



**ANALISIS PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN KARBOHIDRAT  
TANAMAN TEBU HASIL MUTASI DENGAN *ETHYLE METHANE  
SULPHONATE* (EMS)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Fatmawati Ningtias**  
**NIM 111510501047**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**ANALISIS PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN KARBOHIDRAT  
TANAMAN TEBU HASIL MUTASI DENGAN *ETHYLE METHANE  
SULPHONATE* (EMS)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1) dan  
mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh  
**Fatmawati Ningtias**  
**NIM 111510501047**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Asiyam Indrayani yang tercinta, terimakasih atas kesabarannya dalam mendidik dan mendoakanku agar menjadi anak yang sholehah yang bermanfaat bagi keluarga, agama dan bangsa;
2. Keluarga besarku, terimakasih atas doa dan dukungannya.
3. Guru dan dosenku yang tak terbalas betapa besar jasanya;
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fatmawati Ningtias

NIM : 111510501047

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Analisis Pertumbuhan dan Kandungan Karbohidrat Tanaman Tebu Hasil Mutasi dengan *Ethyle Methane Sulphonate* (EMS)**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Juli 2015

Yang menyatakan,

**Fatmawati Ningtias**  
NIM 111510501047

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN KARBOHIDRAT  
TANAMAN TEBU HASIL MUTASI DENGAN *ETHYLE METHANE  
SULPHONATE* (EMS)**

Oleh

Fatmawati Ningtias

NIM 111510501047

Pembimbing

**Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Miswar, M.Si.  
NIP : 19641019 199002 1 002**

**Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Usmadi, M.P.  
NIP : 19620808 198802 1 001**

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Analisis Pertumbuhan dan Kandungan Karbohidrat Tanaman Tebu Hasil Mutasi dengan *Ethyle Methane Sulphonate* (EMS)**”

telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Jumat, 10 Juli 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

**Dosen Pembimbing Utama,**

**Dr. Ir. Miswar, M.Si.**  
**NIP. 19641019 199002 1 002**

**Dosen Pembimbing Anggota,**

**Ir. Usmadi, M.P.**  
**NIP. 19620808 198802 1 001**

**Dosen Penguji,**

**Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D.**  
**NIP. 196007506 198702 1 001**

**Mengesahkan  
Dekan,**

**Dr. Ir. Jani Januar, M.T.**  
**NIP. 19590102 198803 1 002**



## RINGKASAN

**Analisis Pertumbuhan dan Kandungan Karbohidrat Tanaman Tebu Hasil Mutasi dengan *Ethyle Methane Sulphonate* (EMS);** Fatmawati Ningtias, 111510501047; 2015; 51 halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Tebu merupakan tanaman yang berperan sebagai sumber utama penghasil gula. Kemampuan tanaman tebu dalam mensintesis sukrosa merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan industri gula. Pada tanaman, *sucrose phosphate synthase* (SPS) merupakan enzim utama yang menentukan kemampuan biosintesis sukrosa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan tanaman tebu dengan rendemen yang tinggi melalui mutasi dengan ethyle methane sulfonate (EMS). Penelitian ini dilakukan di greenhouse Fakultas Pertanian Universitas Jember mulai bulan Desember-Mei 2015. Analisis kandungan sukrosa dan gula reduksi daun dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Jember. Rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dan jika terdapat hasil yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multile Range Test* (DMRT) dengan taraf 95%. Analisis kandungan sukrosa dan gula reduksi daun menggunakan metode Miswar (2001).

Sebanyak 25 mata tunas tebu (varietas Bululawang) direndam dalam larutan EMS dengan konsentrasi 0 mM (kontrol), 8 mM dan 16 mM selama 5 dan 10 jam lalu dilanjutkan dengan perendaman dalam aquadest selama 15 menit. Pengukuran tinggi, jumlah ruas, jumlah anakan dan diameter batang dilakukan pada tanaman tebu umur 4 bulan. Selain itu, diambil daun tebu ke-empat untuk dianalisis kandungan sukrosa dan gula reduksi daun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutasi menggunakan ethyle methane sulfonate (EMS) mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Mutasi menggunakan EMS cenderung menurunkan tinggi dan jumlah ruas tanaman tebu mutan. Akan

tetapi, cenderung meningkatkan diameter batang dan jumlah anakan tanaman tebu mutan. Selain itu, mutasi menggunakan EMS menyebabkan peningkatan kandungan sukrosa dan gula reduksi pada daun tebu yang dimutasi. Rata-rata kandungan sukrosa daun tertinggi terdapat pada tebu mutan perlakuan 16 mM 5 jam sebesar 2,6 mg/g. Rata-rata kandungan gula reduksi daun tertinggi terdapat pada tebu mutan perlakuan 16 mM 5 jam sebesar 20,14 mg/g.





## SUMMARY

**Analysis of Growth and Carbohydrate Content of Sugarcane Crop Mutated by Ethyle Methane Sulfonate (EMS).** Fatmawati Ningtias, 111510501047; 2015; 51 pages; the Agrotechnology Department, the Faculty of Agriculture, Jember University.

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is one of the commodity crops plantations that have high economic value. Sugarcane is a plant that play role as the main source of sugar producing. The ability of sugarcane to synthesize the sucrose is one of the important factors in the sugar industry success. In plants, sucrose phosphate synthase (SPS) is a major enzyme that determines the ability of sucrose biosynthesis. The objective of this study was to gain high yield sugarcane through mutation via ethyle methane sulphonate (EMS). This research was conducted in the greenhouse of Agriculture Faculty, Jember University started in December-May 2015. Analysis of the sucrose content and reduction of sugar leaves was conducted in Plant Breeding Laboratory, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Jember University. The experimental design in this study used a Completely Randomized Design (CRD) and if there was a significant different result then it was continued by Duncan Multiple Range Test (DMRT).

25 bud chips (varieties of Bululawang) were soaked in EMS solution with 0 mM, 8 mM, and 16 mM concentration for 5 and 10 hours. Then, it was continued by soaking in distilled water for 15 minutes. The measurement of the height, the number of segments, the number of tillers and the stem diameter of sugarcane was conducted at the 4 months old. Besides that, the fourth sugarcane leaves were collected to be analyzed the content of sucrose and reduction of sugar leaves.

The result showed that mutation using ethyle methane sulfonate (EMS) affected the growth of sugarcane. The mutated using EMS tends to decreased the height and number of segments of sugarcane mutants. However, it also tends to increased the stem diameter and number of tillers of sugarcane mutants. In addition, the mutated using EMS caused enhancement of the sucrose content and reduction of sugar content in sugarcane mutant leaves. The highest average of

sucrose leaf content was found in sugarcane mutant with treatment 16 mM, 5 hours amounted to 2.6 mg/g. The highest average content reduction of sugar was found in sugarcane mutant with treatment 16 mM, 5 hours amounted to 20,14 mg/g.



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah menuntun kita pada jalan yang benar. Penulis bersyukur atas terselesaikan dan tersusunnya skripsi yang berjudul “Analisis Pertumbuhan dan Kandungan Karbohidrat Tanaman Tebu Hasil Mutasi dengan *Ethyle Methane Sulphonate* (EMS)“. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Jani Januar, M.T., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Ir. Raden Soedrajad, M.T., selaku Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember;
3. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D, DIC., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember;
4. Dr. Ir. Miswar, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Usyadi, M.P., selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph. D., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Halimatus Sa'diyah, S. Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Orangtuaku tercinta, Ibunda Asiyam Indrayani yang tak henti-hentinya memberikan dorongan, semangat, serta do'a demi terselesaikannya skripsi ini;
7. Widianti Sarah P dan Tirto Wahyu W, sebagai rekan kerja dalam penelitian ini yang selalu membantu dan memberikan semangat;

8. Teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis; Fitria Budi T, Ashari Andani, Sriani Nugrawaty, Halimatus Sholikhah, David Kurniawan, Anggita Permata, dan Fitria Anggriani Lestari;
9. Teman-teman seangkatan 2011 Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah banyak membantu penulis selama studi.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang memberikan bantuan dan dorongan selama mengikuti studi dan penulisan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan adanya saran dan kritik untuk perbaikan selanjutnya. Harapan penulis semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sebagai sumber informasi.

