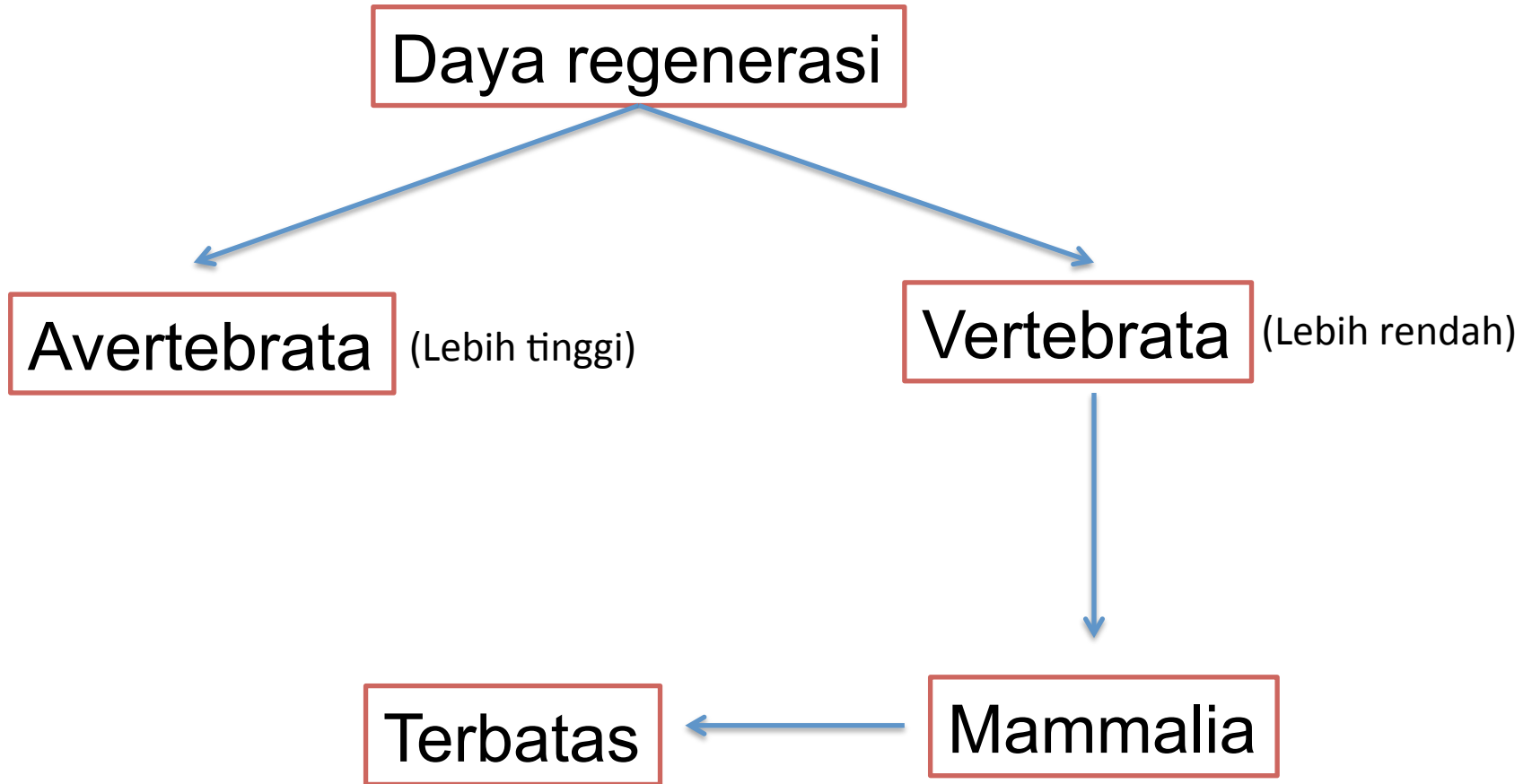


REGENERASI

REGENERASI



Kemampuan organisme untuk memperbaiki kembali bagian tubuh yang rusak atau lepas, sehingga kembali seperti keadaan semula



Macam-macam Regenerasi

REGENERASI

```
graph LR; A[REGENERASI] --> B[Morpholaxis]; A --> C[Ephimorphosis];
```

