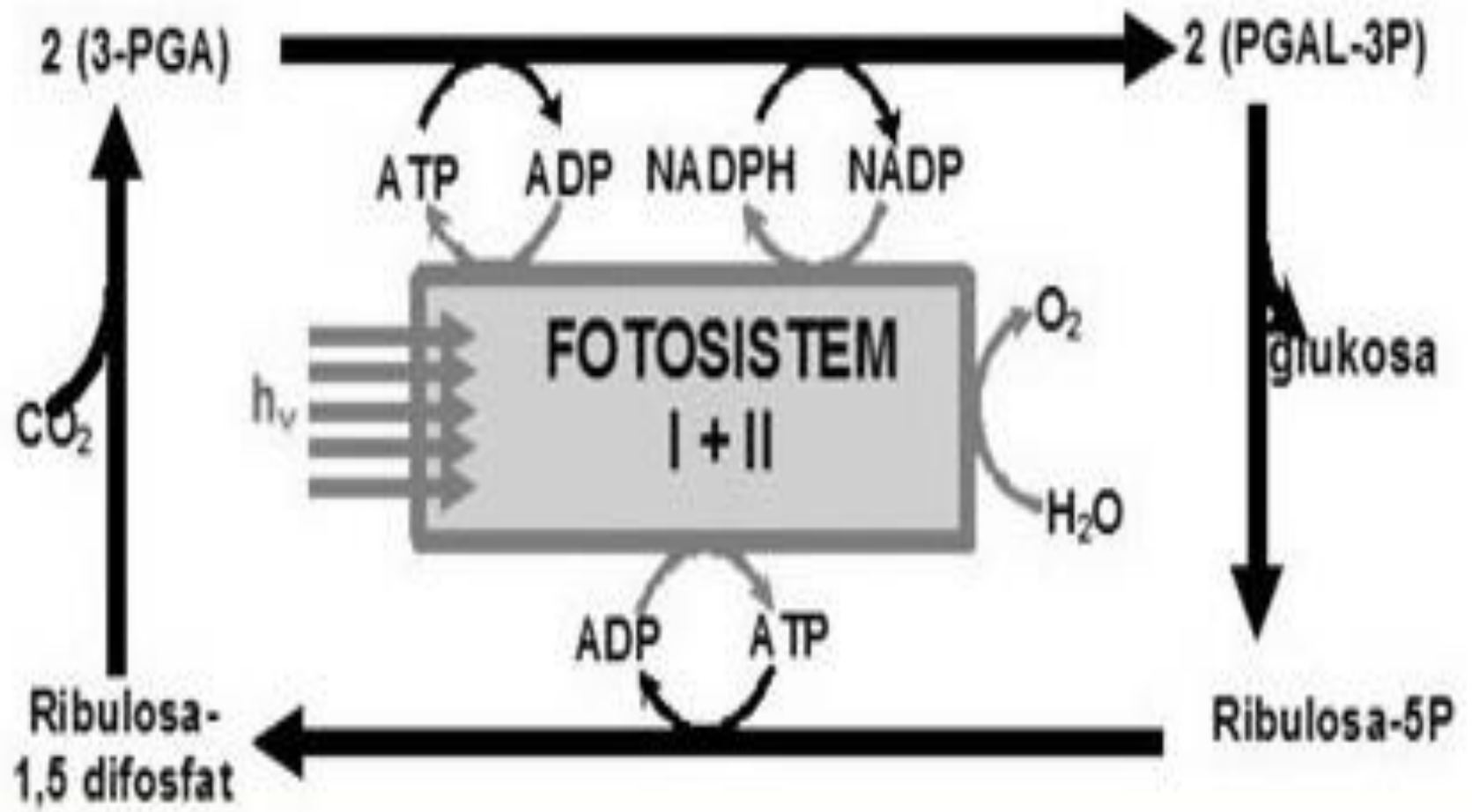


Fase Gelap Fotosintesis

1. Fiksasi Karbon Dioksida (CO_2)
2. Siklus Calvin
3. Lintasan Asam Dikarboksilat C-4
4. Metabolisme Asam Crassulacean
5. Sintesis Sukrosa, Pati, dan Fruktan



Fiksasi Karbon Dioksida (CO₂)

- ❑ Produk awal setelah CO₂ difiksasi, terbentuk senyawa PGA (Asam fosfoglisarat) yaitu senyawa 3 atom C.
- ❑ Senyawa yang bergabung dengan CO₂ adalah RuBP (Ribulosa-1,5-Bifosfat) yaitu senyawa mempunyai 5 atom C.
- ❑ Reaksi dipacu oleh enzim RuBP karboksilase (Rubisco)
$$\text{CO}_2 + \text{RuBP} \xrightarrow{\text{Rubisco}} 2\text{PGA}.$$
- ❑ Rubisco berperan pada semua organisme yang melakukan fotosintesis.
- ❑ Rubisco merupakan bentuk protein yang banyak dijumpai (1/4 - 1/8 dari protein daun).
- ❑ Rubisco penting untuk diet ternak dan manusia.