Jember, 10 Juli 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Umum Tanaman Tebu .....	5
2.2 Pertumbuhan Tanaman Tebu .....	6
2.3 Varietas Bulu Lawang .....	7
2.4 Hubungan Antara Fotosintesis dan Biosintesis Sukrosa ....	8
2.5 Peranan Sucrose Phosphate Synthase pada Sukrosa .....	10
2.6 Mutasi Gen .....	11
2.7 EMS ( <i>ethyl Methane Sulfonate</i> ) .....	12
2.8 Hipotesis .....	14

<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	15
3.2 Bahan dan Alat .....	15
3.3 Rancangan Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.5 Denah Penelitian .....	17
3.6 Variabel Pengamatan .....	17
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	19
4.1.1 Hasil Analisis Ragam .....	19
4.1.2 Tinggi Tanaman Tebu .....	19
4.1.3 Jumlah Ruas Tanaman Tebu .....	20
4.1.4 Jumlah Anakan Tanaman Tebu .....	21
4.1.5 Diameter Batang Tanaman Tebu .....	22
4.1.6 Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu .....	22
4.1.7 Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu .....	24
4.2 Pembahasan .....	26
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>40</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1. Hasil nilai F-Hitung semua parameter dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) .....	19





**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1. Hubungan antara fotosintesis dengan biosintesis sukrosa pada tanaman C4 .....	9
Gambar 2.2. Jalur sintesis sukrosa yang dikatalis oleh enzim SPS .....	10
Gambar 4.1. Grafik rata-rata tinggi tanaman tebu .....	20
Gambar 4.2. Grafik rata-rata jumlah ruas tanaman tebu .....	21
Gambar 4.3. Grafik rata-rata jumlah anakan tanaman tebu .....	21
Gambar 4.4. Grafik rata-rata diameter batang tanaman tebu .....	22
Gambar 4.5. Grafik kandungan sukrosa daun tanaman tebu.....	23
Gambar 4.6. Grafik rata-rata kandungan sukrosa daun tanaman tebu .	24
Gambar 4.7. Grafik kandungan gula reduksi daun tanaman tebu .....	25
Gambar 4.8. Grafik rata-rata kandungan gula reduksi daun tanaman tebu .....	26
Gambar 4.9. Batang tanaman tebu mutasi dan tebu kontrol berumur 4 bulan .....	30

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Data rata-rata tinggi tanaman tebu (cm) .....	40
Lampiran 2. Uji Duncan tinggi tanaman tebu.....	40
Lampiran 3. Data rata-rata jumlah ruas tanaman tebu .....	41
Lampiran 4. Uji Duncan jumlah ruas tanaman tebu .....	41
Lampiran 5. Data rata-rata jumlah anakan tanaman tebu .....	42
Lampiran 6. Uji Duncan jumlah anakan tanaman tebu .....	42
Lampiran 7. Data rata-rata diameter batang tanaman tebu (cm).....	43
Lampiran 8. Uji Duncan diameter batang tanaman tebu .....	43
Lampiran 9. Data kandungan sukrosa daun tanaman tebu .....	44
Lampiran 10. Data rata-rata kandungan sukrosa daun tanaman tebu ....	45
Lampiran 11. Uji Duncan kandungan sukrosa daun tanaman tebu.....	45
Lampiran 12. Data kandungan gula reduksi daun tanaman tebu .....	46
Lampiran 13. Data rata-rata kandungan gula reduksi daun tanaman Tebu .....	47
Lampiran 14. Uji Duncan kandungan gula reduksi daun tanaman tebu	47
Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian .....	48

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L) merupakan salah satu komoditas tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Tebu menjadi komoditas penting perkebunan Indonesia karena merupakan tanaman penghasil gula dimana tingkat konsumsi gula cukup tinggi. Kebutuhan gula nasional meningkat setiap tahunnya akibat konsumsi masyarakat terhadap gula yang tinggi, sedangkan produksi gula nasional masih belum dapat memenuhi konsumsi gula nasional. Menurut Anonim (2013) diketahui produksi gula nasional pada tahun 2013 sebesar 2,54 juta ton Gula Kristal Putih (GKP), sedangkan estimasi kebutuhan gula nasional pada tahun 2014 berdasarkan roadmap swasembada gula sekitar 5,7 juta ton Gula Kristal Putih, maka kekurangan kebutuhan gula harus dipenuhi pemerintah melalui impor. Peningkatan kebutuhan gula secara signifikan terjadi akibat peningkatan konsumsi sekitar 1,23% pertahun, peningkatan daya beli 0,6% pertahun, dan peningkatan konsumsi industri mencapai 5% pertahun. Adanya pola konsumsi yang tinggi terhadap gula membuat tebu menjadi salah satu komoditas perkebunan yang diprioritaskan pengembangan produksinya di Indonesia.

Kebutuhan gula di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Akan tetapi, sampai saat ini produksi gula dalam negeri masih belum mampu untuk memenuhi konsumsi gula di masyarakat. Salah satu penyebabnya adalah semakin menurunnya rendemen tebu dari waktu ke waktu. Pada dasarnya hasil produksi gula tergantung pada rendemen tebu, dimana semakin tinggi rendemen tebu maka produksi akan meningkat. Beberapa dekade ini, kemampuan tanaman tebu untuk mensintesis sukrosa semakin menurun. Sukrosa merupakan hasil utama dari reaksi fotosintesis yang melibatkan radiasi matahari, CO<sub>2</sub>, dan air yang kemudian ditranslokasikan dari jaringan asal (*source*) melalui floem menuju jaringan penyimpanan (*sink*) untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Rendahnya produktivitas usaha tani tebu di Indonesia disebabkan rendahnya biomassa tebu (ton per hektar) maupun rendemen yang dihasilkan oleh tebu. Saat ini rendemen tanaman tebu sekitar 7%-7,9%, dengan tingkat rendemen

tersebut maka produksi gula juga akan turun. Target produksi gula tahun ini mencapai 5,7 juta ton. Namun, akibat rendemen hanya 7%, maka produksi gula pun dikoreksi dan tidak akan mampu mencapai target produksi (Anonim, 2014).

Telah banyak usaha yang dilakukan oleh pemerintah melalui pusat-pusat penelitian yang ada untuk mengembangkan dan menciptakan varietas-varietas tebu yang baru dengan rendemen yang tinggi. Namun, sampai saat ini belum mampu memberikan hasil yang memuaskan. Hal ini disebabkan dalam prosesnya masih menggunakan system konvensional melalui persilangan, dimana untuk melakukan persilangan dibutuhkan keragaman genetik yang banyak, dan mampu berbunga. Selain secara konvensional, juga dapat menggunakan sistem inkonvensional melalui bioteknologi yang dapat menghasilkan tanaman transgenik (*Genetically modified crops*) melalui transfer gen. Akan tetapi, untuk mendapatkan tanaman transgenik yang aman untuk dilepas sebagai varietas baru membutuhkan kegiatan seleksi dan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan diatas dan mendapatkan keragaman genetik tanaman yang tinggi adalah dengan melakukan mutasi DNA secara buatan pada tanaman.

Soeranto (2003) mengatakan secara luas mutasi dihasilkan oleh segala macam tipe perubahan genetik yang mengakibatkan perubahan fenotipe yang diturunkan, termasuk keragaman kromosom maupun mutasi gen. Mutasi juga dapat disebut sebagai perubahan materi genetik pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen sehingga menyebabkan terjadinya 10 keragaman genetik. Mutasi dapat terjadi secara spontan di alam dan dapat juga terjadi melalui induksi. Secara mendasar tidak terdapat perbedaan antara mutasi yang terjadi secara alami dengan mutasi hasil induksi. Seleksi secara alami (evolusi) maupun seleksi secara buatan (pemuliaan) dapat menimbulkan variasi genetik untuk dijadikan dasar seleksi tanaman. Mutasi dapat terjadi secara spontan di alam, namun peluang kejadiannya sangat kecil, yaitu sekitar  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$ . Maka dari itu, dalam bidang pemuliaan tanaman umumnya lebih banyak dilakukan induksi mutasi (Sastrosumarjo, 2006). Salah satu cara melakukan induksi mutasi yaitu dengan menggunakan mutagen kimia berupa EMS (*ethyle methane sulfonate*).

