

PERTANIAN

**POTENSI PERTUMBUHAN DAN AKUMULASI SUKROSA PADA
TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) TRANSGENIK
OVER EKSPRESI GEN *SoSUT1*
GENERASI KEDUA**

Nurhalimah¹, Miswar¹, Sri Hartatik^{1*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto, Jember 68121

*E-mail : mmiswar20@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of SoSUT1 gene transformation to plant growth, sucrose content and the yield of sugarcane, as well as the stability of the genes SoSUT1 in sugarcane transgenic overexpression of genes SoSUT1 second generation. The experiment was conducted in Agroteknopark and CDAST (Center for Development of Advanced Science and Technology) University of Jember which began in February 2014 until February 2015. Experiments used RAL (completely randomized design) with 1 treatment factors that transgenic sugarcane plants (transformant) varieties Bulu Lawang (BL) first generation comprised 13 level and one wildtype sugarcane with 3 replications. Parameters measured were plant growth which consists of high, number of leaves, number of internodes and the number of tillers and analysis of the content of sucrose, the yield of sugarcane and Polymerase Chain Reaction (PCR). The results showed that there was no increase in the growth potential of the sugar cane crop significantly either the plant height, leaf number of leaves, number of internodes or the number of tillers, but there was an increase in sucrose content of sugar cane stem that is in transformants plant T.3 much as 53.09 mg /g and T .6 much as 55.65 mg /g, and an increase also in the yield of sugarcane, the best yield is on the transformant plant T.10 as much as 9.83% and as much as 8.8%. This is supported by the SoSUT1 genes were detected in all sugarcane transformant second generation.

Keywords : Sugarcane, Growth, Sucrose, Yield, PCR.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hasil transformasi gen SoSUT1 terhadap pertumbuhan tanaman, kandungan sukrosa dan rendemen batang tebu, serta kestabilan gen SoSUT1 pada tanaman tebu transgenik overekspresi gen SoSUT1 generasi kedua. Percobaan dilaksanakan di Agroteknopark dan CDAST (Center for Development Advanced Science and Technology) Universitas Jember yang dimulai pada bulan Februari 2014 sampai dengan Februari 2015. Percobaan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 1 faktor perlakuan yaitu tanaman tebu transgenik (transforman) varietas Bulu Lawang (BL) generasi pertama yang terdiri 13 taraf dan 1 tanaman tebu varietas BL wild type dengan 3 ulangan. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan tanaman yang terdiri dari tinggi, jumlah daun, jumlah ruas dan jumlah anakan serta analisis kandungan sukrosa, rendemen batang tebu dan Polymerase Chain Reaction (PCR). Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak ada peningkatan potensi pertumbuhan tanaman tebu secara signifikan baik dari tinggi tanaman, jumlah daun, ruas dan anakan, namun terjadi peningkatan kandungan sukrosa pada batang tanaman tebu yakni pada tebu transforman T.3 sebanyak 53,09 mg/g dan T.6 sebanyak 55,65 mg/g, serta terjadi peningkatan juga pada rendemen tebu, rendemen terbaik adalah pada tanaman transforman T.10 yakni 9,83 % dan T.1 sebanyak 8,8 %. Hal ini didukung dengan adanya gen SoSUT1 yang terdeteksi pada semua tanaman tebu transforman generasi kedua

Kata kunci : Tanaman Tebu, Pertumbuhan, Sukrosa, Rendemen, PCR.

How to cite: Nurhalimah, Miswar, S. Hartatik. 2015. Potensi Pertumbuhan dan Akumulasi Sukrosa Pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Transgenik Over Ekspresi Gen *SoSUT1* Generasi Kedua. *Berkala Ilmiah Pertanian* x(x): xx-xx

PENDAHULUAN

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan jenis tanaman dari famili Poaceae dan banyak tumbuh di daerah yang memiliki iklim tropis. Salah satunya di Indonesia yang memiliki iklim tropis, sangat cocok digunakan untuk usaha budidaya tanaman tebu. Produksi gula di Indonesia hampir seluruhnya berbahan dasar dari tanaman tebu, karena tanaman ini mampu memproduksi biomassa yang cukup besar dengan kandungan sukrosa yang besar pula. Batang tanaman tebu dapat mengakumulasi sukrosa 12-16% dari berat basah dan 50% dari berat kering batang tebu (Casu *et al.*, 2002).