Siklus Calvin

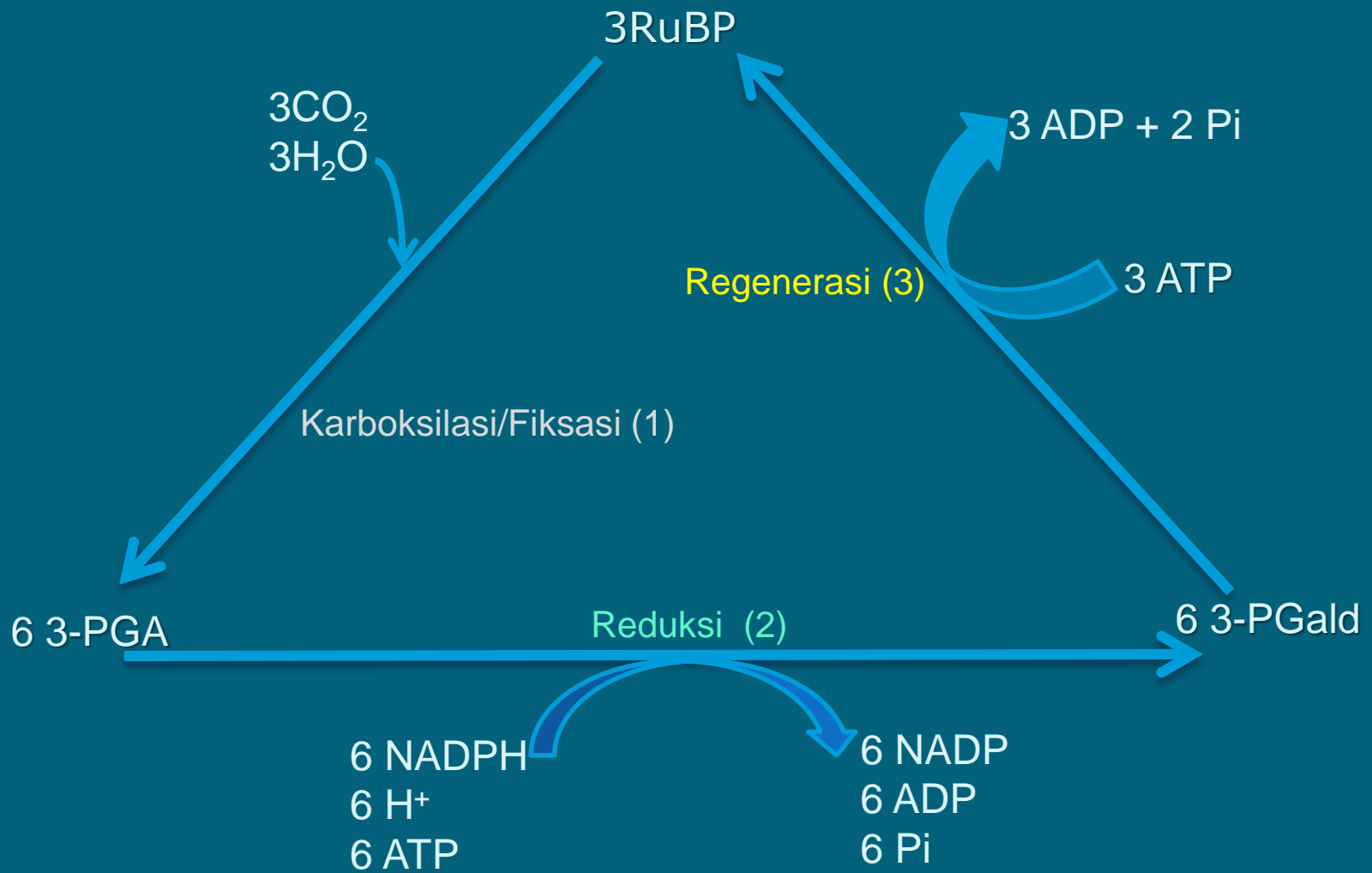
- ❖ Berlangsung pada stroma khloroplas
- ❖ Siklus *Reduksi Carbon Fotosintetik*
- ❖ Lintasan Fotosintetik C-3 (produk awal terbentuk setelah fiksasi CO₂ mengandung 3 atom C)
- ❖ Terdiri dari 3 tahap utama:



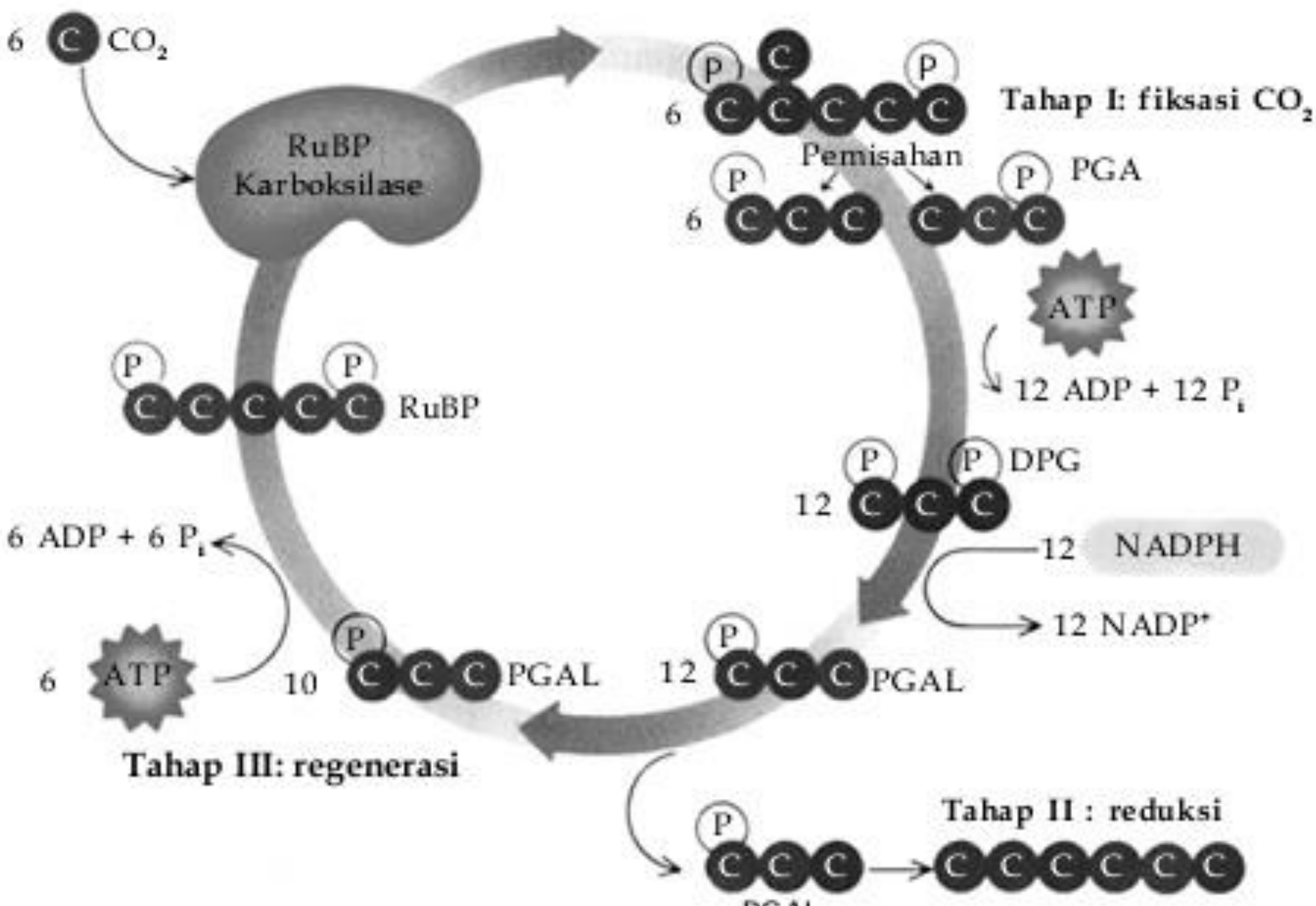
2. Reduksi,



Siklus Calvin



Tiga tahap utama pada siklus Calvin : *Karboksilasi*, *Reduksi*, dan *Regenerasi*



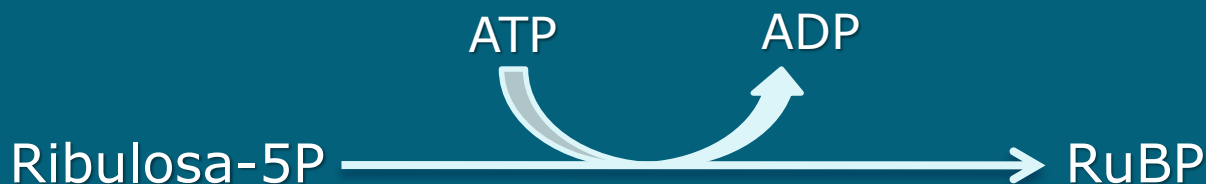
Siklus Calvin

PGald hasil proses reduksi :

- Dalam kloroplas digunakan untuk sintesis pati (jika laju fotosintesis berlangsung cepat).
- Dibawa keluar khloroplas dengan sistem antiport, dipertukarkan dengan Pi atau 3-PGA lainnya dari sitoplasma.
- Dikonversi menjadi dihidroksiaseton fosfat, di dalam sitosol digunakan untuk membentuk sukrosa, polisakarida untuk dinding sel.