EMS merupakan senyawa alkali yang berpotensi sebagai mutagen untuk tanaman tingkat tinggi. Dibandingkan dengan mutagen kimia lainnya, EMS paling banyak digunakan karena mudah diperoleh, murah, dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Van Harten, 1998). EMS merupakan kelompok alkil yang dapat mengubah basa-basa DNA (guanine dan timin) menjadi basa lain dan akan berpasangan dengan basa yang berbeda sehingga terjadi transisi (Purwati *et al.*, 2008). Menurut Micke (1996) bahwa induksi mutasi pada tanaman ditujukan untuk perbaikan sifat genetik, terutama untuk peningkatan produksi, ketahanan terhadap hama dan penyakit serta toleransi terhadap cekaman lingkungan. Pada tanaman *Arabidopsis* menunjukkan hasil 99% mutasi terjadi akibat EMS (20-40 mM selama 10-20 jam pada biji) yang menunjukkan perubahan dari GC ke AT dengan 53% perubahan G dan 47% perubahan pada C (Greene *et al.*, 2003). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pemberian EMS memberikan pengaruh yang baik pada pertumbuhan meristem hibrida anggrek dalam membentuk tunas. EMS dengan konsentrasi 0,025 dan 0,05% memberikan pengaruh terbaik dalam pembentukan tunas hibrida anggrek *Phalaenopsis* (Qosim dkk., 2012). Studi lain dengan tujuan untuk eksploitasi regenerasi tanaman tebu yang tahan herbisida melalui induksi variasi somaklonal menggunakan kalus somatik embriogenesis dari N12 yang diseleksi untuk varian somaklonal toleransi terhadap imazapyr, kalus embriogenik di induksi mutagen etil methane sulfonate (EMS, 8-96,6 mM selama 4 jam). Hasilnya menunjukkan bahwa tanaman berpotensi menjadi tanaman toleran yaitu pada medium seleksi (0,042  $\mu$ M dan 0,08  $\mu$ M imazapyr) setelah terpapar EMS (8 mM dan 16 mM) (Koch *et al.*, 2009).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah mutasi menggunakan EMS (*ethyle methane sulfonate*) dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman tebu.
2. Apakah mutasi menggunakan EMS (*ethyle methane sulfonate*) dapat meningkatkan kemampuan tanaman tebu untuk mensintesis sukrosa.



### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan tanaman tebu dengan rendemen yang tinggi melalui mutasi dengan EMS (*ethyle methane sulfonate*).

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Pengembangan tanaman tebu dengan rendemen yang tinggi
2. Memberikan informasi tentang pertumbuhan, kandungan sukrosa dan kandungan gula reduksi di daun pada tebu varietas BL yang dimutasi dengan EMS (*ethyle methane sulfonate*).
3. Dapat menambah pengetahuan dan wawasan baru mengenai sistem mutasi dengan bahan kimia EMS yang dapat dijadikan sebagai acuan perbanyakan tanaman tebu selanjutnya.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum Tanaman Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tumbuhan monokotil dari famili rumput-rumputan (*Gramineae*) yang digunakan untuk bahan baku gula. Dalam bahasa latin, tebu dikenal dengan sebutan '*saccharum*', yang berasal dari kata '*karkara*' dalam bahasa Sanskrit atau '*sakkara*' dalam bahasa Prakrit. Setelah mengalami persilangan dengan spesies-spesies liar dari India dan Cina, sejak 1000 SM tanaman ini menyebar secara berangsur-angsur ke berbagai belahan dunia, khususnya wilayah tropis, seperti : Hawaii, Mediterania, Karibia, Amerika, akhirnya sampai ke kepulauan Melayu. Saat ini, budidaya tebu telah dilakukan di lebih dari 70 negara di dunia, antara lain : India, Cuba, Brasil, Mexico, Pakistan, Cina, Filipina, Thailand, Indonesia, Malaysia dan Papua Nugini (Daisy, 1994). Berikut ini sistematika tanaman tebu:

Kelas	: Angiospermae
Subkelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Glumaceae
Famili	: Graminae
Genus	: <i>Saccharum</i>
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

Tebu merupakan sejenis rumput-rumputan yang memiliki ketinggian sekitar 2-4 meter. Secara garis besar, tanaman tebu dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Akar, berbentuk serabut, tebal dan berwarna putih
2. Batang, berbentuk ruas-ruas yang dibatasi oleh buku-buku, penampang melintang agak pipih, berwarna hijau kekuningan
3. Daun, berbentuk pelepah, panjang 1-2 m, lebar 4-8 cm, permukaan kasar dan berbulu, berwarna hijau kekuningan hingga hijau tua
4. Bunganya berbentuk bunga majemuk, panjang sekitar 30 cm (Daisy, 1994).

Selain *Saccharum officinarum* L. masih terdapat empat spesies tebu yang lain dalam genus *Saccharum*, yaitu: *Saccharum sinense*, *Saccharum barberi*,



*Saccharum spontaneum*, dan *Saccharum robustum*. Diantara kelima spesies tersebut, *Saccharum officinarum* L. memiliki kandungan sukrosa terbesar dan kandungan seratnya paling rendah sehingga spesies ini dijadikan penghasil gula utama, sedangkan spesies lain memiliki kandungan sukrosa dibawah *S. Officinarum* L. Tebu adalah tanaman perkebunan semusim, yang mempunyai sifat tersendiri, sebab di dalam batangnya terdapat zat gula. Tebu termasuk keluarga rumput-rumputan seperti halnya padi, gelagah, jagung, bambu dan lain-lain (Supriyadi, 1992). Tebu juga termasuk salah satu komoditas tanaman yang banyak dibudidayakan pada tropis dan subtropis, dimana setiap tahun memberikan sumbangan 60-70% gula dunia (Shah *et al.*, 2009).

## 2.2 Pertumbuhan Tanaman Tebu

Tebu termasuk dalam tanaman perkebunan semusim yang siklus hidupnya satu tahun sekali. Tebu (*Saccharum officinarum* L) termasuk tanaman C4 yang sudah beradaptasi dari tanaman tebu liar (*Saccharrum robustum*). Dalam proses pertumbuhan dan perkembangannya dapat dibagi menjadi dua bagian penting, yaitu secara vegetatif dan reproduktif. Penggolongan ini sangat penting diketahui mengingat tujuan akhir pengusahaan tanaman tebu adalah hasil gula (Bernes, 1974). Menurut Lukito (2008) tebu mempunyai 4 fase pertumbuhan yaitu:

1. Fase perkecambahan (*germination phase*), fase ini dimulai saat tanam sampai terjadi perkecambahan dimulai 7-10 hari setelah tanam (HST) dan biasanya berakhir pada 30-45 HST.
2. Fase pembentukan anakan (*tillering phase*), dimulai sekitar 45 HST sampai 120 HST. Fase ini menghasilkan tanaman dengan jumlah batang tertentu untuk hasil yang baik.
3. Fase pertumbuhan utama (*grang grow phase*), setelah pembentukan anakan berakhir, selanjutnya pada umur antara 120-150 hari, terjadi pengurangan jumlah anakan dan hanya sekitar 40-50% yang akan bertahan hidup menjadi batang yang dapat dipanen dan digiling.
4. Fase pemasakan dan pematangan (*maturity and ripening phase*). Fase ini merupakan fase sintesis dan akumulasi sukrosa pada batang tebu, yang

berlangsung selama lebih kurang 3 bulan dan umumnya terjadi pada periode antara 150-360 hari.

## 2.3 Varietas Bulu Lawang

Varietas Bululawang (BL) merupakan hasil pemutihan varietas yang ditemukan pertama kali di wilayah Kecamatan Bululawang, Malang Selatan. Melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian No.322/Kpts/SR.120/5/2004, maka varietas ini dilepas resmi untuk digunakan sebagai benih bina. BL lebih cocok pada lahan-lahan ringan (geluhan/liat berpasir) dengan sistem drainase yang baik dan pemupukan N yang cukup. Sementara itu pada lahan berat dengan drainase terganggu tampak keragaan pertumbuhan tanaman sangat tertekan. BL tampaknya memerlukan lahan dengan kondisi kecukupan air pada kondisi drainase yang baik. Khususnya lahan ringan sampai geluhan lebih disukai varietas ini dari pada pada lahan berat. BL merupakan varietas yang selalu tumbuh dengan munculnya tunas-tunas baru atau disebut sogolan. Oleh karena itu, potensi bobot tebu akan sangat tinggi karena apabila sogolan ikut dipanen akan menambah bobot tebu secara nyata. Melihat munculnya tunas-tunas baru yang terus terjadi walaupun umur tanaman sudah menjelang tebang, maka kategori tingkat kemasakan termasuk tengah-lambat, yaitu baru masak setelah memasuki akhir bulan Juli. Varietas BL cocok dikembangkan untuk tanah bertekstur kasar (pasir geluhan), dan dapat pula dikembangkan pada tanah bertekstur halus namun dengan sistem drainase yang baik.

