



[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

# FISIOLOGI CEKAMAN

# FISIOLOGI CEKAMAN

- Tumbuhan sering menghadapi kondisi ekstrim atau **kondisi yang tidak menguntungkan** untuk pertumbuhan dan perkembangannya ⇒ **cekaman** (stress)
- Cekaman Biologis ialah segala perubahan kondisi lingkungan yang mungkin akan menurunkan atau merugikan pertumbuhan atau perkembangan tumbuhan (fungsi normalnya)
- **Regangan** Biologis ialah fungsi yang menurun atau berubah.

- Akibat yang ditimbulkan oleh cekaman bervariasi, tergantung pada:
  - ✓ intensitas cekaman
  - ✓ lama perlakuan
  - ✓ jenis tumbuhan
  - ✓ perkembangan tumbuhan saat menerima cekaman
- Cekaman fisiologi pada tanaman dapat bersifat spasial ataupun temporal.

# Contoh

**Intensitas Cahaya  
Rendah**

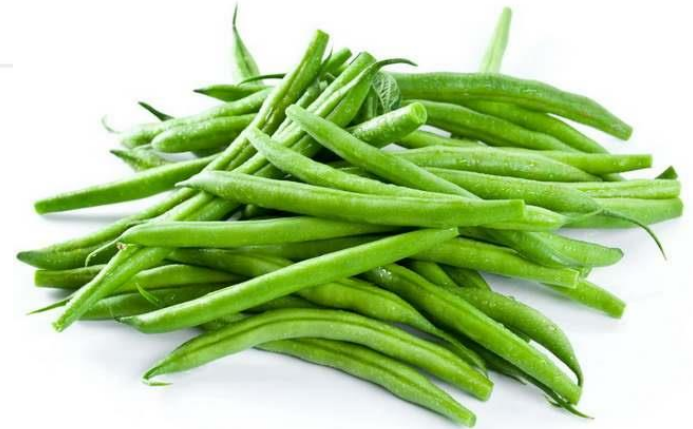
**Laju Fotosintesis  
Menurun**

**Cekaman**

**Regangan**

“Konsep cekaman secara sangat mudah dihubungkan dengan konsep toleransi terhadap cekaman (*stress tolerance*)”

- Misalnya buncis (*Pisum sativum*) dan kedelai (*Glycine max*) masing masing tumbuh paling baik pada suhu 20°C dan 30°C.
- Ketika suhu bertambah, buncis memperlihatkan tanda-tanda tercekam panas lebih cepat daripada kedelai.
- Jadi kedelai mempunyai toleransi terhadap cekaman panas lebih besar.



# Sumber Cekaman (Stressor)

Abiotik		Biotik
Fisik	Kimia	
Kekeringan	Polusi udara	Kompetisi
Suhu	Logam berat	Alelopati
Radiasi	Pestisida	Herbivor
<i>Flooding</i>	Toksin	Penyakit
Angin	pH tanah	Jamur patogen
Medan magnet	Salinitas	Virus

# Lingkungan Rawan

- Lingkungan yang memiliki produktivitas paling rendah sehingga lingkungan tersebut memiliki kemungkinan tertinggi terdapat cekaman.
- Terbagi atas:
  - a. Gurun dan daerah kering lainnya
  - b. Tundra dan daerah Dingin