Morpholaxis

Bila perbaikan disebabkan karena terjadi reorganisasi jaringan lama

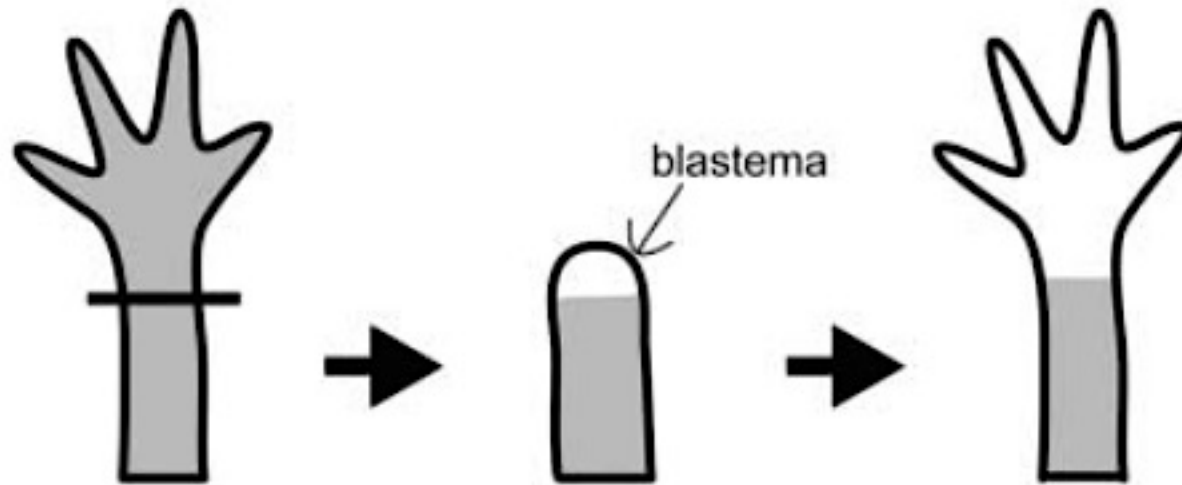
Ephimorphosis

Bila perbaikan disebabkan oleh proliferasi jaringan baru yang disebut **blastema** di atas jaringan lama

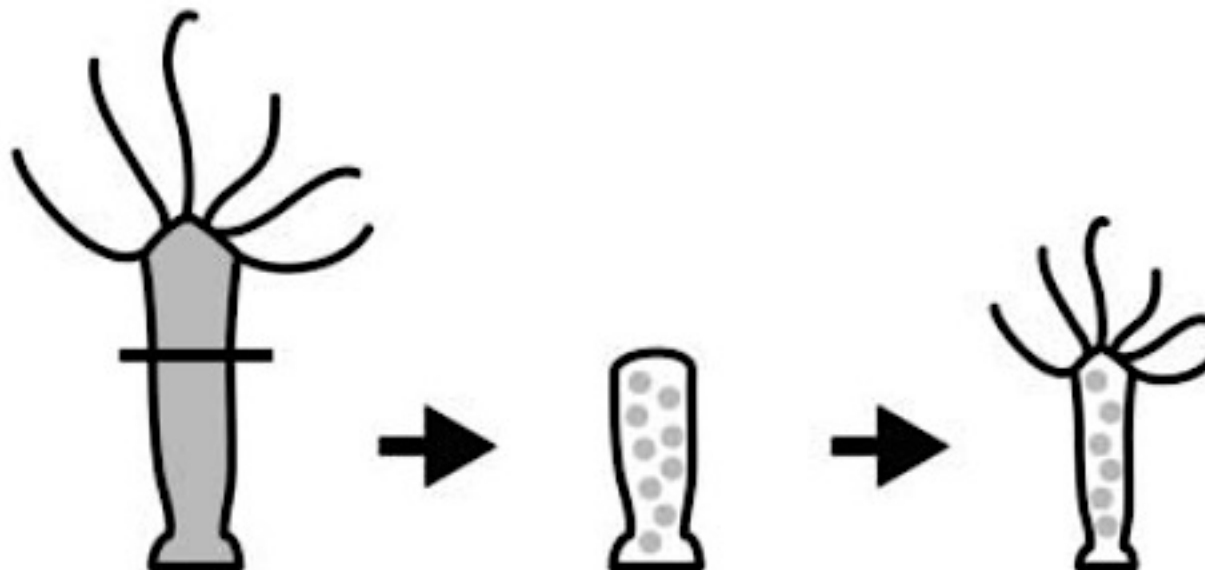
Pertama, **regenerasi morfalaksis** yakni suatu proses perbaikan yang melibatkan reorganisasi bagian tubuh yang masih tersisa untuk memulihkan kembali bagian tubuh yang hilang. Jadi dalam jenis regenerasi ini pemulihan bagian yang hilang itu sepenuhnya diganti oleh jaringan lama yang masih tertinggal.