Sukrosa merupakan hasil utama proses fotosintesis pada tanaman yang dihasilkan sebagai sumber energi bagi tanaman dan bahan yang disimpan pada jaringan penyimpan. Sukrosa

ditranslokasikan dari jaringan asal (*source*) melalui floem menuju jaringan penyimpanan (*sink*) untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada tanaman tebu, organ penyimpan sukrosa adalah pada batang tebu, dalam proses translokasi diperlukan suatu pentransport sukrosa dari daun menuju batang tanaman tebu. Protein transport merupakan protein yang memfasilitasi proses translokasi sukrosa pada tanaman dari *source* ke *sink* yang dikenal sebagai *sucrose transporter* (Rae *et al.*, 2005).

Sucrose transporter (SUT) merupakan protein kunci dalam transport karbon dan memiliki posisi yang sangat strategis di dalam tanaman. Protein ini diketahui merupakan penentu besarnya sukrosa yang dapat diakumulasi pada tanaman (Kuhn *et al.*, 1999) karena kemampuan tanaman dalam mengakumulasi sukrosa tidak hanya ditentukan oleh tingkat sintesis dan

degradasinya, namun juga translokasi dari *source* ke *sink* oleh *SUT*. Transformasi gen *SUT* telah berhasil meningkatkan translokasi sukrosa ke organ *sink* pada tomat (Hackel *et al.*, 2006). Oleh sebab itu, dengan adanya penambahan gen *SUT* dengan transformasi gen *SoSUT1* pada tanaman tebu (*overekspresi* gen *SoSUT1*) diharapkan mampu meningkatkan proses translokasi sukrosa pada tanaman tebu dan juga meningkatkan akumulasi sukrosa pada batang tanaman tebu.

Pada penelitian sebelumnya telah berhasil ditransformasikan gen *SoSUT1* (*Saccharum officinarum* *Sucrose Transporter1*) pada tanaman tebu var. Bulu Lawang menggunakan *Agrobacterium tumefaciens* strain GV 3101 yang membawa konstruk plasmid *pAct-SoSUT1* oleh Dwinianti (2013) dan berhasil mendapatkan 13 tanaman tebu yang diduga transgenik *overekspresi* gen *SoSUT1*. Semua tanaman yang diperoleh merupakan tanaman tebu transgenik *overekspresi* gen *SoSUT1* generasi pertama dan belum diketahui potensi pertumbuhannya dan kemampuan akumulasi sukrosa. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pertumbuhan dan kemampuan tanaman tebu transgenik dalam mengakumulasi sukrosa serta menguji kestabilan gen *SUT* pada tanaman tebu transgenik *overekspresi* gen *SoSUT1* di generasi kedua.

BAHAN DAN METODE

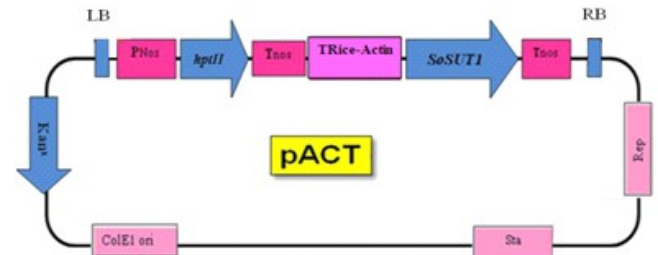
Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Februari 2014 s/d Februari 2015 yang bertempat di lahan Agroteknopark dan CDAST (*Center for Development Advanced Science and Technology*) Universitas Jember. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 1 faktor perlakuan yaitu tanaman tebu transgenik (varietas BL) generasi pertama dan 1 tanaman tebu *wild type* varietas BL dengan 3 ulangan (tabel 1).

Tabel 1. Tanaman tebu transgenik *overekspresi* gen *SoSUT1*

No	Nama	Keterangan
1	Wt	<i>Wildtype</i> (kontrol)
2	T.1	Tanaman tebu transforman ke-1
3	T.2	Tanaman tebu transforman ke-2
4	T.3	Tanaman tebu transforman ke-3
5	T.4	Tanaman tebu transforman ke-4
6	T.5	Tanaman tebu transforman ke-5
7	T.6	Tanaman tebu transforman ke-6
8	T.7	Tanaman tebu transforman ke-7
9	T.8	Tanaman tebu transforman ke-8
10	T.9	Tanaman tebu transforman ke-9
11	T.10	Tanaman tebu transforman ke-10
12	T.11	Tanaman tebu transforman ke-11
13	T.12	Tanaman tebu transforman ke-12
14	T.13	Tanaman tebu transforman ke-13