Tahap Regenerasi RuBP:

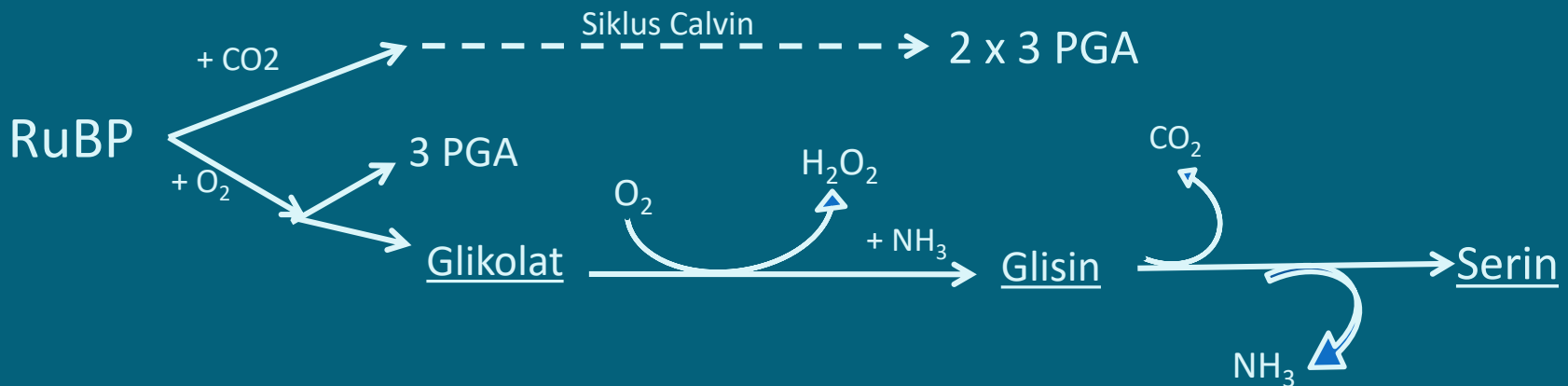
- Melibatkan gula terfosforilasi (4C, 5C, 6C, dan 7C)
- Dibutuhkan 1 molekul ATP



Siklus Calvin

Fotorespirasi (sering berlangsung pada tanaman C3)

- Cahaya memacu pengambilan CO_2 dan juga membebaskan CO_2 (berlangsung karena adanya O_2).
- Intensitas cahaya tinggi (laju pembebasan CO_2 relatif lebih tinggi dari penyerapan). Pada kondisi ini, hasil fotosintesis menjadi berkurang.
- Karena RuBP karboksilase juga dapat bereaksi dengan O_2 (bersifat oksigenase atau RuBP oksigenase)
- Juga terpacu oleh rendahnya konsentrasi CO_2 di atmosfer sekitar daun.

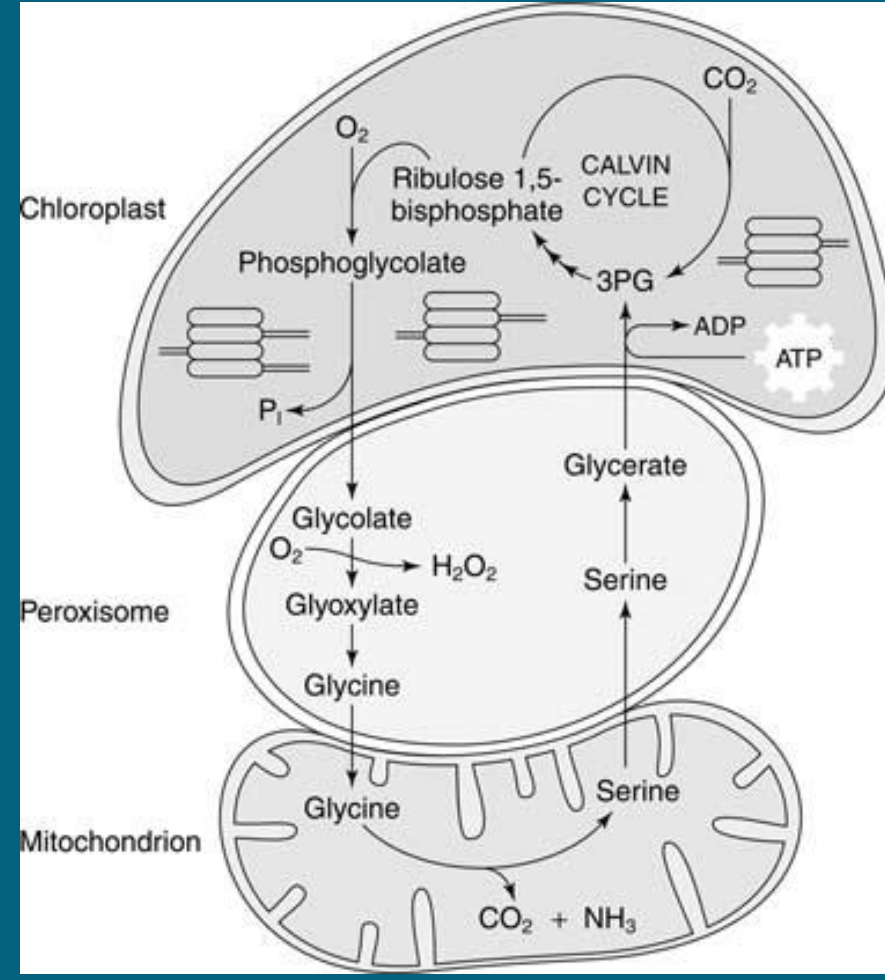
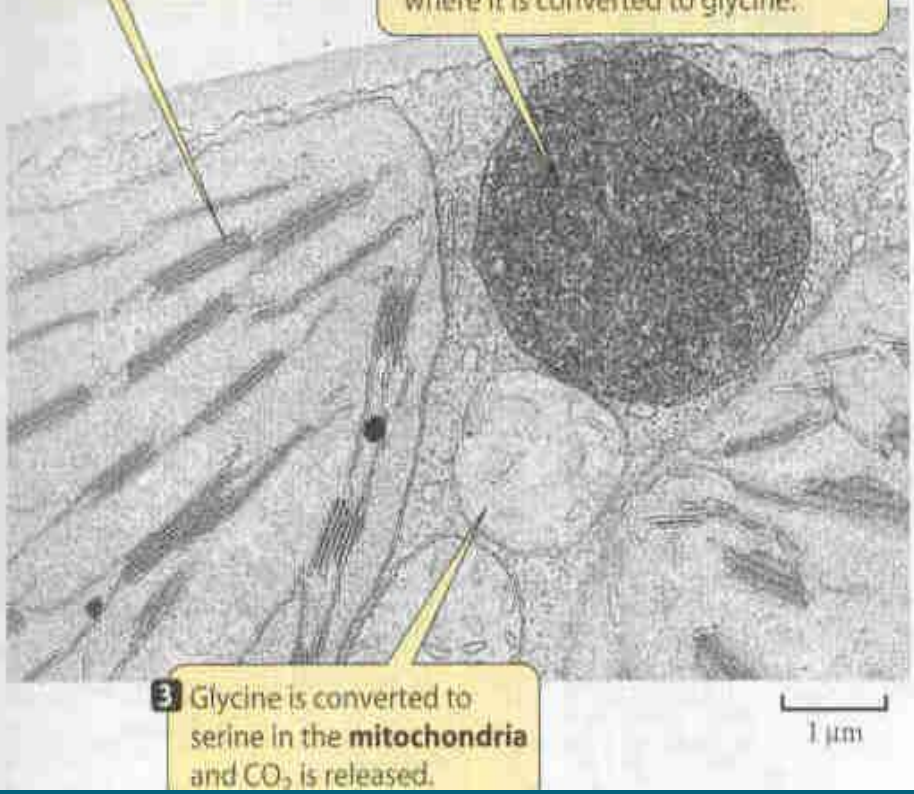