Kedua, **Regenerasi epimorfosis** yaitu rekonstruksi bagian-bagian yang hilang melalui proliferasi dan diferensiasi jaringan dari permukaan luka. Namun regenerasi dapat pula berupa penimbunan sel-sel yang belum terdiferensiasi pada luka dan sering disebut, **blastema**, yang akan berproliferasi dan secara progresif membentuk bagian yang hilang

(A) Epimorphosis



(B) Morphallaxis

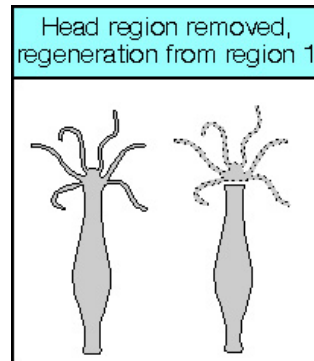
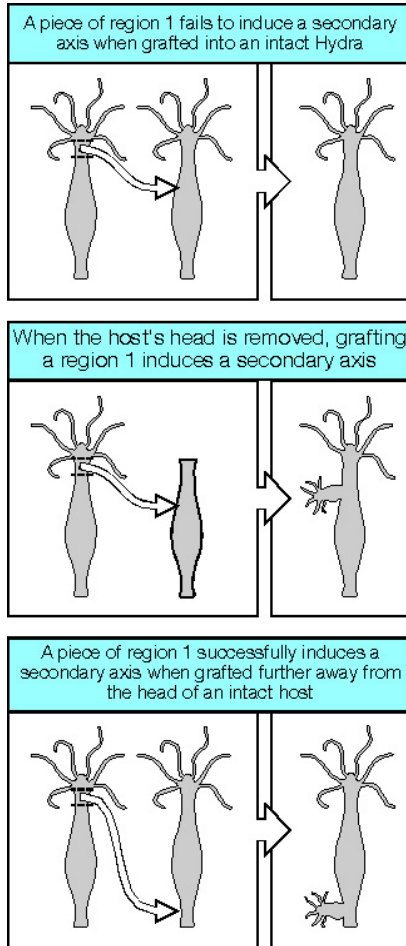


Proses-proses yang terlibat dalam regenerasi anggota tubuh *Cristurus cristatus*

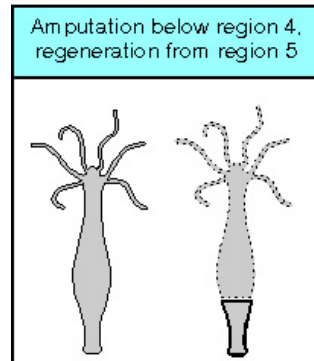
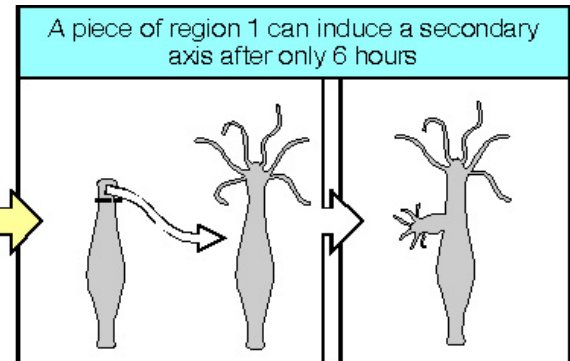
- Periode penyembuhan luka
(Pembentukan Apical epidermis cap)
- Periode penghancuran jaringan (histolisis)
(Pembentukan sel-sel mesenkim)
- Periode pembentukan blastema
(dari sel-sel mesenkim di bawah epidermis)
- Diferensiasi dan morfogenesis