Alat-alat yang digunakan dalam percobaan ini antara lain pot 60 x70 (cm), mesin PCR (TC plus), Spektrofotometer Microplate Reader (Corona Electric), Spektrofotometer Nano Vue (GE), polarimeter, brix refraktometer dan alat pendukung lainnya. Bahan tanam yang digunakan dalam percobaan ini adalah 13 bibit tanaman tebu transgenik varietas BL (Bulu Lawang) yang

mengandung gen *SoSUT1* yang terdapat pada gambar konstruk (Gambar 1) serta 1 tanaman tebu *wildtype* (wt) sebagai kontrol.



Gambar 1. Konstruk *pACT* (plasmid Actin) yang telah disisipi gen penyandi enzim *Sucrose Transporter* (*SUT*) Keterangan: LB = *Left Border*, RB = *Right Border*, PNos = *Promotor Nopaline Synthase*, TNos = *Terminator Nopaline Synthase*, TRice Actin = *Terminator Rice Actin*, Hpt II = *Hygromycin phosphotransferase II*, *SoSUT1* = *Saccharum officinarum* *Sucrose Transporter 1*, Rep= *Replication*, Sta= *Stability*, ColE1 ori = *ColE1 origin of replication*. (Sumber: Sugiharto, 2010).

Pelaksanaan percobaan dilakukan dengan beberapa tahapan meliputi :

Pembibitan. Bibit tanaman tebu transgenik *overekspresi* gen *SoSUT1* generasi pertama ditanam stek batangnya pada bak pembibitan selama 3-4 minggu dengan media tanah, pasir dan kompos (1:1:1). Perawatan bibit di lakukan dengan menyiram air supaya kelembapan media terjaga.

Penanaman dan Pemeliharaan. Penanaman tanaman tebu transgenik dan kontrol di lakukan setelah bibit siap tanam (berumur 3-4 minggu) pada media tanam tanah yang sudah diayak dan ditimbang ± 28 kg di dalam pot. Dosis pemupukan yang digunakan yaitu sebanyak 30 g/ tanaman (Purwanti, 2008). Pemupukan NPK sebagai pupuk dasar dilakukan 2 hari sebelum tanam dengan dosis sebanyak 10 g/tanaman. Tanaman dipelihara dengan melakukan penyiraman 1 kali sehari serta dilakukan penyulaman pada 5-7 HST. Pemupukan lanjutan dilakukan dengan menggunakan pupuk NPK pada umur 1-1,5 bulan sebanyak 20 g/tanaman dari dosis yang diberikan. Melakukan penyiangan dan pengendalian jika terdapat serangan OPT.

Analisis Polymerase Chain Reaction (PCR). PCR dilakukan berdasarkan primer yang digunakan, untuk mengetahui keberadaan gen *SoSUT1*, digunakan primer (forward dan reverse) dari *hptII* (*hygromycin phosphotransferaseII*) berdasarkan konstruk (gambar 1). Sekuen primer *hpt-F* (5'-CCGCAAGGAATCGGTCAATA-3) dan sekuen primer *hpt-R* (5'-CCCAAGCTGCATCATCGAAA-3) dengan ukuran 470 bp. Satu kali reaksi memiliki total volume 20 μ L dengan larutan yang terdiri dari PCR Master Mix (KAPA) 10 μ L, masing-masing primer (forward dan reverse) 1 μ L, template genom 1,25 μ L dan ddH₂O 6,75 μ L. PCR dilakukan dengan program predenaturasi 95°C selama 3 menit, denaturasi 95°C selama 30 detik, annealing 58°C selama 20 detik, elongation 72°C selama 1 menit dan final elongation 72°C selama 5 menit sebanyak 40 siklus. Hasil PCR kemudian dielektroforesis menggunakan gel agarose 1%, yang mengandung 3 μ L ethidium bromide (Sigma) pada tegangan 100 Volt selama 25 menit. Marker DNA yang digunakan adalah marker 1 Kb Ladder (intron biotechnology) sebanyak 4 μ l untuk melihat pita DNA yang telah teramplifikasi. Kemudian hasil elektroforesis dilihat di UV mini transiluminator dan didokumentasikan dengan kamera.