Secara umum morfologis tanaman tebu BL yaitu bentuk batangnya silindris dengan penampang bulat dengan warna batang coklat kemerahan. Lapisan lilinnya berkisar sedang hingga kuat, dan retakan batangnya tidak ada. Terdapat cincin tumbuh yang melingkar datar di atas pucuk mata, teras dan lubang massif. Daunnya berwarna hijau kekuningan dengan ukuran daun panjang melebar dan lengkung daun kurang dari  $\frac{1}{2}$  daun. Telinga daunnya memiliki pertumbuhan lemah sampai sedang, dan kedudukannya serong. Keberadaan bulu punggung lebat, condong membentuk jalur lebar. Mata tunas terletak pada bekas pangkal pelepah daun, berbentuk mata segitiga dengan bagian terlebar di bawah

tengah-tengah mata. Sayap mata berada pada tepi sayap mata rata, terdapat rambut basal dan rambut jambul (Anonim, 2013).

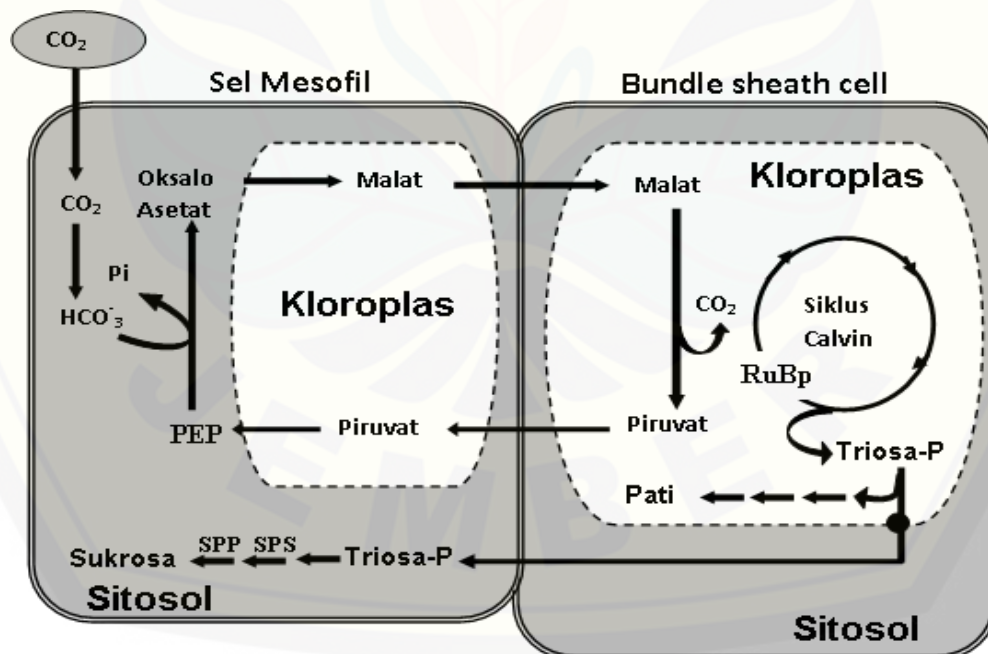
Varietas ini ditebang berdasarkan tingkat kemasakan dan biomassa. Fase kemasakan merupakan fase antara setelah pertumbuhan vegetatif dipercepat diikuti perlambatan pertumbuhan sebelum tebu memasuki fase kematian, yang mana pada fase ini proses metabolisme tebu mulai berkurang dan terjadi akumulasi sukrosa pada ruas batang. Puncak kemasakan terjadi jika kadar sukrosa dalam batang tebu seragam sepanjang batang dan sebelum itu tebu dikatakan belum masak yaitu kandungan sukrosa batang bawah lebih tinggi daripada kandungan sukrosa batang atas. Kondisi setelah puncak disebut tebu lewat masak yaitu kandungan sukrosa batang atas lebih banyak daripada kandungan sukrosa batang bawah dan tebu segera menuju fase kematian. Varietas BL ini memiliki kadar sabut 13-14 %, koefisien daya tahan mulai tengah hingga panjang. Potensi hasilnya 94,3 ton/ha dengan rendemen 7,51%, dan hablur gula 6,9 ton/ha. Untuk ketahanan hama dan penyakitnya, varietas BL ini peka terhadap penggerek pucuk, penggerek batang, blendok. Agak tahan terhadap pekahbung, dan tahan terhadap luka api dan mosaik (Anonim, 2013).

#### **2.4 Hubungan Antara Fotosintesis dengan Biosintesis Sukrosa**

Berdasarkan tipe fotosintesis, tumbuhan dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu C3, C4, dan CAM (*crassulacean acid metabolism*). Tumbuhan C4, seperti tebu, lebih adaptif di daerah yang panas dan kering. Dalam proses fotosintesis tanaman C4, CO<sub>2</sub> diikat oleh PEP (*phospho-enol-pyruvate*) dikatalis oleh enzim PEPC (*phospho-enol-pyruvate-carboxylase*). Lokasi terjadinya asosiasi awal ini adalah di sel-sel mesofil (sekelompok sel-sel yang mempunyai klorofil yang terletak di bawah sel-sel epidermis daun). CO<sub>2</sub> yang sudah terikat oleh PEP kemudian ditransfer ke sel-sel “bundle sheath” (sekelompok sel-sel di sekitar xylem dan phloem) dimana kemudian pengikatan dengan RuBP terjadi. PEP mengalami karboksilasi menjadi asam oksaloasetat yang dikatalisis oleh PEPC. Proses ini sering disebut dengan proses pemompaan substrat (*substrate pumping*) berupa CO<sub>2</sub> sehingga proses karboksilasi berjalan lebih besar. Asam oksaloasetat

lalu dikonversikan menjadi asam malat dan dikirim ke *bundle sheath cell* (BSC). Asam malat di BSC akan mengalami dekarboksilasi dengan melepaskan  $\text{CO}_2$  dan kemudian masuk ke dalam Siklus Calvin. Dalam Siklus Calvin  $\text{CO}_2$  direaksikan dengan *ribulose biphosphate* (RuBP) membentuk senyawa *3-phospho glyceric acid* (3-PGA) yang dikatalisis oleh *ribulose biphosphate carboxylase oxygenase* (rubisco). Mekanisme ini sangat menguntungkan bagi tanaman C4, karena dapat menghindari terjadinya proses fotorespirasi yang merupakan proses pemborosan energi. Berbeda dengan tanaman C4, pada tanaman C3 proses pemompaan  $\text{CO}_2$  tidak ada dan Siklus Calvin terjadi di sel mesofil sehingga memungkinkan terjadinya fotorespirasi. Senyawa 3-PGA lalu dikonversikan menjadi triose phosphate (triosa-P) yang menjadi titik persimpangan penggunaan senyawa fotosintat untuk sintesis pati atau sukrosa (Gambar 2.1).

Triosa-P untuk dapat disintesis menjadi sukrosa harus keluar dari kloroplas menuju sitosol yang diperantarai oleh suatu protein yang disebut dengan *triose phosphate translocator* (TPT) dengan memasukan Pi (phosphat anorganik) ke dalam kloroplas secara *antiport* (Ku *et al.*, 1996).



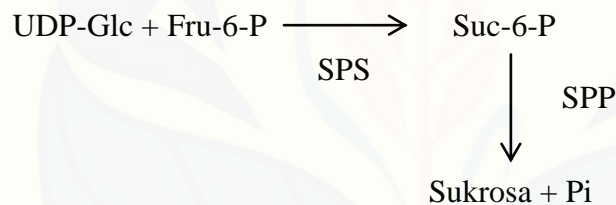
Gambar 2.1 Hubungan antara fotosintesis dengan biosintesis sukrosa pada tanaman C4.