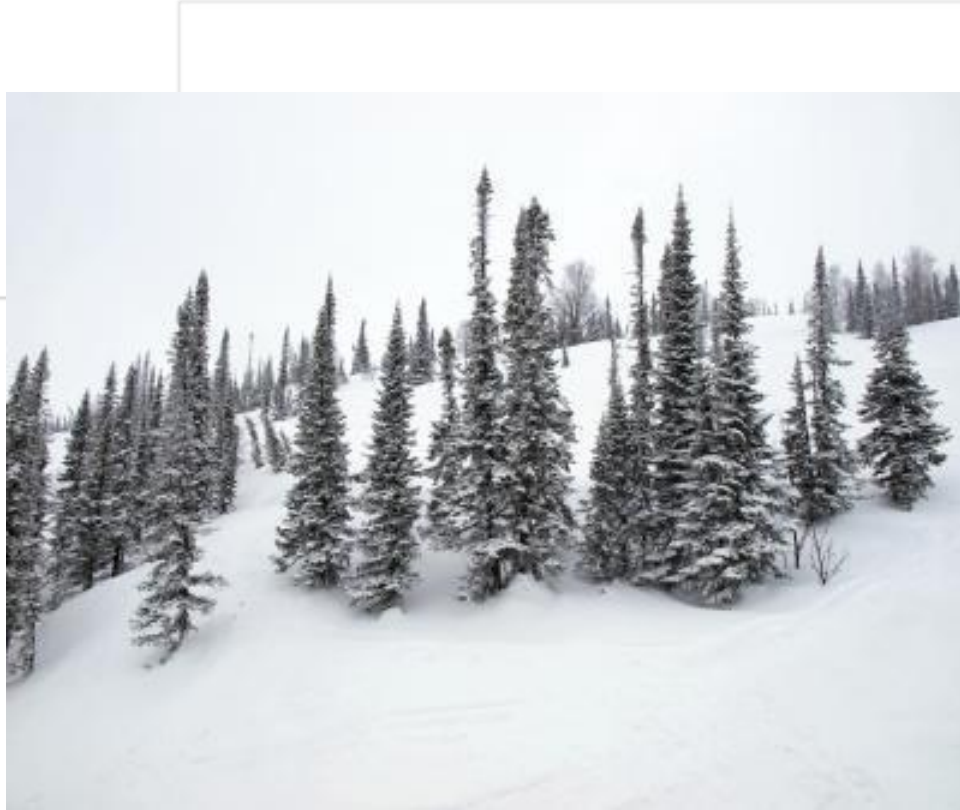


# Gurun dan daerah kering lainnya

- Gurun: daerah yang curah hujannya rendah (kurang dari 200-400 mm per tahun)
- Tanah gurun sering berkadar garam tinggi karena curah hujan yang rendah.



# Tundra dan daerah Dingin



- Merupakan daerah dimuka bumi yang suhunya sangat rendah, sehingga pepohonan tidak dapat tumbuh.
- Terdapat di puncak gunung (tundra alpin) dan di wilayah utara (tundra kutub utara)

# Lingkungan rawan lainnya

- Terdapat bermacam-macam lingkungan rawan di bumi.
  - ✓ Banjir
  - ✓ Suhu tinggi
  - ✓ Keadaan tanah yang sangat asam dan basa