Analisis Kandungan Sukrosa Batang. Ekstraksi nira batang dilakukan dengan menggerus batang tebu, ambil nira tebu dan masukkan kedalam *microtube*, sentrifuse dengan kecepatan 12.000 rpm selama 10 menit, pada suhu 4°C setelah itu buang pellet (kotoran). Simpan supernatan (nira) kemudian untuk analisis kandungan sukrosa. Encerkan terlebih dahulu nira yang disimpan sebelum menganalisis kandungan sukrosa. Pengenceran nira dilakukan dengan menambahkan aquadest 790 µl dalam 10 µl nira murni hasil penggerusan untuk 80x pengenceran. Analisis kandungan sukrosa dilakukan menggunakan metode Seliwanoff (1887) dengan menambahkan 35 µL NaOH 1 N pada 3µL sampel nira yang sudah diencerkan kemudian homogenkan menggunakan vortek. Inkubasi campuran dengan suhu 100°C selama 10 menit, setelah dingin reaksikan dengan 125 µL *resorcinol* 0,1 % (dalam *ethanol* 95%) dan 375 µL HCl 30% kemudian inkubasi dengan suhu 80°C selama 8 menit. Setelah dingin, warna yang terbentuk diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Konsentrasi sukrosa dihitung dengan menggunakan kurva standar sukrosa.

Rendemen Tebu. Pengukuran rendemen tebu diperoleh dari nilai brix dan pol. Perhitungan nilai rendemen dapat digunakan rumus dibawah ini :

$$Rendemen = Nira \times FR \text{ (persen)}$$

Nilai nira dan FR (faktor rendemen) diperoleh berdasarkan rumus berikut:

$$Nira = pol - 0,4(brix - pol)$$

$$FR = \text{berat nira} / \text{berat tebu}$$

Faktor rendemen merupakan nilai rasio antara berat nira yang dihasilkan dengan berat tebu yang digiling.

Variabel pengamatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

1. Tinggi tanaman
2. Jumlah daun
3. Jumlah ruas
4. Jumlah anakan
5. Kandungan sukrosa batang
6. Rendemen tebu
7. Analisis PCR (*Polymerase Chain Reaction*) untuk konfirmasi keberadaan gen *SoSUT1*

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Dunnet 5%.

HASIL

Hasil analisis data penelitian ini pada seluruh variabel pengamatan potensi pertumbuhan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman analisis ragam pada seluruh variabel pengamatan

Variabel	Kuadran Tengah		
	Ulangan	Perlakuan	Error
Tinggi tanaman	485,21 ^{ns}	431,01 ^{ns}	439.75

Jumlah daun	0,50 ^{ns}	2,69 ^{ns}	2.17
Jumlah ruas	1,17 ^{ns}	6,13 ^{ns}	4.47
Jumlah anakan	13,17 ^{ns}	9,42 ^{ns}	8.45
Sukrosa batang	741,26 [*]	384,14 [*]	160.18

Keterangan : ns = berbeda tidak nyata

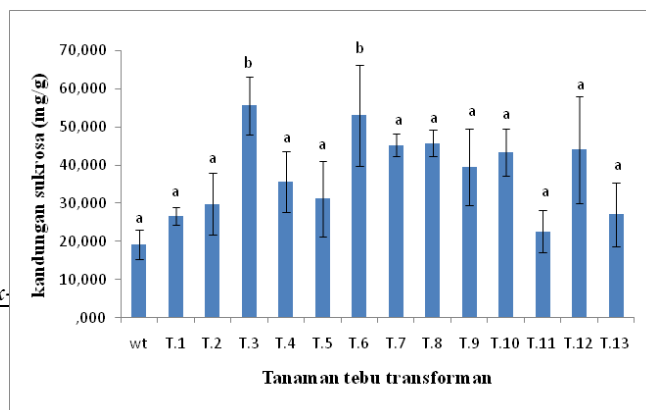
* = berbeda nyata

Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata dari tanaman tebu transgenik transgenik over ekspresi gen *SoSUT1* terhadap seluruh variabel pengamatan potensi pertumbuhan tanaman, baik dari tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah ruas maupun jumlah anakan (Tabel 2). Namun, overekspresi gen *SoSUT1* berpengaruh nyata terhadap kandungan sukrosa batang tanaman tebu transgenik.