## 2.5 Peranan Sucrose Phosphate Synthase pada Akumulasi Sukrosa

Sukrosa merupakan hasil utama dalam proses fotosintesis yang dihasilkan dari asimilasi karbon (C) yang terjadi di daun (Kim *et al.*, 2000) dan sukrosa sebagai hasil akhir dari proses fotosintesis berperan penting dalam proses metabolisme tanaman. Sukrosa berfungsi sebagai sumber energi yang akan ditranslokasikan melalui jaringan floem menuju jaringan yang sedang tumbuh (Salisbury dan Ross, 1995). Biosintesis sukrosa pada jaringan fotosintesis selain dipengaruhi oleh jumlah karbon yang diasimilasi, juga dipengaruhi oleh aktivitas enzim pembentuk sukrosa terutama SPS (Huber and Huber, 1996).

SPS merupakan enzim kunci dalam biosintesis sukrosa yang terjadi di sitoplasma. Enzim SPS ini akan mengkatalis reaksi antara *uridine diphospho glucoce* (UDPG) dan *fructose-6-phosphate* (F6P) yang menghasilkan *sucrose 6-phosphate* (S6P). S6P selanjutnya dihidrolisis oleh enzim SPP menjadi sukrosa dan *phosphate anorganik* (Pi). Jalur sintesis sukrosa dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Jalur Sintesis Sukrosa yang Dikatalis oleh Enzim SPS (Sumber : Langenkamper *et al.*, 2002).

Besar kecilnya aktivitas SPS menentukan kandungan sukrosa daun dan berkorelasi positif dengan rasio sukrosa : pati daun. Sukrosa yang disintesis di daun tebu ditranslokasikan ke jaringan/organ penyimpan (batang) melalui proses loading dan unloading mekanisme. Di batang sukrosa akan mengalami proses metabolisme lebih lanjut yaitu hidrolisis dan resintesis. Pada internoda batang yang masih muda jumlah energi dan kerangka karbon diperlukan dalam jumlah besar, sehingga jumlah sukrosa yang dihidrolisis juga semakin besar yang mengakibatkan kandungan sukrosa batang menjadi kecil. Aktivitas Acid Invertase (AI) yang menghidrolisis sukrosa pada batang menentukan jumlah sukrosa yang dapat diakumulasi. Semakin kecil aktivitas AI pada batang akan meningkatkan

kandungan sukrosa di batang. Akumulasi sukrosa pada batang tebu dimulai dari internoda yang sedang mengalami proses pemanjangan (*elongation*) sampai pada internoda yang proses pemanjangannya berhenti. Besarnya jumlah sukrosa yang dapat diakumulasi pada batang sangat ditentukan oleh selisih antara proses sintesis dan degradasi sukrosa yang terjadi di daun (Anonim, 2014).

Kandungan sukrosa batang tebu sangat ditentukan oleh besarnya perbedaan antara aktivitas SPS dan acid invertase (AI). Pada internoda batang tebu yang baru memulai proses pemanjangan mempunyai kandungan sukrosa yang rendah dan aktivitas AI sangat tinggi. Seiring dengan semakin dewasanya internoda, kandungan sukrosa semakin meningkat dan aktivitas AI semakin menurun. Pada tanaman tebu aktivitas invertase merupakan kunci utama pengaturan akumulasi sukrosa pada batang (Miswar dkk., 2007).

## 2.6 Mutasi Gen

Kegiatan pemuliaan tanaman sangat berperan dalam meningkatkan kualitas suatu tanaman termasuk tanaman tebu dan induksi mutasi sangat berpotensi dalam meningkatkan dan memperbaiki keragaman genetik tanaman. Soeranto (2003) mengatakan secara luas mutasi dihasilkan oleh segala macam tipe perubahan genetik yang mengakibatkan perubahan fenotipe yang diturunkan, termasuk keragaman kromosom maupun mutasi gen. Mutasi dapat disebut sebagai perubahan materi genetik pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen sehingga menyebabkan terjadinya 10 keragaman genetik. Mutasi gen juga dapat didefinisikan sebagai perubahan suatu bentuk alel menjadi bentuk alel lainnya. Perubahan tersebut terjadi dalam satu gen pada satu lokus kromosom atau disebut mutasi titik (Suzuki *et al.*, 1993).

Mutasi dapat terjadi secara spontan di alam dan dapat juga terjadi melalui induksi. Secara mendasar tidak terdapat perbedaan antara mutasi yang terjadi secara alami dengan mutasi hasil induksi. Seleksi secara alami (evolusi) maupun seleksi secara buatan (pemuliaan) dapat menimbulkan variasi genetik untuk dijadikan dasar seleksi tanaman. Namun, mutasi dapat terjadi secara spontan di alam, namun peluang kejadiannya sangat kecil, yaitu sekitar  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$ . Maka dari

itu, dalam bidang pemuliaan tanaman umumnya lebih banyak dilakukan induksi mutasi (Sastrosumarjo, 2006). Induksi mutasi pada tanaman dapat dilakukan dengan perlakuan bahan mutagen (*mutagenic agent*) tertentu pada materi reproduktif tanaman seperti benih, bibit atau organ reproduksi *in-vitro* (kultur sel atau jaringan). Bahan mutagen digolongkan ke dalam dua jenis yaitu mutagen kimia dan mutagen fisika. Mutagen kimia pada umumnya berasal dari senyawa kimia yang memiliki gugusan alkil seperti *ethyl methane sulphonate* (EMS), *diethyl sulphate* (DES) dan *methyl methane sulphonate* (MMS), sedangkan mutagen fisika merupakan radiasi pengion seperti radiasi gamma, radiasi beta, neutron, dan partikel dari akselerator (Medina *et al.*, 2005).

Mutagen kimia merupakan senyawa kimia yang mudah terurai membentuk radikal yang aktif, dapat bereaksi dengan asam amino sehingga terjadi perubahan sifat. Mutagen kimiawi pada umumnya menghasilkan induksi mutasi yang mengarah pada perubahan nucleotide GC menjadi AT. Mutagen kimia dapat menimbulkan mutasi melalui beberapa mekanisme. Apabila materi genetik tanaman diberi perlakuan mutagen kimia, maka gugus alkil aktif dari bahan mutagen dapat ditransfer ke molekul lain pada posisi di mana kepadatan elektron cukup tinggi seperti pada gugus fosfat molekul purin dan pirimidin yang merupakan penyusun struktur *deoxiribonucleic acid* (DNA), yaitu struktur kimia yang membawa gen (sifat keturunan). Basa-basa yang menyusun struktur DNA terdiri dari adenin, guanin, timin, dan sitosin. Adenin dan guanin merupakan basa bercincin ganda yang disebut purine, sedangkan timin dan sitosin bercincin tunggal dan disebut pirimidin. Struktur molekul DNA berbentuk pilinan ganda (*double helix*) dan tersusun atas pasangan spesifik adenin-timin dan guanincitosin. Suatu contoh mutasi yang sering ditimbulkan oleh mutagen kimia adalah perubahan basa pada struktur DNA yang mengarah pada pembentukan *7-alkyl guanine* (IAEA, 1977).

## 2.7 EMS (*Ethyle Methane Sulfonate*)

EMS merupakan jenis mutagen kimia yang paling potensial, diantara 30 samapi 40 mutagen kimia, salah satu mutagen yang kuat dan bermanfaat adalah



EMS (Aisyah, 2006). Dibandingkan dengan mutagen kimia lainnya, EMS paling banyak digunakan karena mudah diperoleh, murah, dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Van Harten, 1998). Selain itu, EMS banyak digunakan karena tingkat toksisitasnya tidak terlalu tinggi untuk menginduksi banyak mutasi per genom dan biasanya mutasinya berupa substitusi satu basa (Von Arnim, 2005). EMS (*ethylene methane sulfonate*) merupakan sejenis mutagen kimiawi yang dapat menyebabkan proses alkilasi yang efektif dalam menginduksi mutasi berbagai jenis organisme (Priyono dan Susilo, 2002). Senyawa EMS merupakan senyawa alkali yang berpotensi sebagai mutagen untuk tanaman tingkat tinggi. EMS merupakan kelompok alkil yang dapat mengubah basa-basa DNA (guanine dan timin) menjadi basa lain dan akan berpasangan dengan basa yang berbeda sehingga terjadi transisi (Purwati *et al.*, 2008).