Fotorespirasi

1 In the **chloroplasts**, RuBP reacts with O_2 . Glycolate is formed.

2 Glycolate diffuses into a **peroxisome**, where it is converted to glycine.

3 Glycine is converted to serine in the **mitochondria** and CO_2 is released.

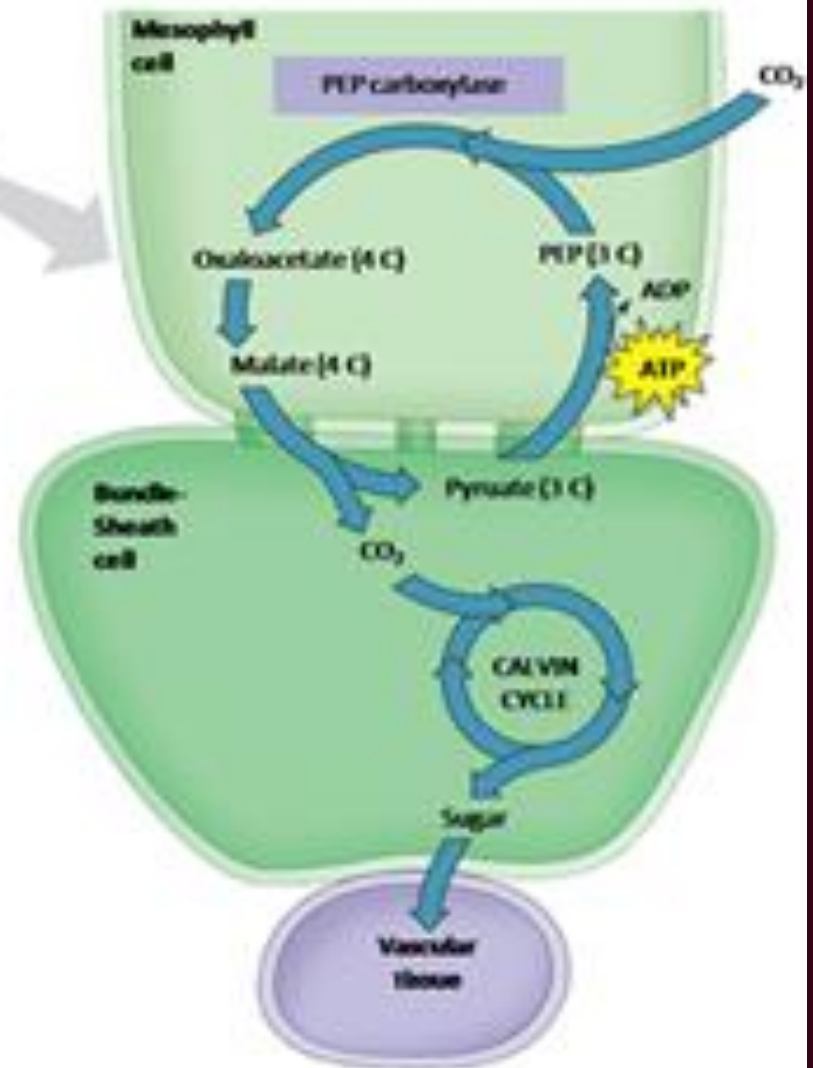
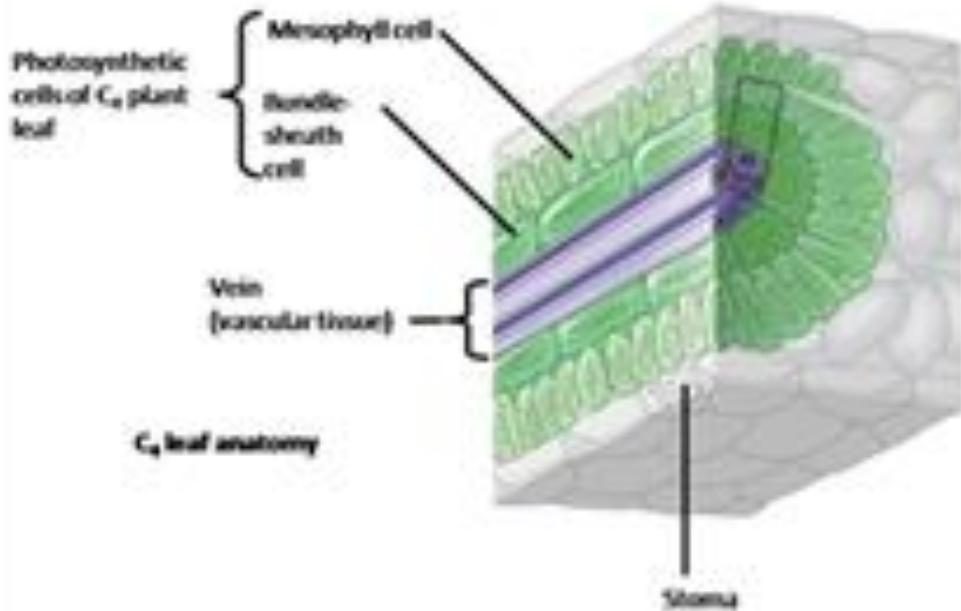


Kegunaan Fotorespirasi

Fotorespirasi juga penting karena :

- ❖ Mensintesis asam amino
- ❖ Menghasilkan NH_3
- ❖ Penyerapan O_2 untuk fotorespirasi diperlukan (penting) untuk menjaga organel fotosintesis dari kerusakan akibat terbebasnya H_2O_2