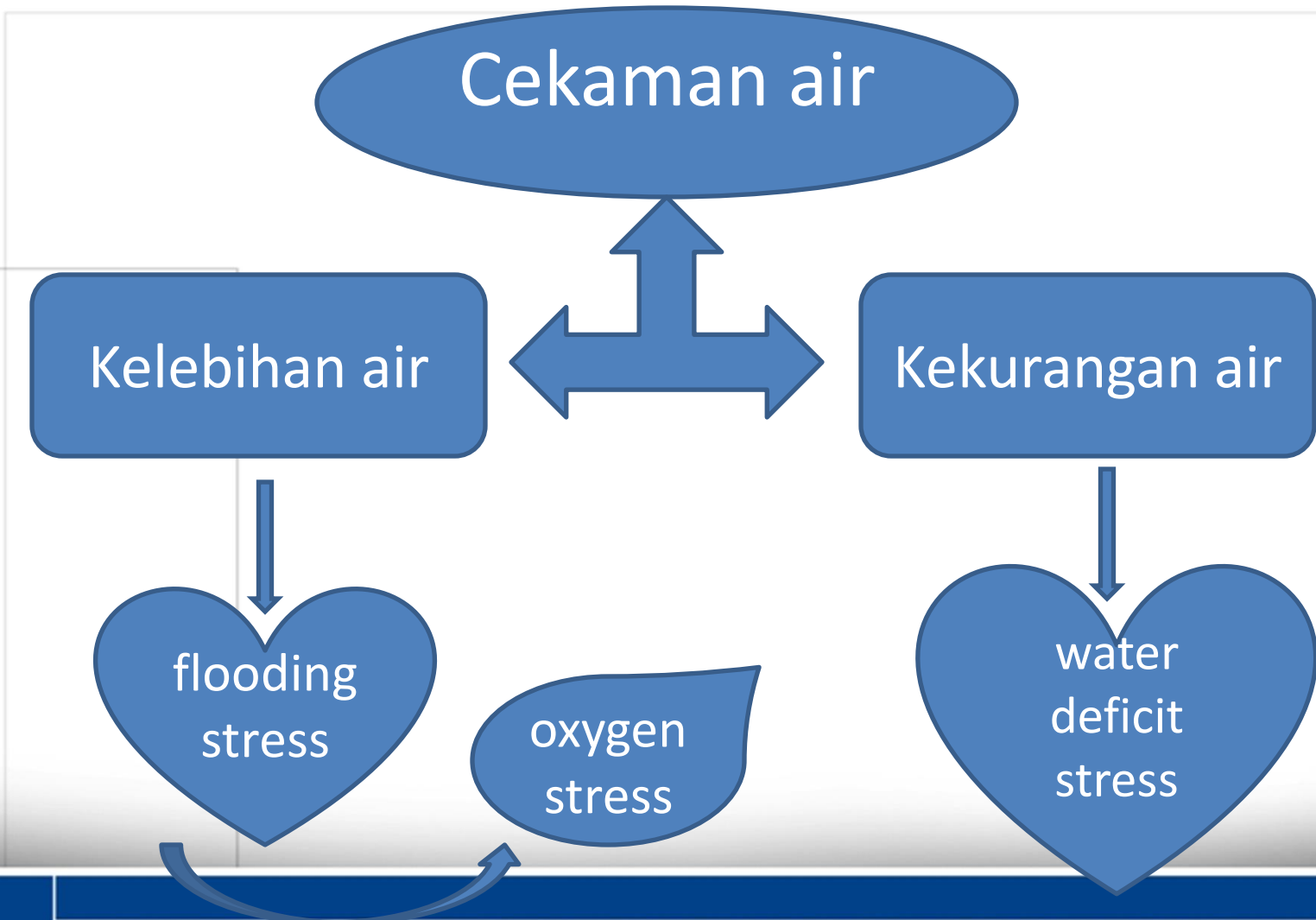
# Tanggapan Tanaman Terhadap Cekaman

- Cekaman adalah perubahan fisiologi yang terjadi apabila suatu spesies dihadapkan pada kondisi yang tidak menguntungkan dan menginduksi *alarm response* berupa respon defensif maupun respon adaptif terhadap stimulus.
- Indikator yang paling peka terhadap cekaman adalah gangguan terhadap fotosintesis dan alokasi biomassa.

# Macam-macam cekaman

- Cekaman kekeringan
- Cekaman kelebihan Air
- Cekaman Suhu
- Cekaman Garam
- Cekaman Polusi

# CEKAMAN AIR (WATER STRESS)







[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

**CEKAMAN KEKERINGAN**

# Kekeringan

- Kekeringan menimbulkan cekaman bagi tanaman yang tidak tahan kering
- Kekeringan terjadi jika kelembaban tanah lebih rendah dari titik layu tetap
- Kondisi di atas timbul karena tidak adanya tambahan kelembaban baik dari air hujan maupun irigasi sementara evapotranspirasi tetap berlangsung