Tabel 3. Peningkatan pertumbuhan tebu transgenik *overekspresi* gen *SoSUT1*

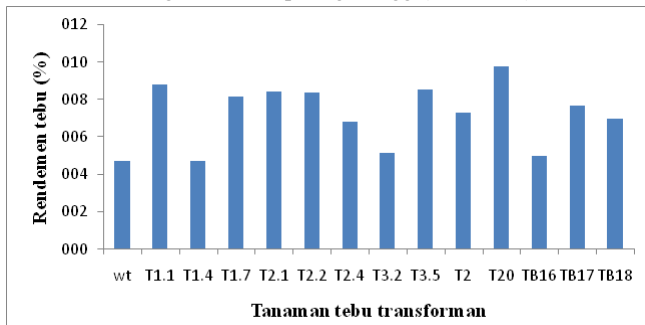
Tanaman Tebu Transforman	Peningkatan (%)			
	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Jumlah ruas	Jumlah anakan
T.1	5,42	30,38	12,25	45,57
T.2	11,45	30,38	22,47	59,21
T.3	12,31	8,6	20,45	45,57
T.4	2,59	39,11	22,47	72,85
T.5	15,15	17,34	8,21	50,07
T.6	7,63	34,68	12,25	36,43
T.7	3,57	8,6	18,37	86,49
T.8	3,57	30,38	6,12	22,78
T.9	1,97	26,08	2,08	63,71
T.10	5,05	30,38	4,1	18,28
T.11	1,35	34,68	12,25	59,21
T.12	5,17	39,11	20,45	13,64
T.13	5.17	17.34	28.6	36.43

Terdapat peningkatan pertumbuhan pada tanaman tebu transforman jika dibandingkan dengan tanaman kontrol (Tabel 3). Pada tinggi tanaman tebu transforman terjadi peningkatan mulai dari 1,35 persen (T.11) hingga 15,15 persen (T.5) dari tinggi tanaman tebu wildtype sedangkan pada jumlah daun, peningkatan jumlah daun tebu transforman yakni sebesar 8,6 persen (T.7) sampai 39,11 persen (T.4 dan T.12) dari tebu kontrolnya. Jumlah ruas tanaman tebu transgenik over ekspresi gen *SoSUT1* meningkat hingga mencapai 22,47 persen pada T.2, sedangkan jumlah anakan meningkat mulai 13,64 persen pada T.12, bahkan pada T.7 terjadi peningkatan jumlah anakan sebanyak 86,49 persen.



Gambar 2. Hasil analisis rata-rata kandungan sukrosa batang umur 12 bulan pada tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* dan tanaman kontrol.

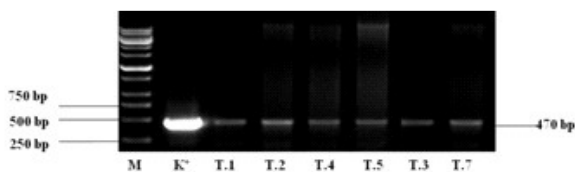
Analisis kandungan sukrosa batang menunjukkan hasil berbeda nyata pada tebu transforman T.3 dan T.6 yang memiliki rata-rata kandungan sukrosa paling tinggi (Gambar 2).



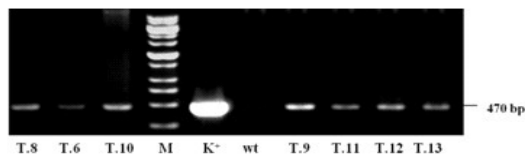
Gambar 3. Hasil analisis rendemen umur 12 bulan pada tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* dan tanaman kontrol (*wildtype*).

Hasil perhitungan nilai rendemen tanaman tebu transgenik juga lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol (Gambar 3). Rendemen paling tinggi yaitu T.10, T.1 dan T.8. Namun, ada tebu transforman yang memiliki nilai rendemen dibawah tanaman tebu kontrol, yaitu pada T.2.

(a)



(b)



Gambar 4. (a) dan (b). Elektroforesis hasil PCR konfirmasi gen *SoSUT1* dengan pasangan primer *hpt-F/R*. Keterangan: M=Marker DNA, K⁻= plasmid pAct, Wt = tanaman kontrol dan T.1, T.2, T.3, T.4, T.5, T.6, T.7, T.8, T.9, T.10, T.11, T.12, T.13 adalah sampel DNA genom daun tebu transgenik.