- Pada jaringan luka, sel-sel akan mengalami **dediferensiasi**
- Sel menjadi muda kembali dan bersifat ***pluripoten***
- Sel tsb membentuk berbagai **jenis jaringan baru**
- Dengan demikian maka wilayah tersebut sel-selnya **tidak dapat dibedakan** dari mana asalnya
- Kemudian terbentuk ***blastema*** sebagai tunas regenerasi pada permukaan bebas
- ***Blastema*** ini berasal dari penimbunan sel-sel yang telah mengalami defirensiasi
- ***Blastema*** kemudian mengadakan **proliferasi**, yang akhirnya akan berhenti jika blastema mencapai ukuran maksimal

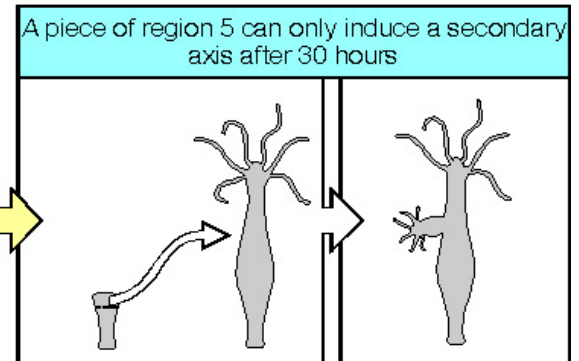
Regenerasi pada Hydra



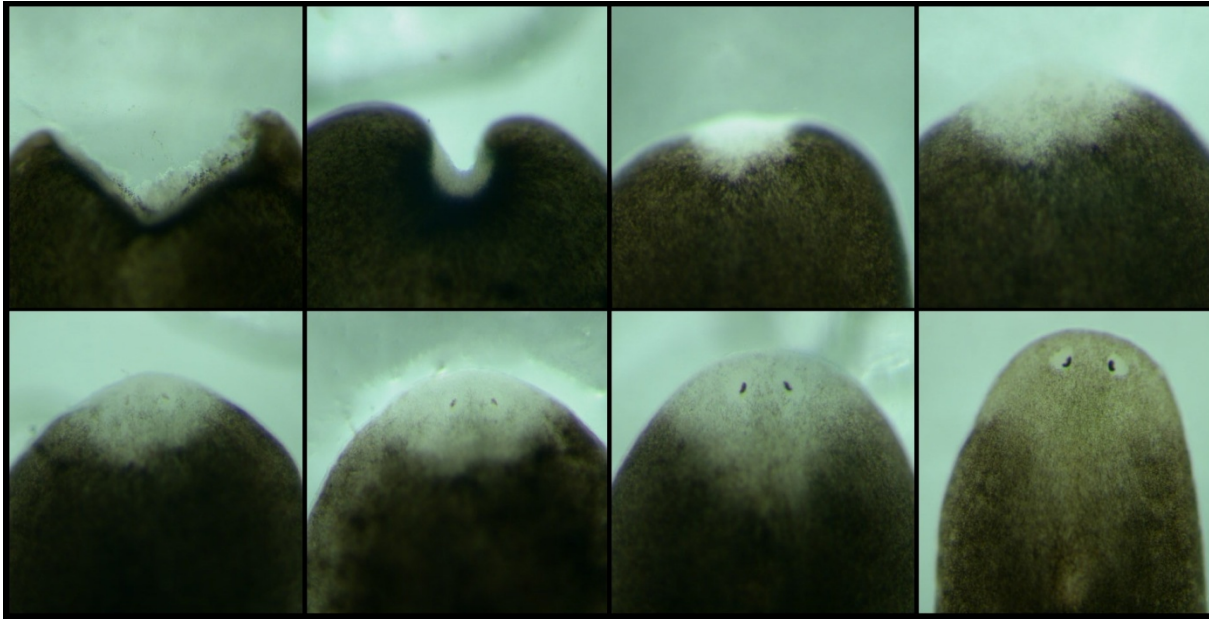
after 6 hours



after 30 hours



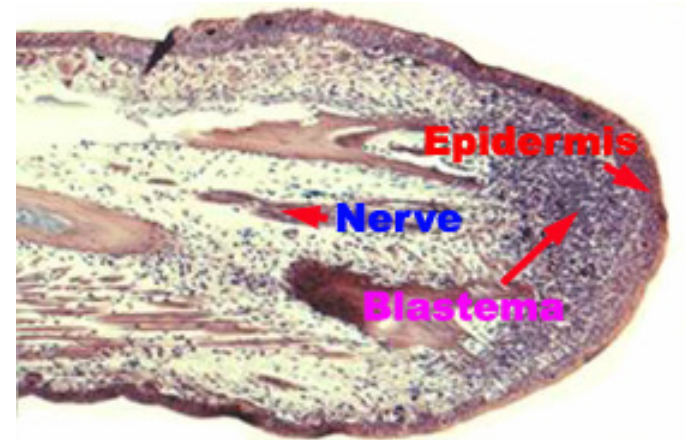
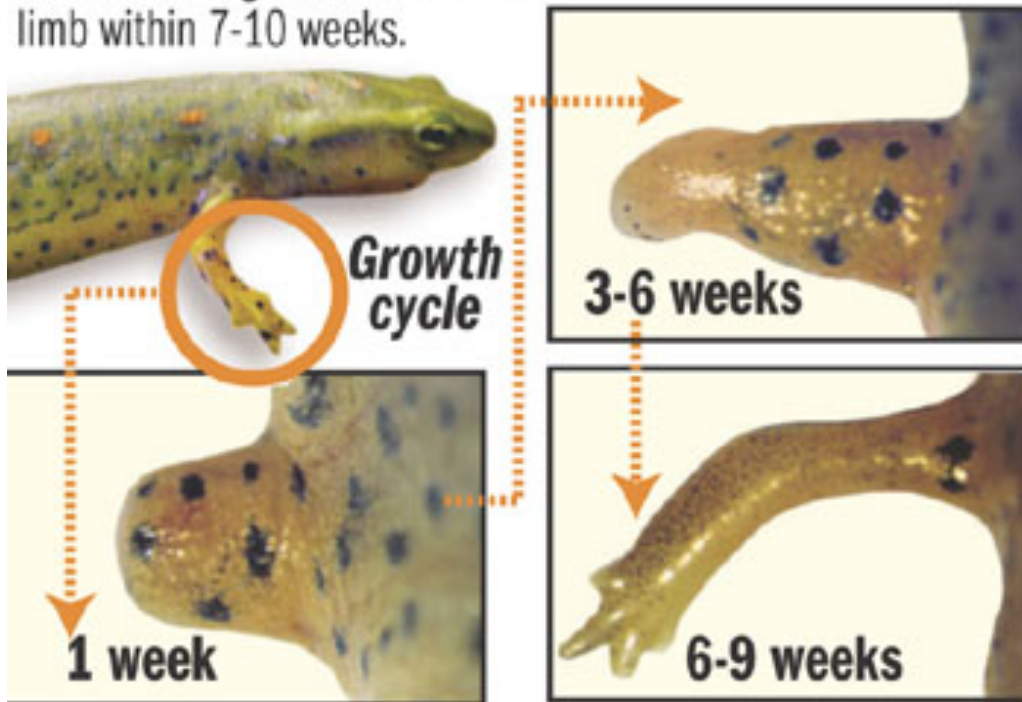
Regenerasi pada Planaria



