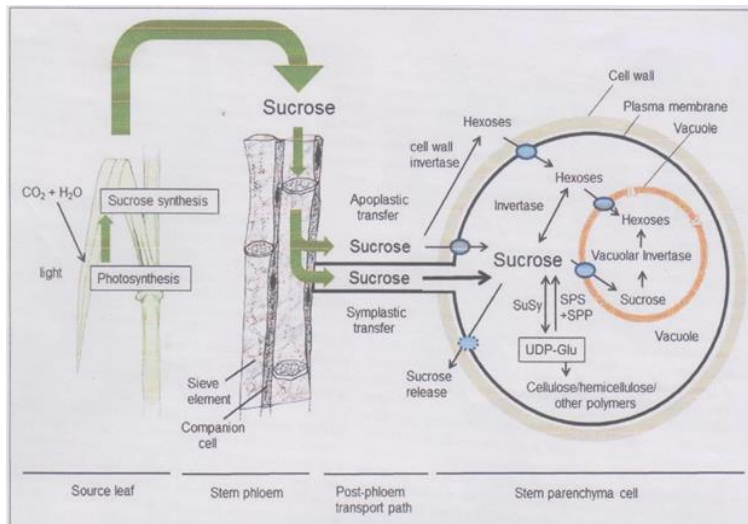


Metabolisme Sukrosa pada Tanaman Tebu

Transportasi hasil fotosintesa (sukrosa) melalui floem (Hatch & Glasziou 1964) menuju sink untuk pertumbuhan, metabolisme respirasi dan disimpan (Hawker 1985). Akumulasi sukrosa pada jaringan parenkim batang sebagai sink terbatas pada kapasitas jaringan parenkim (tergantung pada ukuran dan aktifitas dari sel-sel somatik penyusun sink). Selama tahap maturasi (pendewasaan) pada tebu komersial terjadi penurunan laju fotosintesa pada saat peningkatan penyimpanan sukrosa pada parenkim (McCormick *et al.* 2006). Penurunan tersebut terjadi karena regulasi dari kapasitas *source* yang terbatas (fotosintesa) atau dapat pula karena kekurangan nitrogen pada tahap pendewasaan sehingga menyebabkan penurunan laju fotosintesa (Wang *et al.* 2012). Dengan demikian diperlukan adanya keseimbangan antara “Source” dan “Sink” untuk mendapatkan produktivitas dan rendeman yang tinggi.

Akumulasi sukrosa yang berasal dari hasil fotosintesa dan disimpan pada sel-sel somatik sebagai sink dikendalikan oleh dua macam enzim yaitu *Sucrose Phosphate Synthase* (SPS) dan *Sucrose Phosphate Phosphatase* (SPP). Pada tanaman tebu aktifitas SPS berkorelasi dengan kandungan sukrosa (Grof *et al.* 2007). Disamping itu dapat terjadi sebaliknya yaitu oleh enzim *Sucrose Synthase* (SuSy) yang dapat merombak sukrosa menjadi fruktosa dan UDP-glukosa. Kedua komponen organik tersebut digunakan untuk respirasi, pembentukan pati atau biosintesa penyusun dinding sel. Enzim SuSy aktif pada internode batang muda dari tanaman tebu (Schafer *et al.* 2004) dan berkolerasi negatif dengan sukrosa dan positif dengan heksosa (Verma *et al.* 2011).

Diagram tranlokasi sukrosa dan metabolisme pada tanaman tebu mulai dari fotosintesa pada daun sebagai *source* sampai disimpan pada batang sebagai *sink* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses translokasi sukrosa dan metabolisme pada tebu dari hasil fotosintesa pada daun dan dideposit pada batang

Aliran sukrosa hasil fotosintesa dari jalur pentosa fosfat ditranslokasi melalui floem menuju parenkim sebagai sink. Terdapat 2 jalur yaitu (1) simplas melalui plasmodesmata pada batang internode dan (2) apoplas (Rae *et al.* 2005a). Pada internode batang yang sudah dewasa, aliran sukrosa lebih banyak melalui simplas (Patrick *et al.* 2013). Kompartementasi gula pada apoplas, sitosol, dan vakuola merupakan bagian yang penting untuk penyimpanan pada batang yaitu parenkim (Rae *et al.* 2005b). Melalui apoplas dapat pula terjadi hidrolisis dari sukrosa membentuk hexosa oleh *Cell Wall Invertase*. Hexosa dan sukrosa masuk ke dalam parenkim, di samping itu hexosa dapat berasal dari sukrosa dalam sel yang dihidrolisis oleh enzim *Netral Invertase* yang ada dalam sitoplasma atau oleh enzim *Vakuola Acid Invertase*. Sukrosa dapat disimpan dalam vakuola dan dinding sel, keseimbangan antara sukrosa dan hexosa termasuk ditranslokasi dan disimpan pada apoplas. Sukrosa yang berada di sel disimpan dalam *C sink* untuk keseimbangan dengan UDP-glukosa serta prekursor untuk biosintesa dinding sel.

Sukrosa yang berasal dari floem ditranslokasi melalui apoplas dapat melalui 2 jalur yaitu (1) langsung menuju sel-sel pada jaringan parenkim; dan (2) sukrosa pada apoplas dihidrolisa terlebih dahulu oleh *Apoplas Acid*

Invertase (AAI) menjadi glukosa dan fruktosa. Pada tahap selanjutnya diresintesis kembali membentuk sukrosa oleh *Sucrose P Phosphatase* atau *Sucrose Phosphate Synthase* dalam sitoplasma sebelum disimpan dalam vakuola.

