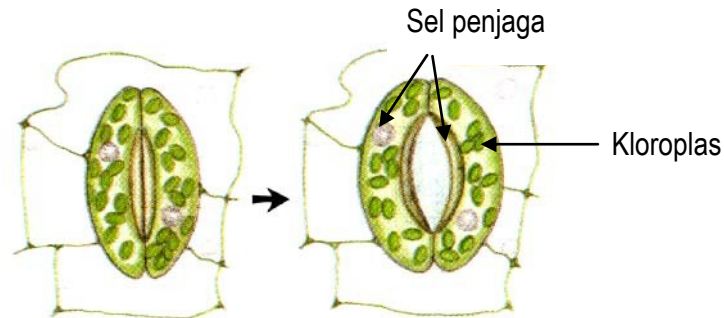


## Mekanisme Membuka dan Menutupnya Stoma

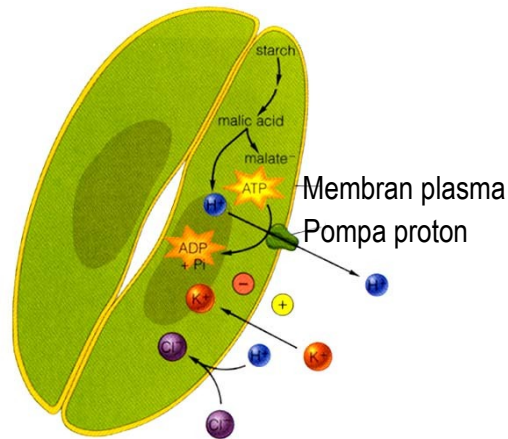
Stoma merupakan celah yang dibatasi oleh dua sel penjaga. Sel penjaga mempunyai penebalan dinding khusus (bagian tertentu menebal sedangkan bagian lainnya tidak menebal) dan di dalam selnya terdapat kloroplas (Gambar 1).



Gambar 1. Stomata pada epidermis daun *Sedum*

Pengamatan mikroskopis terhadap permukaan daun menunjukkan bahwa cahaya mempengaruhi pembukaan stomata. Pada saat redup atau tidak ada cahaya umumnya stoma tumbuhan menutup. Ketika intensitas cahaya meningkat stoma membuka hingga mencapai nilai maksimum. Mekanisme membuka dan menutupnya stomata dikontrol oleh sel penjaga.

Dibawah iluminasi, konsentrasi solut dalam vakuola sel penjaga meningkat. Bagaimana konsentrasi solut tersebut meningkat? Pertama, pati yang terdapat pada kloroplas sel penjaga diubah menjadi asam malat (Gambar 2). Kedua, pompa proton pada membran plasma sel penjaga diaktifkan. Pompa proton tersebut menggerakkan ion  $H^+$ , beberapa diantaranya berasal dari asam malat, melintasi membran plasma. Asam malat kehilangan ion  $H^+$  membentuk ion malat. Hal ini menaikkan gradien listrik dan gradien pH lintas membran plasma. Ion  $K^+$  mengalir ke dalam sel tersebut melalui suatu saluran sebagai respon terhadap perbedaan muatan, sedangkan ion  $Cl^-$  berasosiasi dengan ion  $H^+$  mengalir ke dalam sel tersebut melalui saluran lainnya dalam merespon perbedaan konsentrasi ion  $H^+$ . Akumulasi ion malat,  $K^+$ , dan  $Cl^-$  menaikkan tekanan osmotik sehingga air tertarik ke dalam sel penjaga. Signal yang mengaktifkan enzim yang membentuk malat dan mengaktifkan pompa proton di dalam membran plasma mencakup cahaya merah dan cahaya biru.



Gambar 2. Mekanisme membukanya stoma. Produksi asam malat dan influks ion  $K^+$  dan  $Cl^-$  menarik air ke dalam sel melalui proses osmosis.

Ketika vakuola sel penjaga memperoleh air, sel tersebut membengkak dan menyebabkan tekanan turgor naik. Tekanan turgor ini akan mendesak dinding tipis pada sel penjaga sehingga mengakibatkan stoma membuka. Proses menutupnya stoma akan terjadi pada saat sel penjaga kehilangan ion  $K^+$  yang kemudian disusul dengan hilangnya air melalui proses osmosis yang menyebabkan turgor sel penjaga menurun.

Adanya klorofil pada sel penjaga mengakibatkan sel penjaga dapat melangsungkan proses fotosintesis yang menghasilkan glukosa dan mengurangi konsentrasi  $CO_2$ . Glukosa larut dalam air sehingga air dari jaringan di sekitar sel penjaga akan masuk ke dalam sel penjaga yang mengakibatkan tekanan turgor sel penjaga naik sehingga stoma akan membuka.

Faktor yang mempengaruhi membuka dan menutupnya stoma yaitu: 1) faktor internal antara lain cahaya matahari, konsentrasi  $CO_2$ , dan asam absisat (ABA), serta 2) faktor internal (jam biologis). Cahaya matahari merangsang sel penjaga menyerap ion  $K^+$  dan air, sehingga stoma membuka pada pagi hari. Konsentrasi  $CO_2$  yang rendah di dalam daun juga menyebabkan stoma membuka. Stomata akan menutup apabila terjadi cekaman air. Pada saat cekaman air, zat pengatur tumbuh ABA diproduksi di dalam daun yang menyebabkan membran menjadi bocor sehingga terjadi kehilangan ion  $K^+$  dari sel penjaga dan menyebabkan sel penjaga mengkerut sehingga stomata menutup. Faktor internal yaitu jam biologis memicu serapan ion pada pagi hari sehingga stoma membuka, sedangkan pada malam hari terjadi pembebasan ion yang menyebabkan stoma menutup.

Stomata pada sebagian besar tanaman umumnya membuka pada siang hari dan menutup pada malam hari. Pada beberapa tumbuhan misalnya kelompok tumbuhan CAM stoma membuka pada malam hari sedangkan pada siang hari stoma menutup. Menutupnya stoma pada siang hari merupakan adaptasi untuk mengurangi proses penguapan tumbuhan

yang hidup di daerah kering. Pada malam hari  $\text{CO}_2$  masuk ke dalam tanaman dan disimpan dalam bentuk senyawa  $\text{C}_4$ . Selanjutnya senyawa  $\text{C}_4$  akan membebaskan  $\text{CO}_2$  pada siang hari sehingga dapat digunakan untuk fotosintesis. Adaptasi lainnya yang terdapat pada tumbuhan xerofit untuk mengurangi proses transpirasi yaitu memiliki daun dengan stoma tersembunyi (masuk ke bagian dalam) yang ditutupi oleh trikoma (rambut-rambut yang merupakan penjuruan epidermis).

Pada saat matahari terik, jumlah air yang hilang melalui proses transpirasi lebih tinggi daripada jumlah air yang diserap oleh akar. Untuk mengurangi laju transpirasi tersebut stoma akan menutup. Menutupnya stoma akan menurunkan jumlah  $\text{CO}_2$  yang masuk ke dalam daun sehingga akan mengurangi laju fotosintesis. Pada dasarnya proses membuka dan menutupnya stoma bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara kehilangan air melalui transpirasi dengan pembentukan gula melalui fotosintesis.