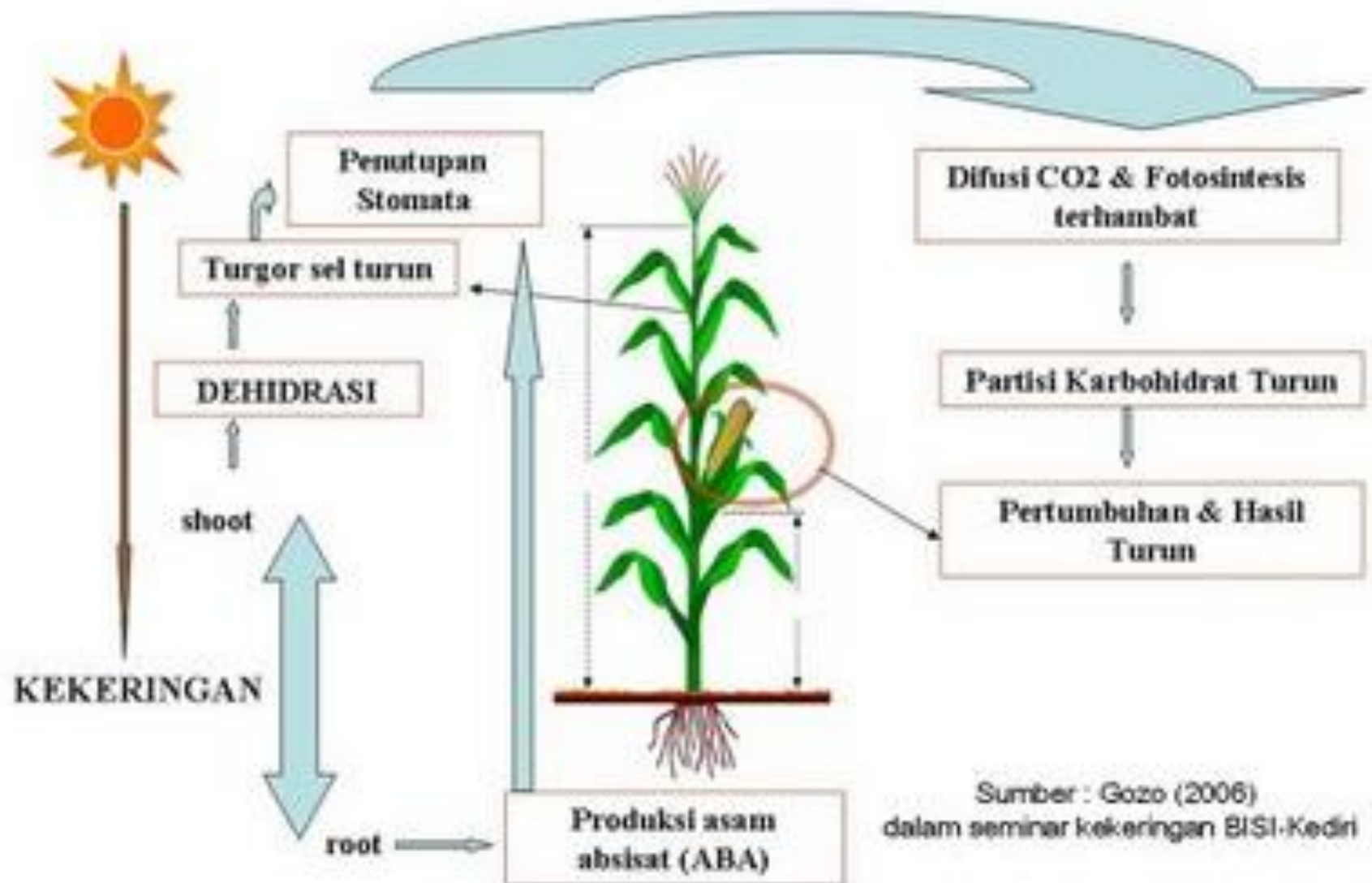




# Sensitivitas Umum Terhadap Kekurangan Air

Proses atau parameter	Potensial air jaringan (Bar)	Keterangan
Pengurangan pertumbuhan	- 6.25	Jaringan yang tumbuh cepat
Pengurangan sintesis dinding sel	- 6.50	Jaringan yang tumbuh cepat
Pengurangan sintesis protein	- 7.50	Daun beretiolasi
Pengurangan sintesis klorofil	- 8.75	
Pengurangan nitrat reduktase	- 9.00	
Sintesis ABA	- 10.0	
Penutupan stomata	- 12.5	Tergantung spesiesnya
Pengurangan asimilasi CO <sub>2</sub>	- 12.7	Tergantung spesiesnya
Pengurangan respirasi	- 17.0	
Pengurangan daya hantar xilem	- 17.0	
Akumulasi protein	- 17.5	
Konsentrasi gula	- 17.6	