Menurut Micke (1996) bahwa induksi mutasi pada tanaman ditujukan untuk perbaikan sifat genetik, terutama untuk peningkatan produksi, ketahanan terhadap hama dan penyakit serta toleransi terhadap cekaman lingkungan. Pada tanaman *Arabidopsis* menunjukkan hasil 99% mutasi terjadi akibat EMS (20-40 Mm selama 10-20 jam pada biji) yang menunjukkan perubahan dari GC ke AT dengan 53% perubahan G dan 47% perubahan pada C (Greene *et al.*, 2003). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pemberian EMS memberikan pengaruh yang baik pada pertumbuhan meristem hibrida anggrek dalam membentuk tunas. EMS dengan konsentrasi 0,025 dan 0,05% memberikan pengaruh terbaik dalam pembentukan tunas hibrida anggrek *Phalaenopsis* (Qosim dkk., 2012). Studi lain dengan tujuan untuk eksploitasi regenerasi tanaman tebu yang tahan herbisida melalui induksi variasi somaklonal. Dengan menggunakan kalus somatik embriogenesis dari N12 yang diseleksi untuk varian somaklonal toleransi terhadap imazapyr, kalus embriogenik di induksi mutagen etil methane sulfonate (EMS, 8-96,6 mM selama 4 jam). Hasilnya menunjukkan bahwa tanaman berpotensi menjadi tanaman toleran yaitu pada medium seleksi (0,042  $\mu$ M dan 0,08  $\mu$ M imazapyr) setelah terpapar EMS (8 mM dan 16 mM) (Koch *et al.*, 2009).

### **2.8 Hipotesis Percobaan**

1. Mutasi mata tunas tebu dengan menggunakan EMS dapat mempengaruhi pertumbuhan.
2. Mutasi mata tunas tebu dengan menggunakan EMS dapat meningkatkan sintesis sukrosa di daun tanaman tebu.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Greenhouse Jurusan Agronomi dan Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Desember 2014 sampai dengan bulan Mei 2015.

### 3.2 Bahan dan Alat

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tebu varietas BL sedangkan bahan kimia untuk mutasi gen digunakan EMS (*ethylene methane sulfonate*), Nitrogen cair, NaOH, HCl, *Reagen resorcinol*, Reagen DNS, *aquades*, dan bahan-bahan pendukung lainnya.

#### 3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan terdiri dari : Penggaris, jangka sorong, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *sentrifuge*, *spektrofotometer*, *beaker glass*, *micro pipet*, *ball pipet*, *mortar-pastle*, gelas ukur, *appendorf* dan alat pendukung lainnya dalam pelaksanaan penelitian.

### 3.3 Rancangan Percobaan

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan :

1. Kontrol
2. Konsentrasi EMS 8 mM dengan perendaman selama 5 jam
3. Konsentrasi EMS 8 mM dengan perendaman selama 10 jam
4. Konsentrasi EMS 16 mM dengan perendaman selama 5 jam
5. Konsentrasi EMS 16 mM dengan perendaman selama 10 jam

Menurut Setiawan (2009) rumus matematis dari RAL sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, 4, \dots, t; j = 1, 2, 3, 4, \dots, r_i;$$

Dimana :

$\mu$  : Rataan Umum

$T_i$  : Pengaruh konsentrasi SA pada taraf ke-i

$\varepsilon_{ij}$  : Galat percobaan/pengaruh acak dari konsentrasi SA pada taraf ke-i  
ulangan ke-j

t : Jumlah perlakuan

$r_i$  : Banyaknya ulangan dari perlakuan ke-i

Data yang diperoleh, dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) dengan model linier RAL. Jika terdapat hasil yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multile Range Test (DMRT) dengan taraf 95%.

### 3.4 Pelaksanaan Percobaan

#### 3.4.1 Bahan Tanaman

Bahan tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah mata tunas tunggal (*single bud*) dengan ukuran panjang 1 cm. Varietas tebu yang digunakan adalah varietas Bulu Lawang (BL)

#### 3.4.2 Proses Mutasi

Mata tunas tebu varietas Bulu Lawang yang diambil direndam dalam larutan EMS (*ethylene methane sulfonate*) pada konsentrasi 0 mM; 8 Mm dan 16 mM selama 5 dan 10 jam. Mata tunas tebu yang sudah direndam dengan larutan EMS (*ethylene methane sulfonate*) dicuci dengan aquades 3 kali dan dikering anginkan. *Single Bud Chip* yang telah dimuasi ditanam pada media tanah : kompos (1:1). Tanaman tebu setelah berumur 4 dianalisis kandungan sukrosa daunnya.

#### 3.4.3 Media Tanam

Media tanam terdiri dari tanah dan kompos yang dicampur dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya menimbang campuran tanah dan kompos tersebut seberat 7 kg dan dimasukkan ke dalam timba kemudian diberi label sesuai dengan perlakuan.

### 3.5 Denah Percobaan

16 mM 10 J (1)	8 mM 10 J (1)	8 mM 10 J (5)	16 mM 10 J (5)	K (5)
8 mM 5 J (4)	16 mM 5 J (3)	K (3)	8 mM 5 J (1)	16 mM 10 J (3)
K (4)	K (2)	8 mM 10 J (3)	8 mM 5 J (5)	8 mM 10 J (4)
16 mM 5 J (1)	8 mM 5 J (3)	8 mM 5 J (2)	16 mM 5 J (2)	K (1)
16 mM 10 J (2)	16 mM 10 J (4)	8 mM 10 J (2)	16 mM 5 J (4)	16 mM 5 J (5)

### 3.6 Variabel Pengamatan

#### 3.6.1 Tinggi tanaman (cm)

Tanaman tebu yang telah berumur 4 bulan kemudian diukur tingginya. Pengukuran tersebut dilakukan pada seluruh tanaman dengan cara diukur dari permukaan media tanam hingga ujung daun.

#### 3.6.2 Jumlah ruas

Jumlah ruas yang ada pada seluruh tanaman tebu berumur 4 bulan diamati dan dihitung.

#### 3.6.3 Jumlah anakan

Setiap anakan yang tumbuh pada tanaman tebu yang telah berumur 4 bulan dihitung jumlahnya.

#### 3.6.4 Diameter batang (cm)

Pengukuran diameter batang dilakukan pada tebu yang telah berumur 4 bulan dengan cara mengukurnya pada ruas 10 cm dari permukaan tanah dengan menggunakan jangka sorong.

#### 3.6.5 Kandungan Sukrosa (mg/g)

Kandungan sukrosa diukur dengan menggunakan recorcinol berdasarkan metode yang dilakukan oleh Miswar (2001), 75 mikroliter sampel (supernatan) ditambah 75 mikroliter 0,5 N NaOH. Campuran dididihkan pada suhu 100<sup>0</sup>C selama 10 menit lalu didinginkan dalam air. Setelah dingin ditambahkan 250  $\mu$ L reagen resorsional dan 750  $\mu$ L HCL 30% (dikerjakan dalam lemari asam),



kemudian diinkubasi pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 8 menit. Setelah dingin dibaca absorbansi pada panjang gelombang 520 nm. Kandungan sukrosa dihitung dengan menggunakan persamaan regresi kurva standart sukrosa.