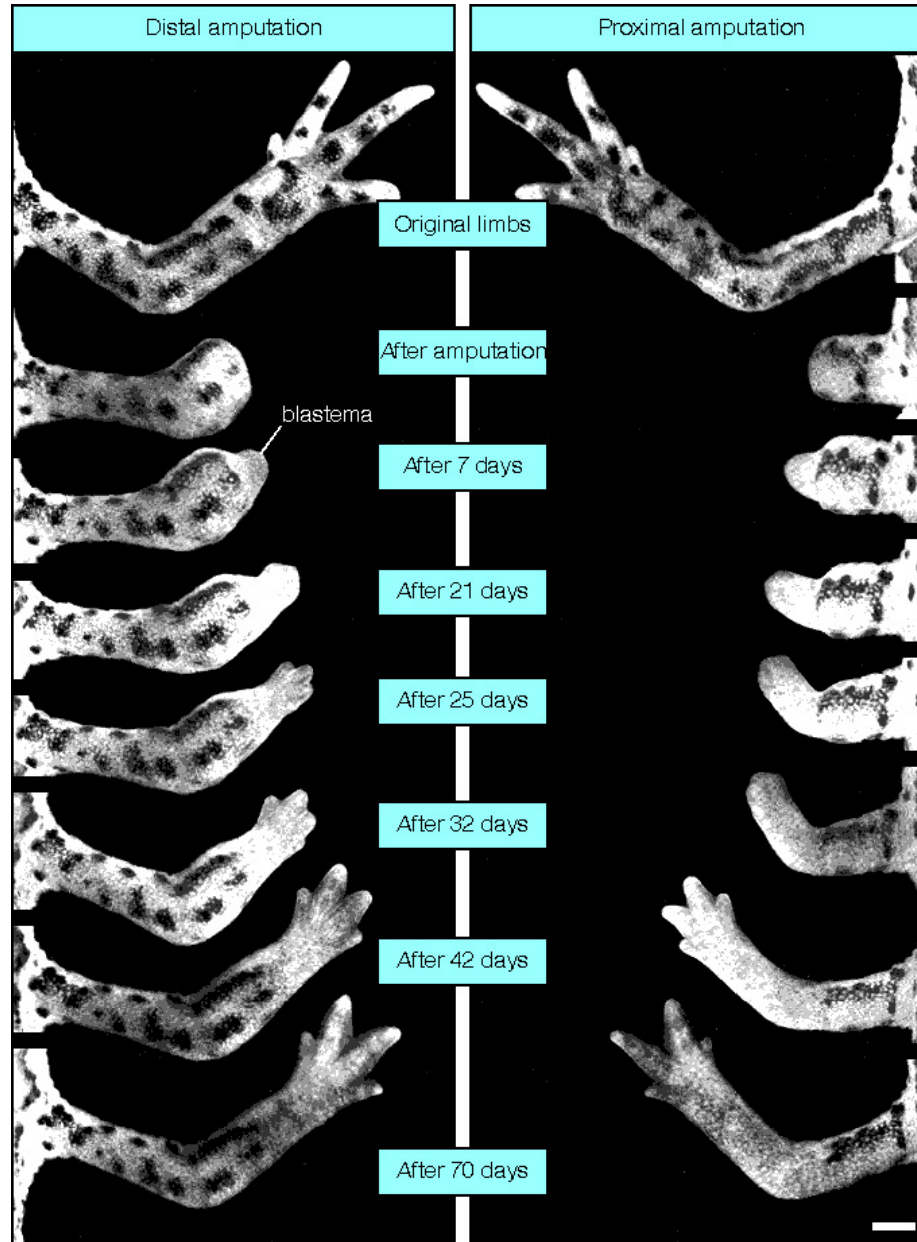
Regenerasi pada kaki Amphibia

Regenerating a limb

A newt can regenerate an entire limb within 7-10 weeks.