Lintasan Asam Dikarboksilat C-4

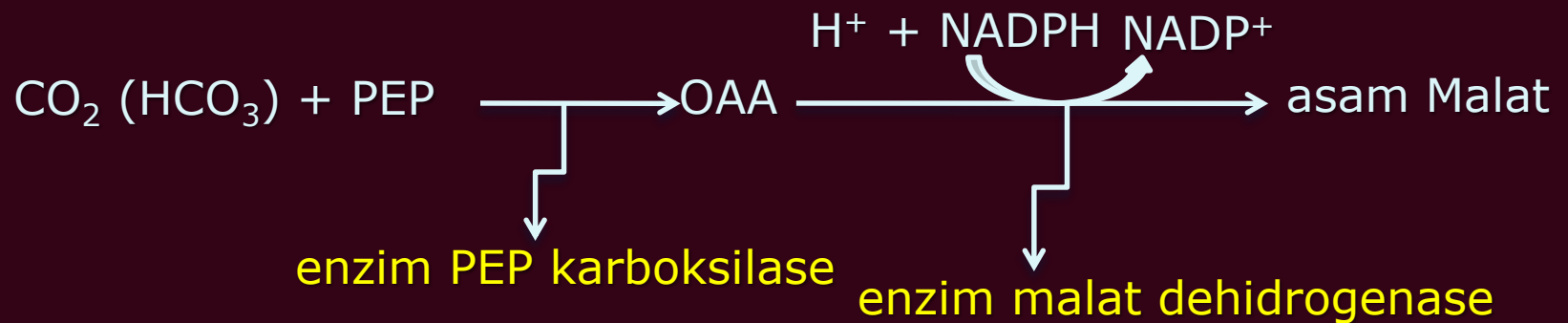


Lintasan Asam Dikarboksilat C-4 (Silklus Hatch-Slack)

- Produk awal setelah fiksasi CO₂ berupa senyawa 4C (asam aspartat dan asam malat).
- Pada tanaman monokotil tropis (tebu, jagung, sorgum)
- ± 0,4% dari total tumbuhan angiospermae monokotil dan dikotil.
- Mempunyai 2 sel fotosintetik:
 1. Sel mesofil
 2. Sel seludang pembuluh (Bundle Sheath Cel).

Lintasan Asam Dikarboksilat C-4

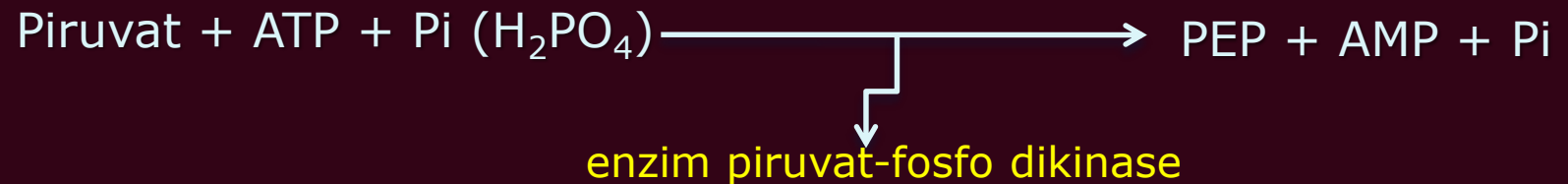
1. Sel mesofil, tempat sintesis senyawa 4C (asam malat dan aspartat).



Lintasan Asam Dikarboksilat C-4

- Pada sel mesofil, alanin dikonversi membentuk piruvat melalui proses transaminasi.

Piruvat dikonversi membentuk PEP (3C).



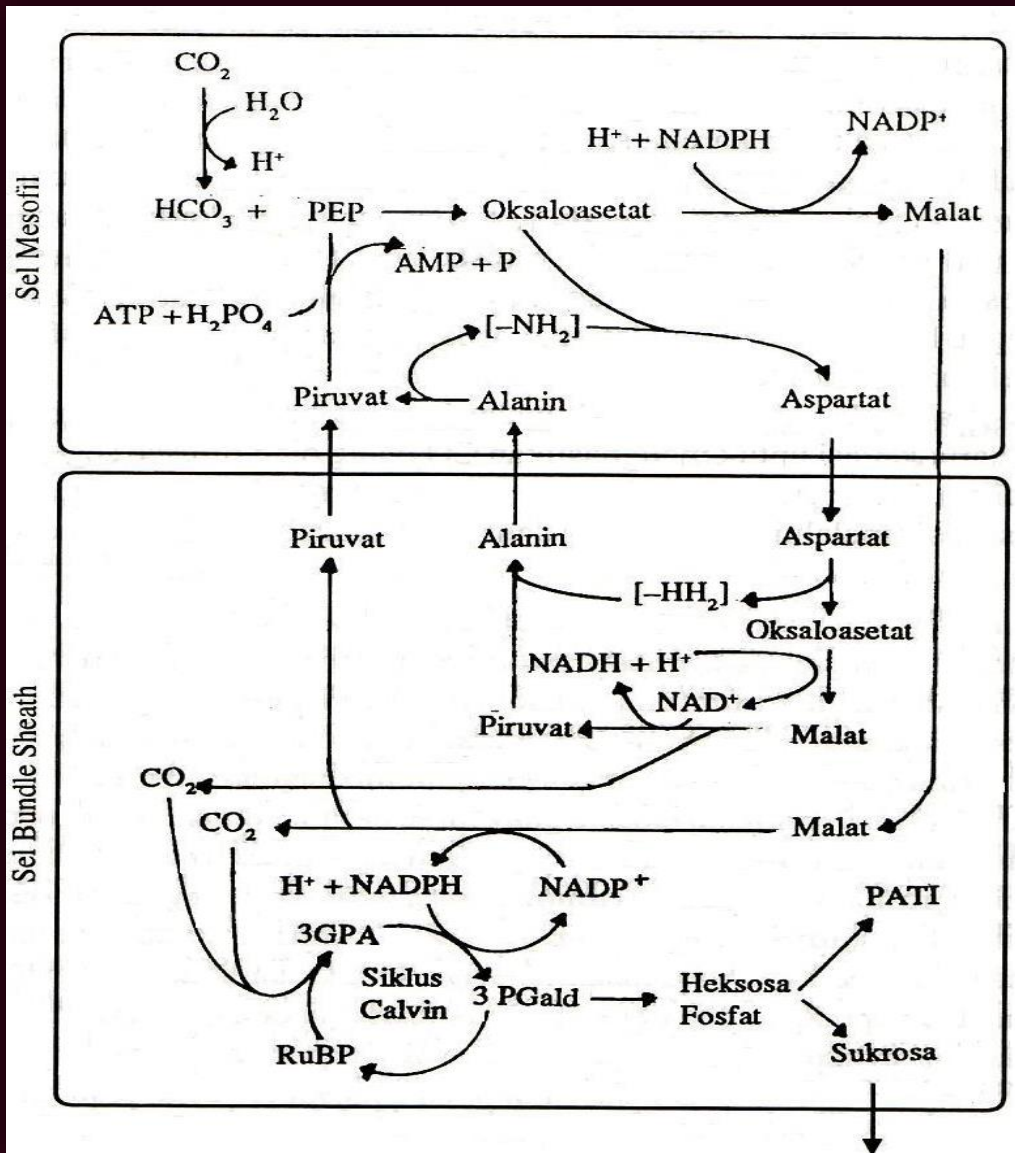
AMP dikonversi (diregenerasi) membentuk ATP, dan
dibutuhkan 2 ATP

Lintasan Asam Dikarboksilat C-4

2. Sel seludang pembuluh (Bundle Sheath Cel).

- mempunyai dinding sel yang tebal mengelilingi jaringan pembuluh.
- mempunyai banyak kloroplas, mitokondria, dan organel lainnya serta memiliki vakuola yang lebih kecil dari tumbuhan C-3.
- Terdapat Rubisco (berlangsung siklus *Calvin*) dan terbentuk sukrosa dan pati.
- berlangsung dekarboksilasi (pembebasan CO_2) dari asam malat (4C), menghasilkan piruvat atau alanin (3C) dan dibawa kembali ke sel *mesofil* bereaksi dengan CO_2 .
- Asam malat dan asam aspartat untuk lintasan C-4 berperan membawa CO_2 masuk ke sel *bundle sheath*.