#### **3.6.6 Kandungan Gula Reduksi (mg/g)**

Gula reduksi diukur dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Miswar (2001), 250 mikroliter sampel ditambah 450  $\mu\text{L}$   $\text{H}_2\text{O}$ . Semua sampel ditambah 500  $\mu\text{L}$  *reagen* DNS dan dididihkan selama 10 menit. Setelah dingin dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 560 nm dengan menggunakan spektrofotometer. Kandungan gula reduksi dihitung dengan menggunakan persamaan regresi kurva standart glukosa.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Nilai Analisis Ragam

Tabel 4.1. Hasil Nilai F-Hitung Semua Parameter dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

No	Karakter Pengamatan	F-Hitung	F-Tabel	
			0,05	0,01
1	Tinggi Tanaman (cm)	12,07 **		
2	Jumlah Ruas	1,16 tn		
3	Jumlah Anakan	6,81 **		
4	Diameter Batang (cm)	6,02 **	2,87	4,43
5	Kandungan Sukrosa (mg/g)	5,59 **		
6	Kandungan Gula Reduksi (mg/g)	3,92 *		

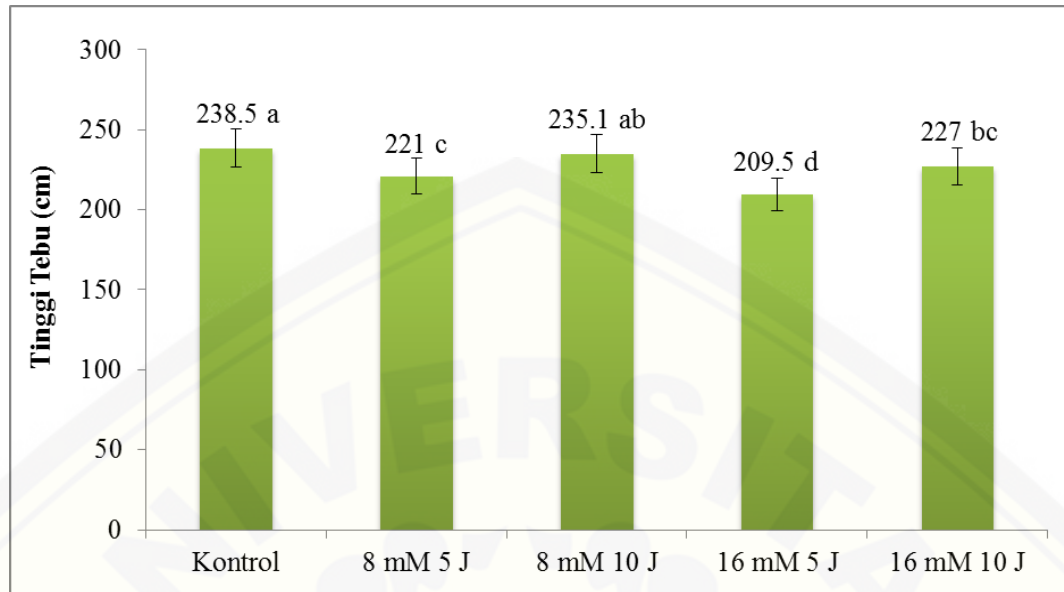
Ket : \*\* = Berbeda sangat nyata, \* = Berbeda nyata, tn = Berbeda tidak nyata

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan hasil yang berbeda, empat parameter pengamatan menunjukkan hasil yang sangat berbeda nyata yakni pada tinggi tanaman, jumlah anakan, diameter batang, dan kandungan sukrosa. Analisis ragam pada kandungan gula reduksi daun menunjukkan hasil yang berbeda nyata, sedangkan pada karakter pengamatan jumlah ruas yang terbentuk menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata.

#### 4.1.2 Tinggi Tanaman Tebu

Ukuran tanaman yang sering diamati adalah tinggi tanaman, baik sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan. Ini didasarkan kenyataan bahwa tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat (Anonim, 2008). Pengukuran tinggi dilakukan mulai dari permukaan media tanam hingga ujung daun tertinggi. Berikut rata-rata tinggi tebu umur 4 bulan :



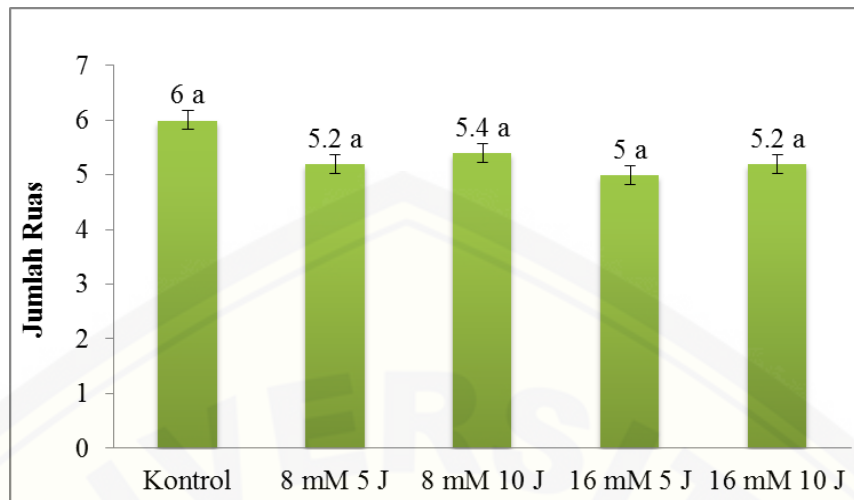


Gambar 4.1 Grafik Rata-rata Tinggi Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum L.*) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

Hasil pengukuran tinggi tebu menunjukkan bahwa tinggi perlakuan mutasi lebih rendah apabila dibandingkan dengan tebu kontrol, dan berdasarkan uji Duncan menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata antara tebu kontrol dan tebu mutasi yang ditunjukkan dengan notasi hasil uji Duncan. Tampak pada (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa tebu kontrol tertinggi rata-rata (238,5 cm) sedangkan tinggi tebu perlakuan *Ethyl Methane Sulfonate* jika diurutkan mulai dari yang tertinggi yaitu 8 mM 10 Jam (235,1 cm), 16 mM 10 jam (227 cm), 8 mM 5 jam (221 cm), dan tinggi rata-rata terendah adalah 16 mM 5 jam (209,5 cm).

#### 4.1.3 Jumlah Ruas Tanaman Tebu

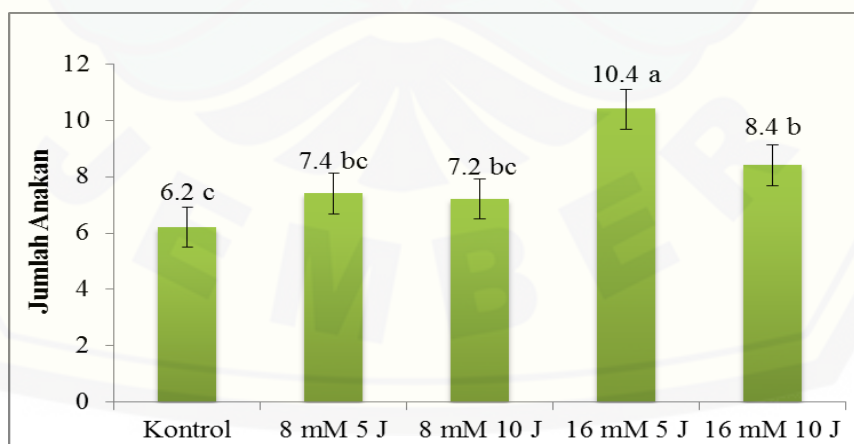
Hasil perhitungan ruas tanaman tebu kontrol dan tebu mutasi dengan EMS diketahui bahwa tebu kontrol menghasilkan ruas terbanyak. Dapat dilihat pada (Gambar 4.2) bahwa hasil analisis jumlah ruas menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata. Pada tebu kontrol rata-rata jumlah ruas (6), sedangkan pada tebu mutasi 8 mM 10 jam rata-rata jumlah ruas (5,4), 8 mM 5 jam (5,2), 16 mM 10 jam (5,2), dan 16 mM 5 jam (5).



Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Jumlah Ruas Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

#### 4.1.4 Jumlah Anakan Tanaman Tebu

Jumlah anakan menunjukkan bahwa jumlah anakan pada perlakuan tebu mutasi EMS lebih banyak dibandingkan dengan tebu kontrol. Rata-rata jumlah anakan terbanyak terdapat pada perlakuan mutasi 16 mM 5 jam (10,4), kemudian 16 mM 10 jam (8,4), 8 mM 5 jam (7,4), 8 mM 10 jam (7,2) dan yang paling sedikit rata-rata jumlah anakannya yaitu pada perlakuan kontrol (6,2). Berdasarkan uji Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata yang dapat dilihat pada (Gambar 4.3).