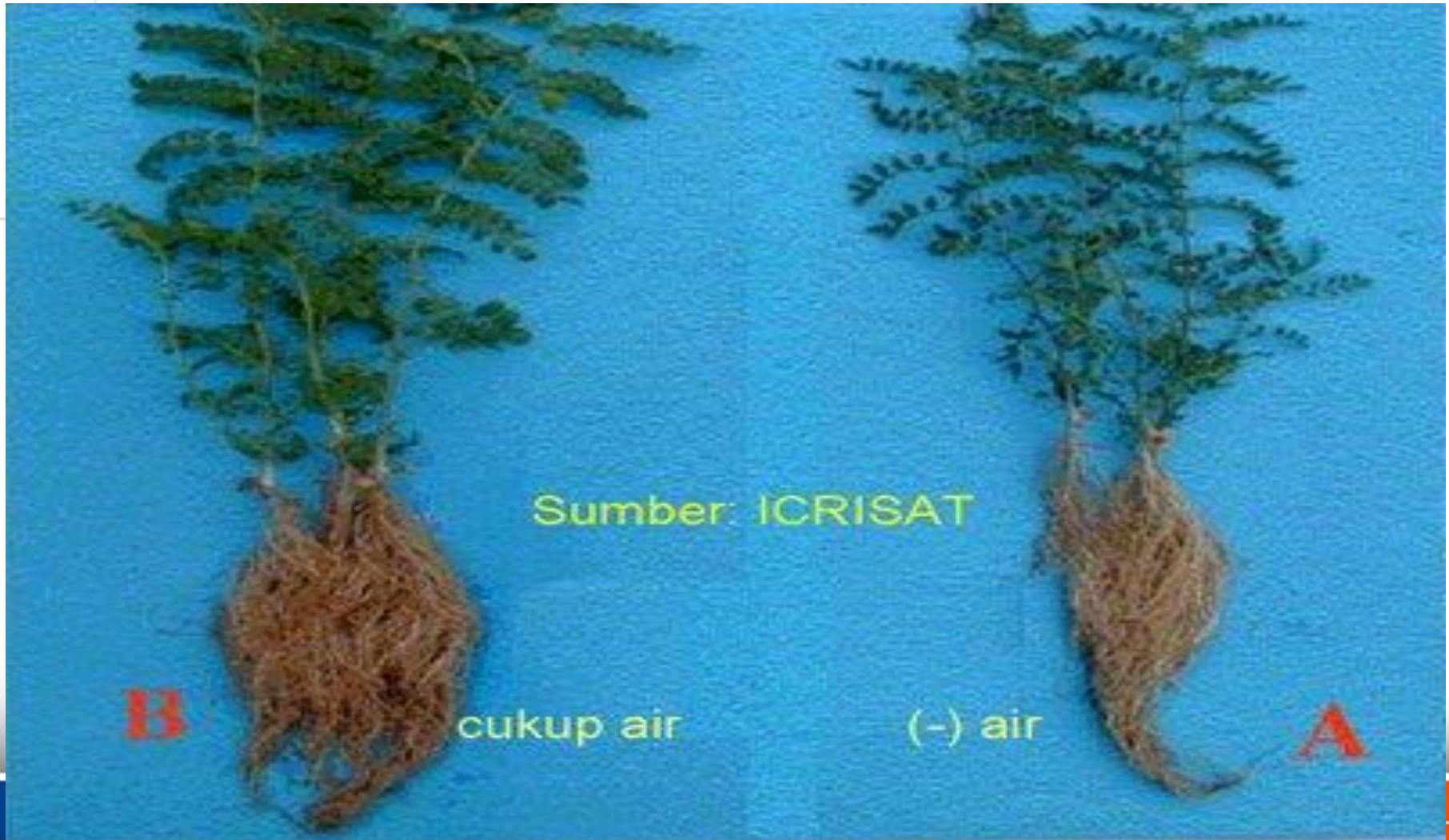
# Mekanisme Cekaman Kekeringan



Sumber : Gozo (2006)  
dalam seminar kekeringan BISI-Kediri



# Perbandingan Struktur Morfologi Akar pada cekaman kekeringan



# Adaptasi Tanaman Terhadap Kekurangan Air

## Adaptasi Morfologi

- Pada tumbuhan gurun mempunyai bentuk perakaran yang dalam yang memungkinkan pengambilan cadangan air di bawah tanah, membantu menahan air bila ada dari sumber-sumber dalam udara (misalnya embun) (Polunin, 1990).