Lintasan Asam Dikarboksilat C-4



Pembagian tugas antara sel mesofil dan sel bundle sheath dalam fiksasi CO_2

Metabolisme Asam Crassulasean

- ❑ Stomata membuka pada malam hari.
- ❑ Kelompok (jenis) tumbuhan yang tumbuh di daerah kering diantaranya dari famili : *Cactaceae*, *Orchidaceae*, *Bromeliaceae*, *Liliaceae*, dan *Euphorbiaceae*.
- ❑ Asam malat (senyawa 4C) terbentuk malam hari, berlangsung fiksasi (penambatan) CO_2 dari atmosfer bereaksi dengan PEP (senyawa 3C). PEP terbentuk dari proses glikolisis.

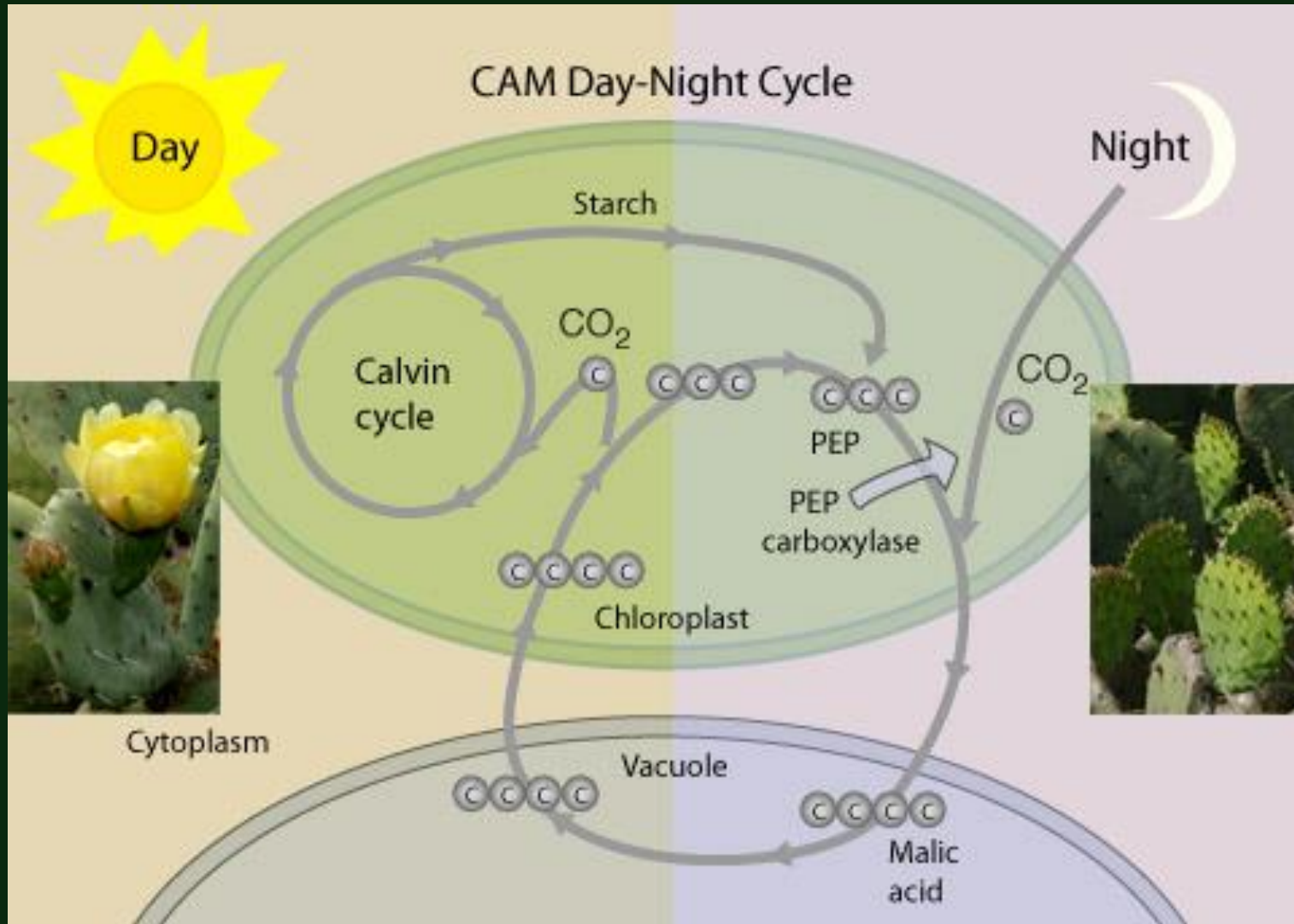
Metabolisme Asam Crassulasean



Asam malat disimpan dalam vacuola. Pada siang hari asam malat diangkut keluar vakuola.

- PEP karboksilase pada tanaman CAM dikonversi dalam bentuk tidak aktif pada siang hari

Fiksasi CO₂ dan sintesis karbohidrat pada tanaman CAM



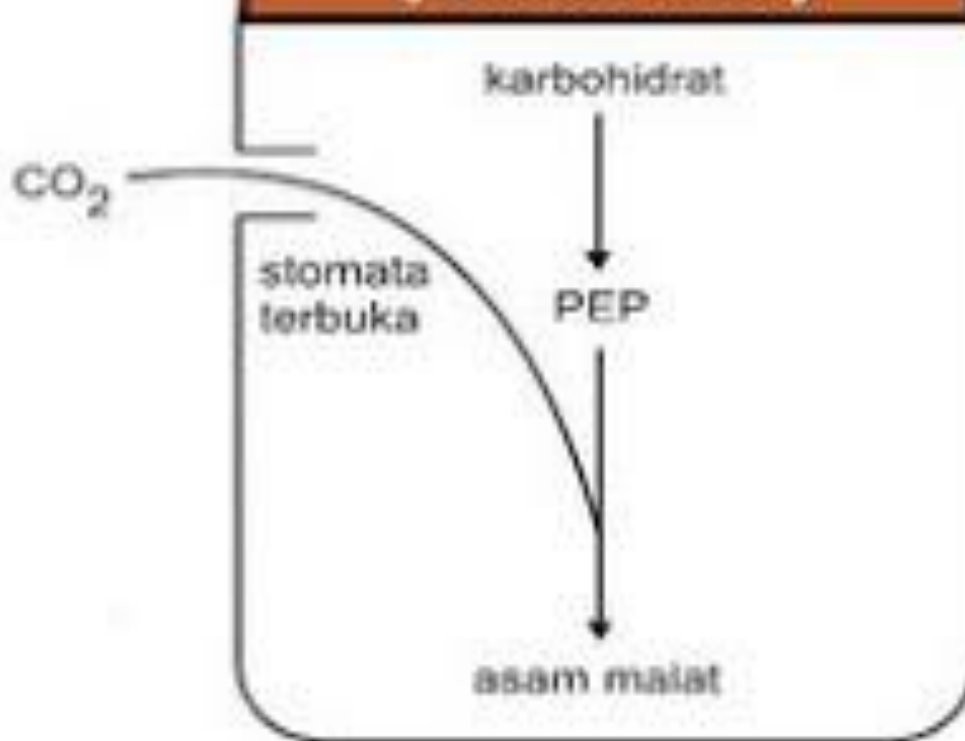
Fiksasi CO₂ dan sintesis karbohidrat pada tanaman CAM