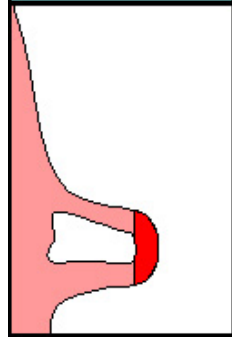


Regenerasi pada kaki newt

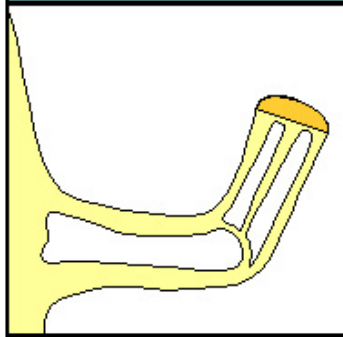


Donor and host limbs amputated and blastemas form

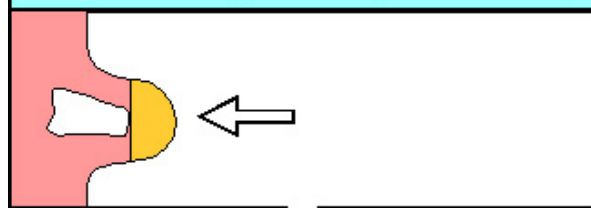
Proximal blastema



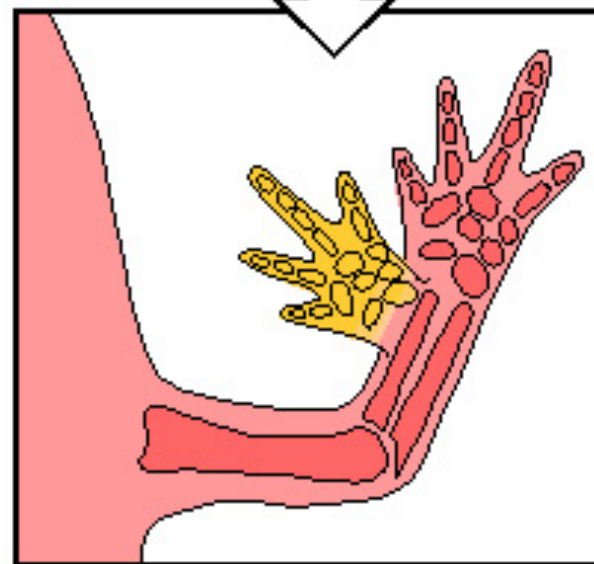
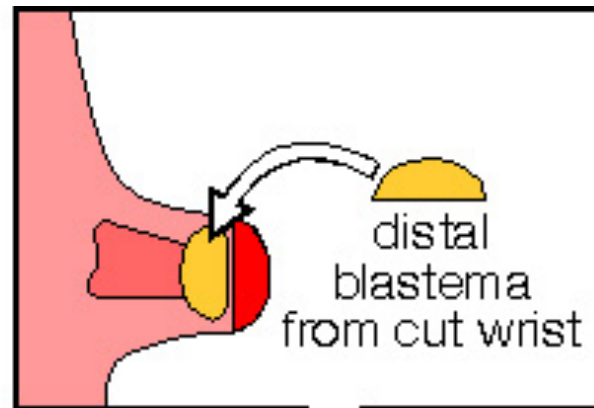
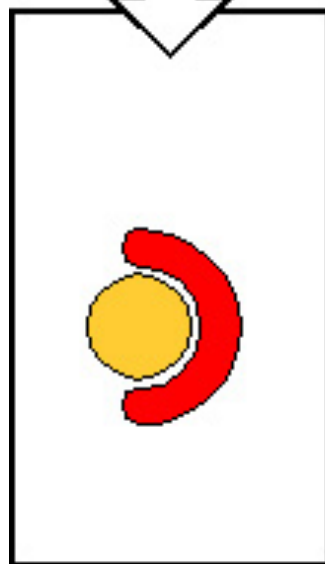
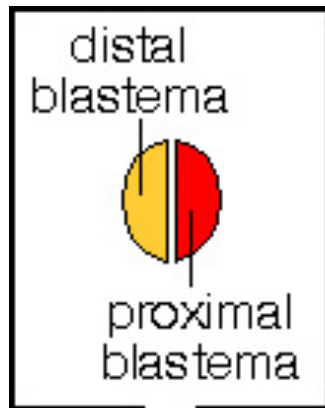
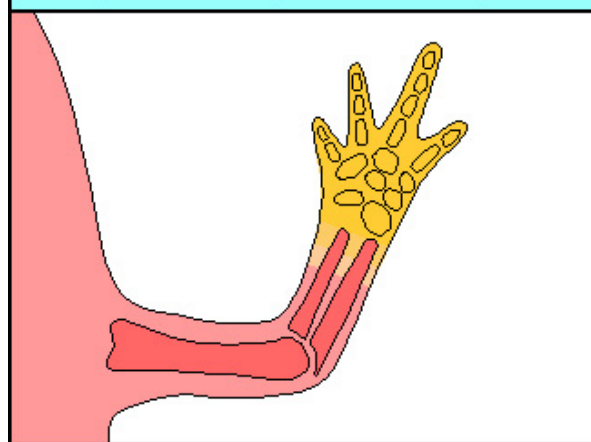
Distal blastema