## Contoh tanaman Gurun





## Adaptasi Anatomis

- Sebagai contoh suatu tanaman rumput yang memiliki anatomi daun yang spesifik, dapat mengikat  $\text{CO}_2$ .
- Stomata tanaman CAM menutup di siang hari untuk mengurangi kehilangan air akibat transpirasi ( Fitter dan Hay, 1991).



## Adaptasi Biokimia

- Adaptasi biokimia bertujuan untuk melindungi sel-sel dan jaringan dari kerusakan dan kematian selama keadaan kering yang berat.
- Contohnya biji-biji tanaman dari species ephemeral mendukung untuk perkecambahannya (mengandung cukup air).



[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

# CEKAMAN KELEBIHAN AIR

# Respon Terhadap Cekaman Kelebihan Air

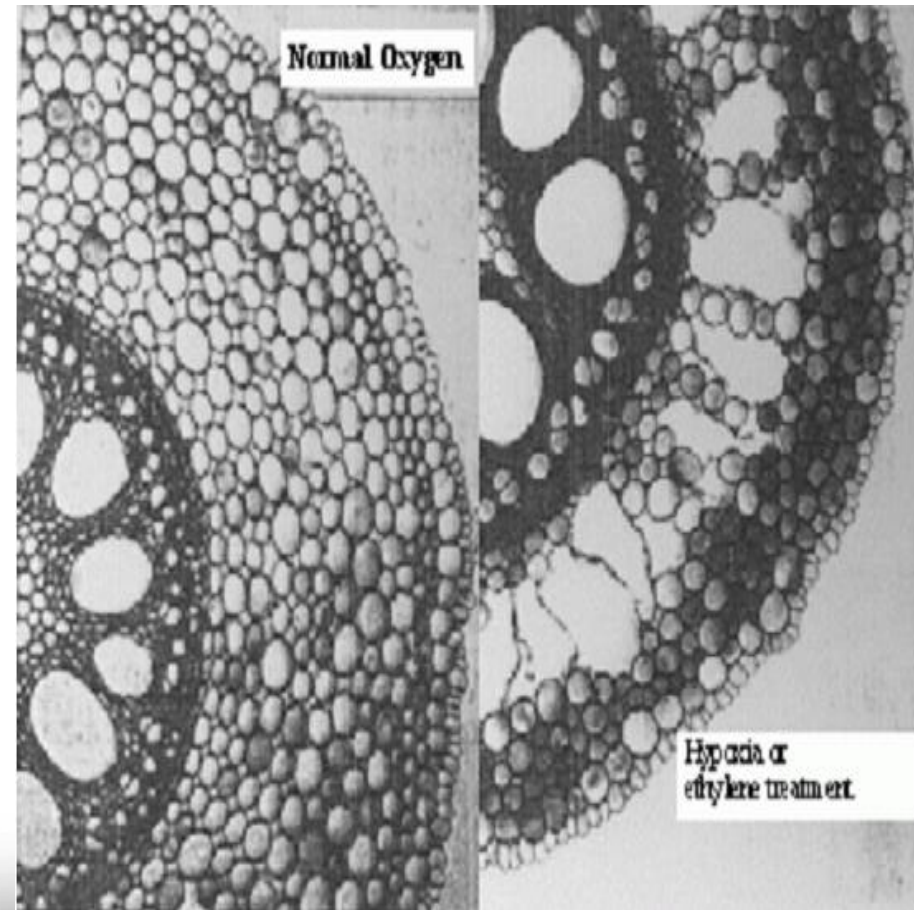
- Dampak genangan air adalah menurunkan pertukaran gas antara tanah dan udara yang mengakibatkan menurunnya ketersediaan  $O_2$  bagi akar, menghambat pasokan  $O_2$  bagi akar dan mikroorganisme.
- Genangan berpengaruh terhadap proses fisiologis dan biokimiawi antara lain respirasi, permeabilitas akar, penyerapan air dan hara, pengikatan Nitrogen.
- Genangan menyebabkan kematian akar di kedalaman tertentu dan hal ini akan memacu pembentukan akar adventif pada bagian di dekat permukaan tanah pada tanaman yang tahan genangan.