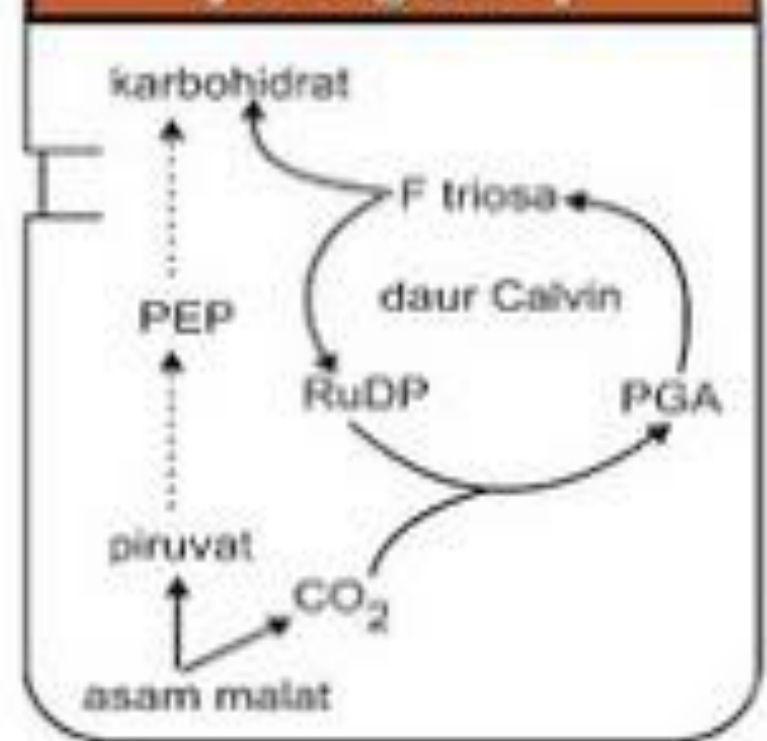
- Pada malam hari terjadi lintasan C₄ (siklus Hatch - Slack)
- Pada siang hari terjadi siklus C₃ (siklus Calvin)

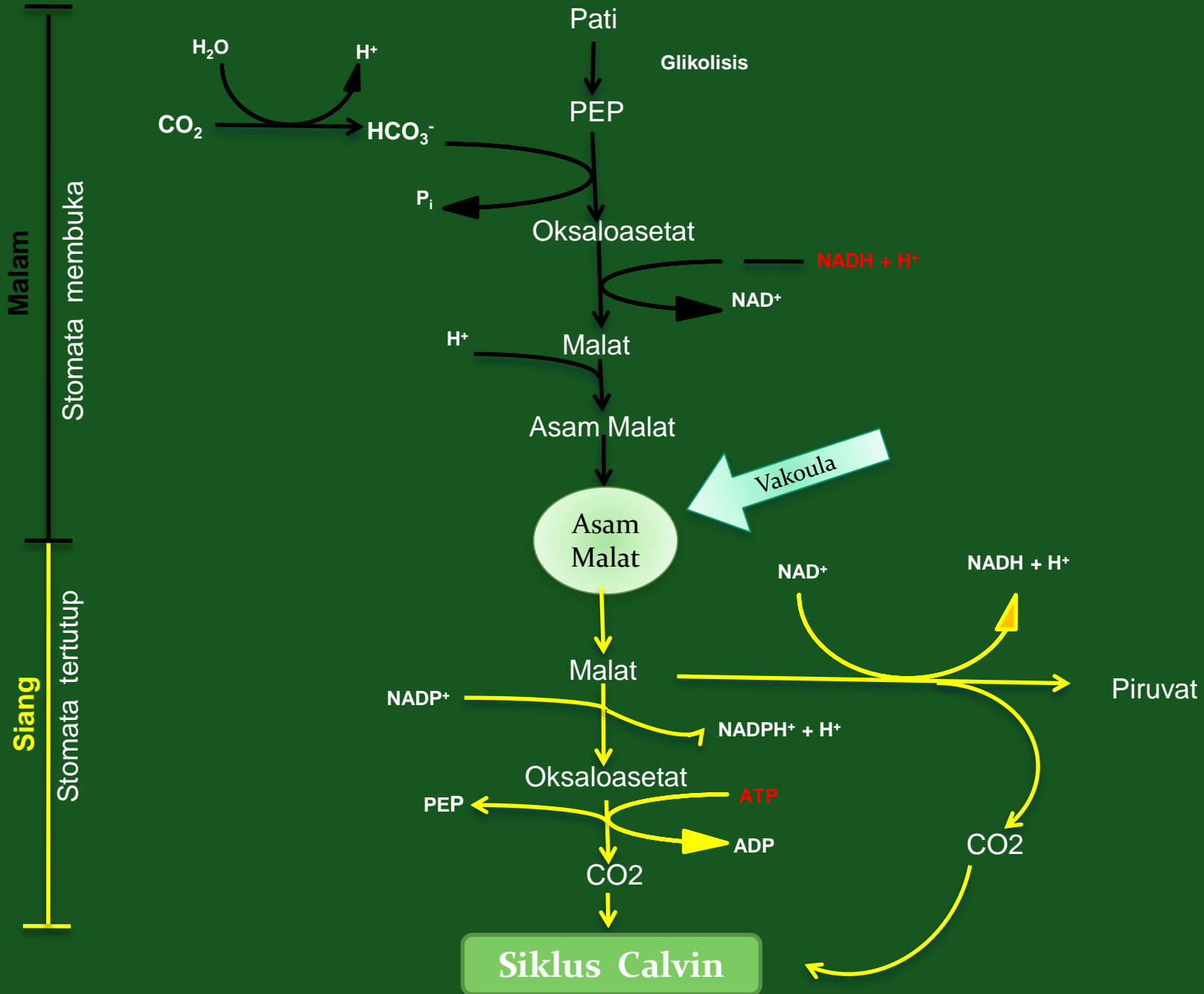
Fiksasi CO₂ dan sintesis karbohidrat pada tanaman CAM