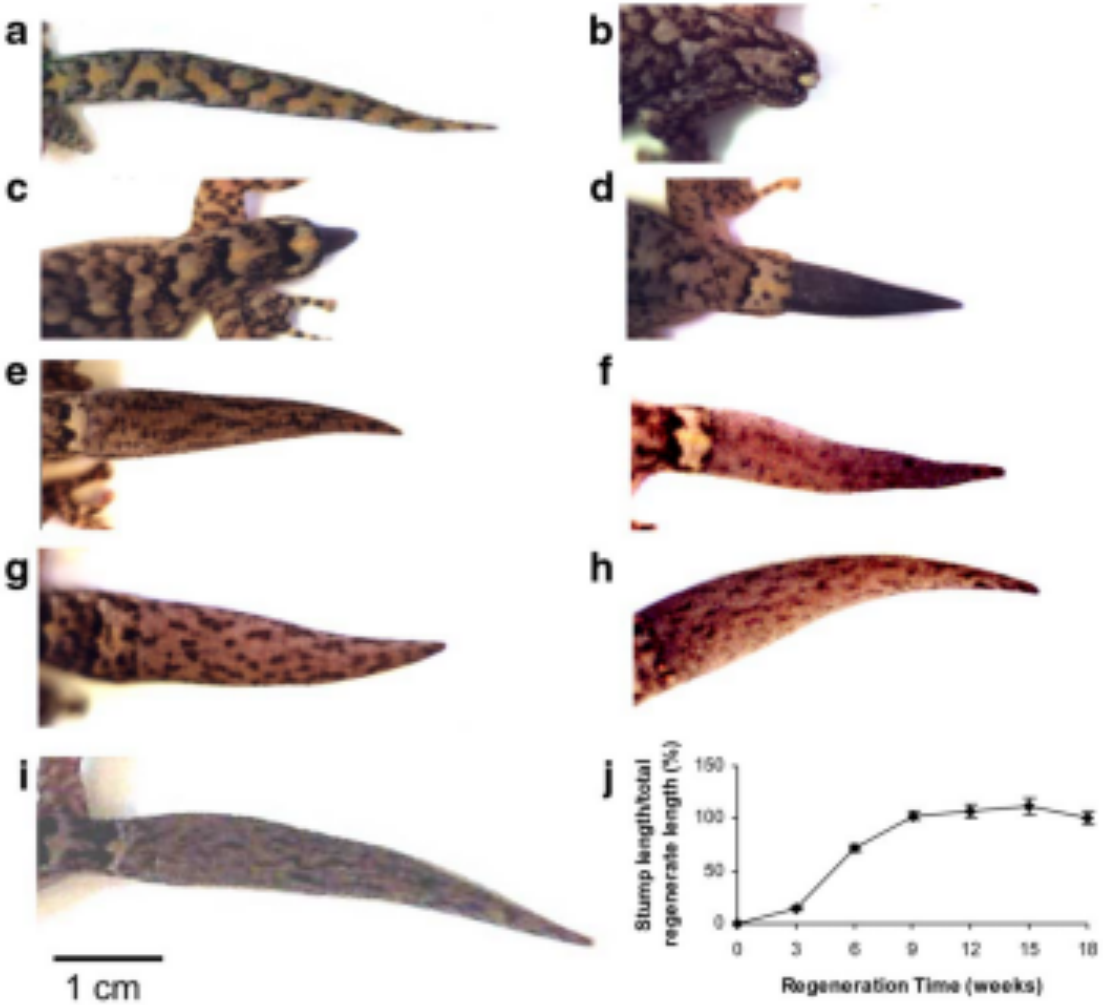
Proximal blastema removed, distal blastema grafted to proximal stump



All proximal structures in regenerated limb mostly come from proximal stump tissue



Regenerasi pada ekor tokek *Cristinus mormorratus*



Hormon yang mempengaruhi regenerasi

- ACTH (Adrenocorticotropic hormone)
- Hormon pertumbuhan dan Prolaktin
- Hormon tiroksin (regenerais anura)