# Kelebihan air (Flooding)

## Kondisi tanah yang anaerob menyebabkan:

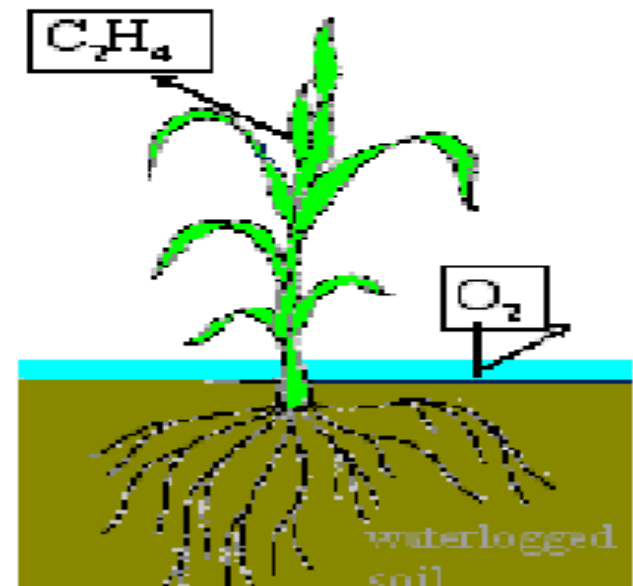
- Berkurangnya produksi ATP di akar
- pH turun di sekitar ujung akar
- Ketersediaan N dan S rendah
- Penyerapan nutrient berkurang



## Physiological Effects of Flooding due to Hypoxia and Anoxia

Hypoxia = stimulation of ethylene synthesis

Anoxia = blocks anaerobic respiration and ATP synthesis in mitochondria



# Perbandingan pertumbuhan tanaman pada cekaman kelebihan Air





[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

# CEKAMAN SUHU



- Kebanyakan jaringan pada tumbuhan mampu mempertahankan keseimbangan konsentrasi atau homeostatis tubuhnya pada suhu 45°C.
- Apabila kisaran suhu kurang atau lebih dari itu maka jaringan pada tumbuhan akan mengalami dehidrasi tetapi untuk biji dan serbuk sari pada beberapa tumbuhan masih dapat berkembang

- Biji dapat terus berkembang hingga suhu  $120^{\circ}\text{C}$
- Sedangkan untuk pollen (serbuk sari) dapat terus berkembang hingga suhu  $70^{\circ}\text{C}$
- Pada eukariotik membutuhkan kisaran suhu  $50^{\circ}\text{C}$  dalam menjaga keseimbangan atau siklus hidupnya
- Hanya pada Prokariotik dapat tumbuh dan berkembang pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$

- Tumbuhan dapat mendekati kematian (Sublethal) apabila suhu terlalu panas, sehingga perlu adanya induksi toleransi untuk menyeimbangkan antara suhu dalam dan suhu luar tumbuhan, proses ini disebut *Induksi Termotoleran*

- Cekaman air dan cekaman suhu hampir sebagian besar terjadi pada tumbuhan golongan  $C_3$  dan  $C_4$ .
- Biji pada tanaman tergantung pada proses evaporasi dan perkembangan suhu.
- Biji masih dapat berkembang pada suhu atau temperatur tinggi tapi tidak pada tanah yang basah atau lembab.