Disamping itu *Sucrosa Synthase* dapat pula ikut berperan dalam sintesa sukrosa (Goldner *et al.* 1991) tetapi rasio antar enzim dapat merubah proses menjadi perombakan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa Soluble Acid Invertase (SAI) yang ada dalam vakuola dan apoplas pada daerah pemanjangan akan menghilang pada saat pertumbuhan internode berhenti dan akan muncul kembali pada saat pertumbuhan atau pemanjangan. Netral Invertase meningkat selama maturasi/pendewasaan dan muncul kembali untuk mengontrol aliran sukrosa dari tempat penyimpanan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa:

1. Soluble Acid Invertase berhubungan dengan pertumbuhan dan diferensiasi.
2. Cell Wall Invertase aktifitasnya menyerupai SAI.
3. Netral Invertase merupakan *house keeping* yang berperan untuk menjaga konversi hexosa dalam sitosol (Albertson *et al.* 2001).

Umumnya sekitar 35–40% dari sukrosa digunakan untuk pemanjangan, pembesaran dan pembelahan sel, diferensiasi, penyerapan nutrisi, dan pemeliharaan pertumbuhan. Sebagian lagi ada dalam sel sebagai metabolit, antara yaitu komponen organik sederhana (asam amino, asam organik), sisanya disimpan dalam vakuola atau diremobilisasi (seperti pada plastida) atau untuk pembentukan selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Pada batang tebu, produksi sukrosa merupakan suatu proses yang unik yaitu adanya sistem *source* dan *sink*. Sebagai *sink*, sukrosa disimpan sebagai disakarida yang larut, sukrosa dengan konsentrasi lebih dari 650 mM (Well Baund dan Meinzer 1990) atau 18% dari berat basah batang pada varietas tebu komersial (Inman-Bomber *et al.* 2011). Pada batang, sukrosa disimpan dalam parenkim dan akumulasinya dapat di dalam dan luar sel baik pada simplas atau apoplas (Welbaum dan Meininger, 1990; Rae *et al.* 2005a). Akumulasi sukrosa pada *sink* tergantung ukuran dan aktivitas *sink* yang dapat ditingkatkan dengan laju fotosintesa yang tinggi (McCormick *et al.* 2006). Selama tahap maturasi pada tanaman tebu komersial laju fotosintesa menurun dan akumulasi pada batang meningkat (McCormick *et al.* 2006).

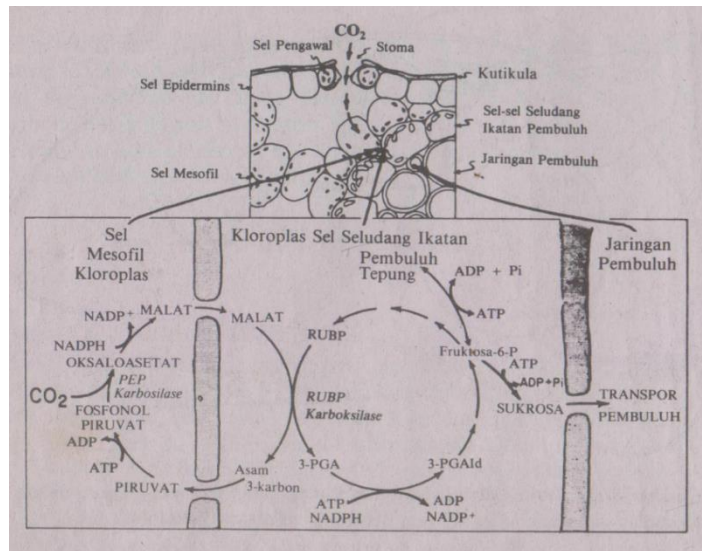
Pada dekade terakhir ini dunia sedang menghadapi perubahan iklim global, yang menyebabkan cuaca sulit diprediksi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan produksi berbagai komoditas di berbagai belahan dunia

menurun, dan terjadi pula pada tebu. Di Zimbabwe (Chandiposha 2013) dan Fiji produktivitas tebu berturut turut 516 dan 529 ton pada kondisi lingkungan yang baik tetapi pada tahun 1997, 1998, dan 2003 sebesar 47, 50 dan, 43% lebih rendah karena kekeringan (Gawander 2007).

Dari pemaparan di atas disimpulkan bahwa sukrosa pada batang dikatabolisma oleh Sukrosa Synthesa (Susy) atau salah satu dari ketiga enzim Invertase (Moore dan Maretzki 1996; Hanson dan Nelson, 1980). Enzim tersebut yaitu:

1. Soluble Acid Invertase (SAI) dengan konsentrasi tinggi ditemukan pada apoplas, vakuola dari internode muda ditemukan tetapi dengan konsentrasi rendah dan pada jaringan dewasa tidak ditemukan.
2. Cell Wall Acid Invertase dapat ditemukan pada semua siklus pertumbuhan tanaman pada dinding sel.

Sumber: Gardner *et al.*, 1991



Gambar 2. Fotosintesa pada tanaman C4

Netral Invertase pada sitoplasma dengan konsentrasi rendah pada jaringan muda dan meningkat pada sel-sel dewasa (Hussain *et al.* 2004). Enzim seakan mengontrol aliran sukrosa pada sel-sel dewasa. Level dan waktu akumulasi sukrosa pada sel penyusun parenkim mempunyai korelasi yang erat dengan aktivitas “Soluble Acid Invertase”. Peranan SAI berkorelasi erat dengan pertumbuhan dan diferensiasi, kondisi yang sama dengan CWI. Netral Invertase berperan dalam memelihara kandungan hexosa dalam sitosol (Albertson *et al.* 2001).