Siklus Hatch - Slack (malam hari)



Siklus Calvin (siang hari)





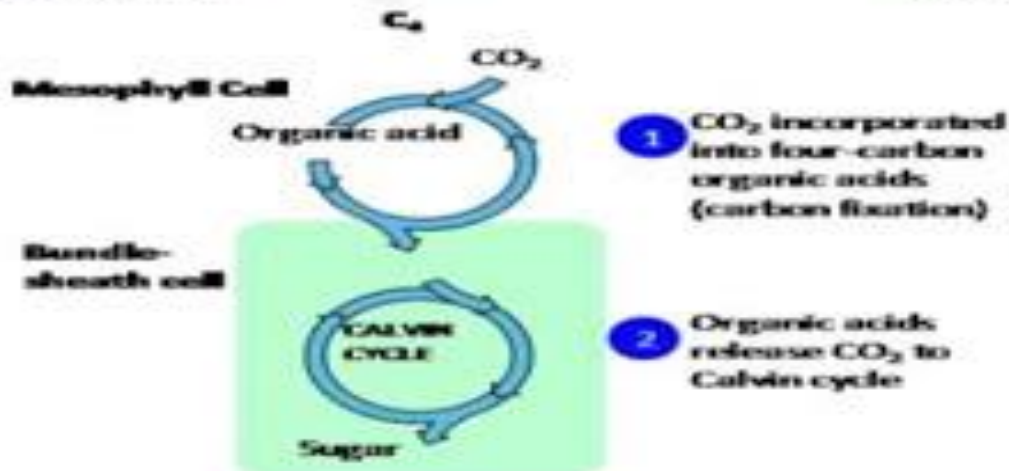
Kemiripan proses fotosintesis tumbuhan C₄ dan CAM



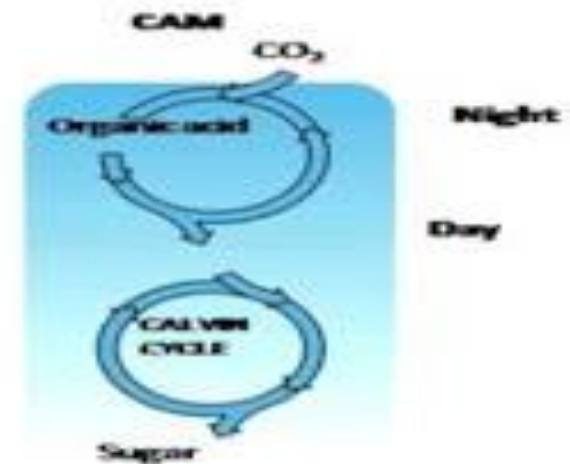
Tebu (C₄)



Nenas (CAM)

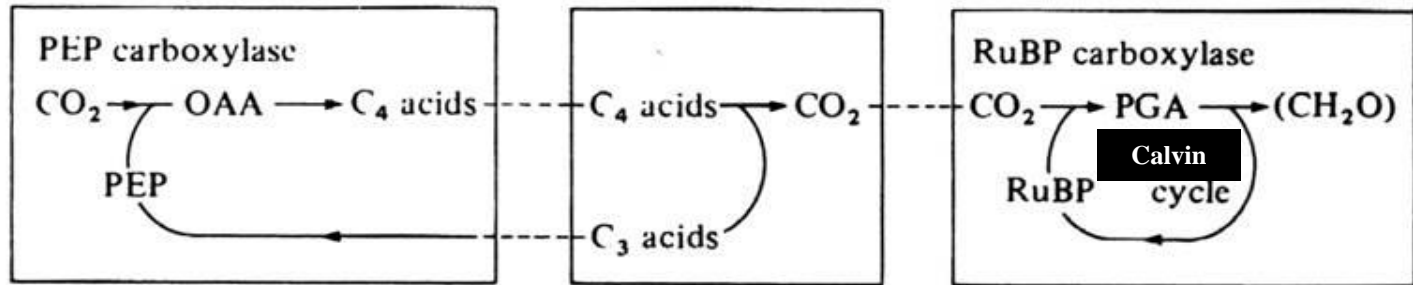


Spatial separation of steps. In C₄ plants, carbon fixation and the Calvin cycle occur in different types of cells.



Temporal separation of steps. In CAM plants, carbon fixation and the Calvin cycle occur in the same cells at different times.

C3 vs. C4 vs. CAM



C₃

MESOPHYLL

C₄

MESOPHYLL

BUNDLE SHEATH

CAM

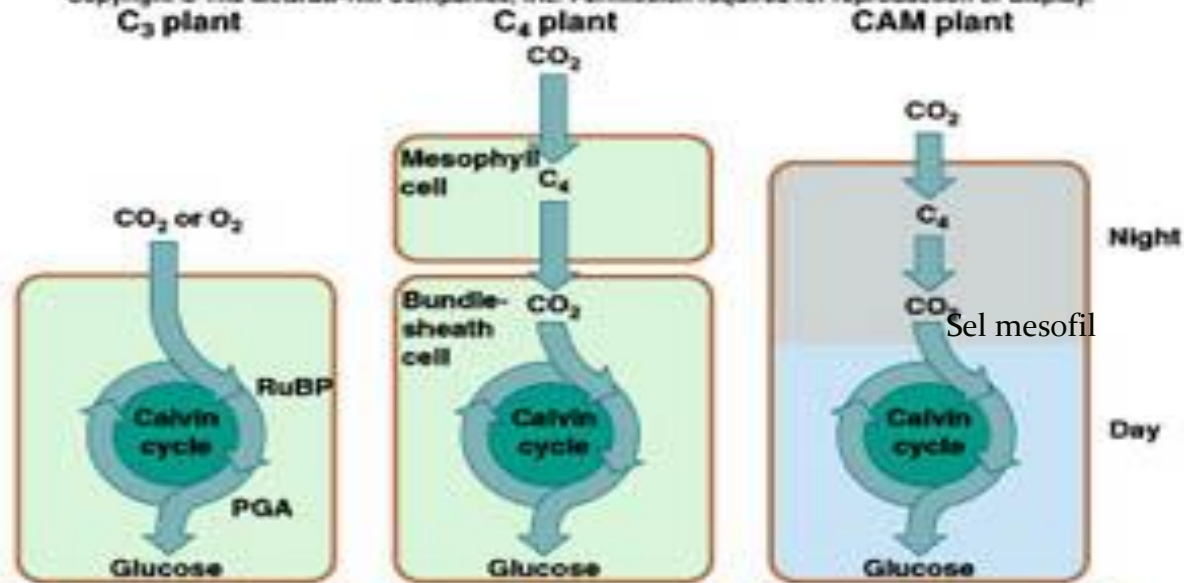
DARK

LIGHT

Perbedaan tanaman C₃, C₄, dan CAM

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Sel mesofil



With high temperatures photorespiration predominates in C₃ plants.

A



With high temperatures Calvin cycle predominates in C₄ plants.

B



With high temperatures Calvin cycle predominates in CAM plants.

C