Analisis PPCR menunjukkan adanya pita DNA pada K⁺ (plasmid pActin) dengan panjang 470 bp. Pita DNA dengan ukuran yang sama juga terlihat pada semua sampel DNA genom yaitu T.1, T.2, T.3, T.4, T.5, T.6, T.7, T.8, T.9, T.10, T.11, T.12 dan T.13 yang menandakan bahwa semua tebu transforman positif mengandung gen *SoSUT1* pada generai kedua.

PEMBAHASAN

Adanya overekspresi gen *SoSUT1* diharapkan akan terjadi peningkatan aktivitas SUT pada tanaman tebu yang dapat meningkatkan proses translokasi sukrosa serta pertumbuhan tanaman tebu transgenik, namun data yang dihasilkan menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata dari tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* terhadap seluruh variabel pengamatan potensi pertumbuhan tanaman (Tabel 1). Hal ini dapat diduga disebabkan oleh kesamaan jumlah sukrosa yang disintesis di dalam tanaman tebu, karena tidak ada overekspresi gen SPS pada tanaman tebu, sebab biosintesis sukrosa ditentukan oleh aktivitas *Sucrose Phosphate Synthase* (SPS) (Huber and

Huber, 1996), sedangkan untuk distribusi sukrosa dalam tanaman diperankan oleh protein transporter sukrosa (SUT) (Rae *et al.*, 2005). Oleh sebab itu, yang terjadi dalam tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* adalah peningkatan distribusi sukrosa, sedangkan biosintesis sukrosa pada tanaman tebu transgenik sama dengan tanaman tebu *wildtype*. Meskipun hasil analisis ragam menunjukkan berbeda tidak nyata, namun terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada variabel pengamatan pertumbuhan jika dibandingkan dengan tanaman tebu kontrol (Tabel 3).

Meskipun potensi pertumbuhan pada tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* menunjukkan hasil berbeda tidak nyata, namun hasil uji lanjut Dunnett 5% kandungan sukrosa batang menunjukkan berbeda nyata pada tebu transforman T.3 dan T.6 (Gambar 2). Selain itu, semua tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada tanaman tebu kontrol. Hal ini dapat dipengaruhi oleh peran dari SUT, dimana translokasi sukrosa oleh protein SUT merupakan bentuk pengangkutan aktif yaitu pemindahan zat terlarut melawan konsentrasi, melintasi plasma dari satu sisi yang konsentrasi zat terlarutnya rendah menuju ke sisi yang konsentrasi zat terlarutnya tinggi (Campbell *et al.*, 2000), sehingga dengan adanya overekspresi gen *SoSUT1* lebih meningkatkan proses translokasinya dari pada tanaman tebu kontrol karena di dalam tanaman tebu sudah mengandung protein SUT endogen, dengan penambahan gen SUT melalui Transformasi gen *SoSUT1* maka akan terjadi penambahan SUT eksogen pada tanaman tebu transforman dan proses transport sukrosa akan semakin cepat dan jumlah sukrosa yang disimpan juga akan lebih tinggi dari pada tanaman tebu yang hanya menggunakan SUT endogen dalam transportasi sukrosa dari *source* ke *sink*. Selain itu protein SUT1 dianggap sebagai protein transporter yang lebih baik diantara sub famili protein SUT lainnya (SUT2 dan SUT4). Meskipun daya muat pengangkutannya rendah, SUT1 memiliki afinitas yang tinggi terhadap substrat, sehingga keberadaannya dalam tanaman penting dalam hal akumulasi sukrosa (Shiratake, 2007). Hal ini juga diperkuat oleh hasil konfirmasi deteksi keberadaan gen *SoSUT1* dengan analisis PCR yang menunjukkan semua tanaman tebu transforman positif mengandung gen *SoSUT1* (Gambar 4).

Disamping itu hasil pengukuran rendemen gula tebu juga menunjukkan bahwa semua tanaman tebu transforman lebih tinggi jika dibandingkan dengan *wildtype* kecuali pada T.2 (Gambar 3). Rendahnya nilai rendemen pada T.2 dapat disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya dapat disebabkan oleh aktivitas enzim pendegradasi sukrosa seperti *Invertase* dan *Sucrose Synthase* (SS), sukrosa yang sudah disintesis dapat dipecah menjadi glukosa dan fruktosa untuk digunakan dalam pembentukan sel-sel baru (pertumbuhan) oleh enzim pendegradasi sukrosa, sehingga pada T.2 diduga memiliki aktivitas enzim pendegradasi sukrosa yang lebih tinggi untuk meningkatkan jumlah sel dalam proses pertumbuhannya, sehingga kandungan sukrosa maupun gula invert (glukosa dan fruktosa hasil hidrolisis sukrosa) pada T.2 menurun dan menyebabkan rendemen tebu lebih rendah dari tanaman lainnya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis aktivitas enzim *Invertase* dan *Sucrose Synthase* untuk mengetahui pengaruh aktivitas enzim

pendegradasi sukrosa terhadap kandungan gula pada batang tanaman tebu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa :

1. Tidak terjadi peningkatan pertumbuhan yang nyata pada tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* pada generasi kedua.
2. Terjadi peningkatan kandungan sukrosa batang pada semua tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* pada generasi kedua, tanaman transforman yang memiliki kandungan sukrosa tertinggi adalah T.3 dan T.6. Nilai rendemen pada semua tanaman tebu transgenik overekspresi gen *SoSUT1* meningkat pada generasi kedua, kecuali pada T.2.
3. Semua tanaman tebu transgenik terdeteksi gen *SoSUT1* pada generasi kedua.

DAFTAR PUSTAKA

- Aoki N, T Hirose, GN Scofield, PR Whitfield, and RT Furbank. 2003. The Sucrose transporter gene family in rice. *Plant Cell Physiol.* 44: 223-232.
- Campbell NA, JB Reece dan LG Mitchell. 2000. *Biologi*. Erlangga, Jakarta.
- Casu RE, CPL Grof, AL Rae, CL McIntyre, CM Dimmock, and JM Manners. 2003. Identification of a novel sugar transporter homologue strongly expressed in maturing stem vascular tissues of sugarcane by expressed sequence tag and micro array analysis. *Plant Mol. Biol.* 10:1-16.
- Dwinianti, EF. 2013. Transformasi Gen *SoSUT1* pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L var. BL) menggunakan agrobacterium tumefaciens STRAIN GV 3101. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, Jember.
- Fitri YF. 2008. Pengaruh penambahan susu kapur (CaOH)₂ dan gas SO₂ terhadap pH nira mentah dalam pemurnian nira di pabrik gula kuala madu PTPN II langkat. *Karya Ilmiah*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hackel A, N Schauer, F Carrari, AR Fernie, B Grimm and C Kuhn. 2006. Sucrose transporter *LeSUT1* and *LeSUT2* inhibition affects tomato fruit development in different ways. *Plant Journal.* 45:180–192.
- Huber SC and JL Huber. 1996. Role and regulation of sucrose-phosphate synthase in higher plant. *Annu. Rev.Plant Mol. Biol.* 47: 431 – 444.
- Krugel A, TB Veenhoff, A Langbein, L Wiederhold, SN Liesche, D Friedrich, R Grimm, N Martioia, R Poolman, and C Kuhn. 2008. Transport and sorting of solanum tuberosum sucrose transporter *SUT1* is affected by posttranslational modification. *Plant Cell.* 20: 1-17.
- Kuhn C, L Barker, and WB Frommer. 1999. Update on sucrose transport in higher plants. *Journal of Experimental Botany.* 50: 935-953.
- Manalu LP. 2006. Studi kasus penentuan rendemen tebu di pabrik gula BUMN. *Jurnal Keteknik Pertanian.* 20 :1-5
- Michaud D. 1995. Evidence for the involvement of sucrose phosphate synthase in the pathway of sucrose accumulation in sucrose accumulating tomato fruits. *Plant Physiology* Vol. 99,434–438.
- Purwanti E. 2008. Pengaruh dosis pupuk majemuk dan konsentrasi Em-4 terhadap pertumbuhan bibit stek tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rae AL, JM Perroux, CPL Grof. 2005. Sucrose partitioning vascular bundles and storage parenchyma in sugarcane stem: a potential role for *ShSUT1* sucrose transporter. *Planta.* 220: 817-825.
- Seliwanoff . 1887. "Notiz über eine Fruchtzuckerreaction".*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.*20: 181-196.
- Shiratake K. 2007. Genetics of sucrose transporter in plants. *Genes genomes and Genomics Global Science Books.* 1: 73-80.
- Sugiharto B. 2010. *Peningkatan produksi gula melalui overekspresi gen untuk sucrose phosphate synthase dan sucrose transporter protein pada tanaman tebu*. Tidak Dipublikasikan. Laporan Akhir Hibah Kompetensi Tahun 2010.