# Pengaruh Suhu Terhadap Daun

- Pada tumbuhan CAM dapat membuka stomatanya pada suhu atau keadaan yang kering tetapi tidak pada suhu yang dingin, hal ini karena pada suhu dingin tumbuhan CAM tidak dapat melakukan transpirasi.
- Pada suhu yang tinggi tumbuhan CAM dapat mengikat sinar *infrared* dengan panjang gelombang yang lebih panjang (tinggi).

# Pengaruh suhu terhadap fotosintesis

- Pada suhu tinggi fotosintesis terjadi sebelum transpirasi.
- Temperatur atau suhu berpengaruh terhadap fiksasi CO<sub>2</sub> dan memberikan waktu interval pada saat CO<sub>2</sub> keluar melalui respirasi tanaman yang disebut dengan *Point Temperatur Kompensasi*



[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

# Cekaman Garam

# CEKAMAN GARAM (SALT STRESS)

- Peningkatan konsentrasi garam → peningkatan tekanan osmotik
- Cekaman garam merupakan cekaman yang kompleks:
  - ✓ Menyebabkan kekurangan air karena pengaruh osmotik garam
  - ✓ menimbulkan efek toksik karena kelebihan ion sehingga mempengaruhi metabolisme.
  - ✓ Secara langsung: pengaruh garam terhadap organ fotosintesis.
  - ✓ Secara tidak langsung: penurunan kecepatan fotosintesis.
- Mekanisme adaptasi tanaman karena adanya cekaman osmotik untuk mencegah dehidrasi sel  $\longleftrightarrow$  osmoregulasi

# Efek Cekaman Garam

- Berpengaruh pada struktur tanah (porositas turun)
- Menyebabkan “kering fisiologis” (*physiological drought*) sehingga tumbuhan sulit memperoleh air & nutrient

# Tanggapan Tanaman terhadap cekaman garam

## Tanggapan tanaman

### Dengan pengambilan ion

### Tanpa pengambilan ion

#### Adaptasi

#### Efek merugikan Ion berlebihan

#### Adaptasi

#### Efek merugikan kekurangan air

#### 1. Toleransi

Pengaturan turgor dengan kompartementasi ion dalam vakuola

#### 2. Penghindaran konsentrasi berlebihan

- a. Pengaturan pengambilan ion dan pengangkutan ion ke tajuk
- b. Pengeluaran ion dari tajuk melalui kelenjar garam.
- c. Peningkatan volume tajuk

#### Penghindaran kekurangan air

- a. Pengaturan turgor melalui sintesis senyawa organik dan senyawa netral dalam sitoplasma.
- b. Pengaturan turgor melalui peningkatan permeabilitas membran akar terhadap air.
- c. Peningkatan ketebalan daun untuk memperbaiki efisiensi penggunaan air.



[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

# CEKAMAN POLUSI



- Kualitas lingkungan semakin menurun akibat pencemaran pada udara dan terhadap kelangsungan kehidupan makhluk hidup.
- Jenis polutan/pencemar
  - a. gas beracun
  - b. logam berat
  - c. pestisida



# CEKAMAN GAS BERACUN

- Sumber pencemar udara :  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  (NO dan  $\text{NO}_2$ ) dan ozon
- Pencemar masuk ke dalam sel tumbuhan melalui stomata
- Konsentrasi gas beracun tinggi
  - a. menghambat aktivitas enzim
  - b. merusak membran kloroplas

# CEKAMAN LOGAM BERAT

- Polutan logam berat → hambatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman
- Adaptasi terhadap cekaman logam berat
  1. Avoidance : selektivitas membran sel akar
  2. Tolerance : bagaimana tanaman dapat toleran terhadap logam berat?
    - a. detoksifikasi logam berat melalui kombinasi unsur toksik dengan molekul anorganik.
    - b. detoksifikasi logam berat melalui kombinasi unsur toksik dengan asam.

# FITOREMEDIASI

Teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya (logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun) dalam tanah atau air dengan bantuan tanaman

- Fitoekstraksi
- Rhizofiltrasi
- Fitostabilisasi

Beberapa tumbuhan yang dapat digunakan sebagai agensia remediasi: *Eichhornia crassipes*, *Brassica juncea*, *Armeria maritima*, genus *Thlaspi*