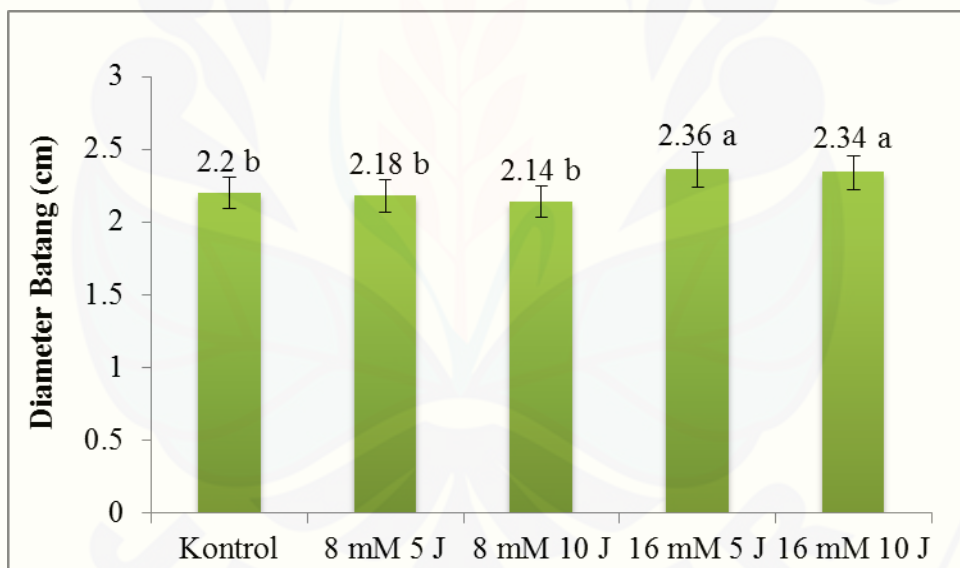


Gambar 4.3 Grafik Rata-rata Jumlah Anakan Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

#### 4.1.5 Diameter Batang Tanaman Tebu

Pengukuran diameter batang tebu dilakukan saat tanaman berumur 4 bulan dan cara mengukurnya yaitu batang tebu diukur 10 cm dari permukaan media tanam. Hasil pengukuran diameter batang tebu diperoleh diameter batang terbesar pada tebu mutasi. Dapat dilihat pada (Gambar 4.4) rata-rata diameter batang terbesar pada perlakuan mutasi 16 mM 5 jam (2,36 cm), kemudian 16 mM 10 jam (2,34 cm), kontrol (2,2 cm), 8 mM 5 jam (2.18 cm), dan rata-rata diameter batang terkecil terdapat pada perlakuan 8 mM 10 jam dengan rata-rata diameter 2,14 cm.

Pada (Gambar 4.4) menunjukkan bahwa hasil uji Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata yaitu perlakuan 16 mM 5 jam berbeda tidak nyata dengan 16 mM 10 jam, namun berbeda nyata dengan kontrol, 8 mM 5 jam, dan 8 mM 10 jam. Sedangkan kontrol berbeda tidak nyata dengan perlakuan 8 mM 5 jam dan 8 mM 10 jam.



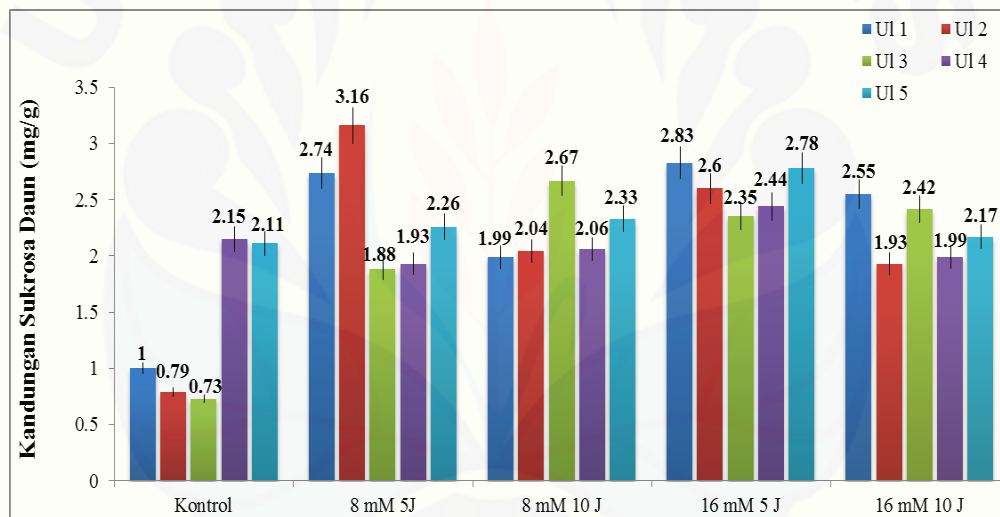
Gambar 4.4 Grafik Rata-rata Diameter Batang Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

#### 4.1.6 Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu

Sukrosa adalah jenis gula disakarida nonpereduksi yang dikenal sebagai “gula meja” dan berwarna putih, rumus empirik sukrosa adalah  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (Filianty, 2007). Sukrosa merupakan hasil utama dalam proses fotosintesis yang

dihasilkan dari asimilasi karbon (C) yang terjadi di daun (Kim *et al.*, 2000) dan sukrosa sebagai hasil akhir dari proses fotosintesis berperan penting dalam proses metabolisme tanaman. Sukrosa berfungsi sebagai sumber energi yang akan ditranslokasikan melalui jaringan floem menuju jaringan yang sedang tumbuh (Salisbury dan Ross, 1995).

Pengukuran kandungan sukrosa daun bertujuan untuk mengetahui besar kandungan sukrosa pada organ daun tebu, yang merupakan lokasi sintesis sukrosa. Kandungan sukrosa daun diukur berdasarkan jumlah sukrosa perberat sampel daun. Sampel daun yang diambil adalah daun ke-4 dari ujung tanaman yang berada pada posisi yang sama pada masing-masing tanaman tebu, yang kemudian dianalisis kandungan sukrosanya menggunakan metode resorsinol. Berikut hasil analisis kandungan sukrosa daun :

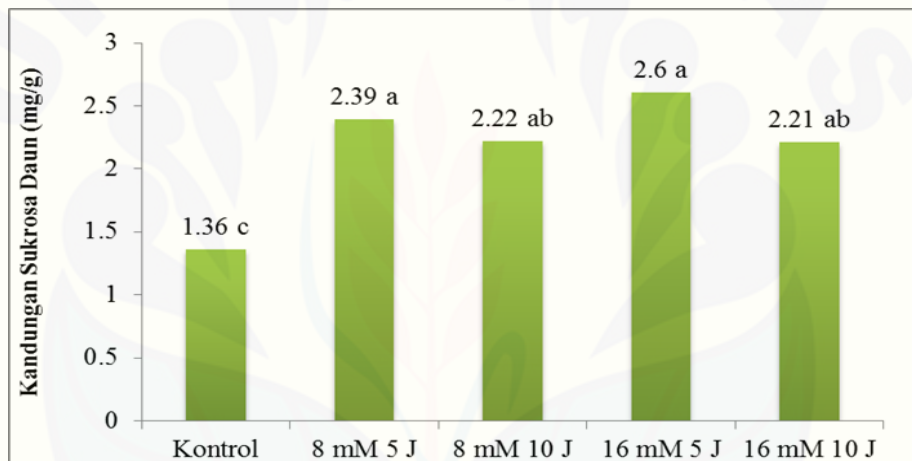


Gambar 4.5 Grafik Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

Berdasarkan uji F menunjukkan hasil berbeda sangat nyata terhadap kandungan sukrosa daun tebu hasil mutasi dengan tebu kontrol. Pada Gambar 4.5 menunjukkan kandungan sukrosa daun pada semua perlakuan dengan kelima ulangnya. Jika dibandingkan secara keseluruhan, kandungan sukrosa daun tebu yang mengalami mutasi lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan sukrosa daun tebu yang tidak dimutasi atau kontrol. Kandungan tertinggi terdapat pada

perlakuan mutasi 8 mM 5 jam ulangan ke 2 (3,16 mg/g), sedangkan kandungan sukrosa daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol ulangan ke 3 (0,73 mg/g). Pada gambar juga menunjukkan bahwa perlakuan mutasi konsentrasi 16 mM 5 jam menghasilkan kandungan sukrosa yang lebih stabil atau merata pada semua ulangannya dibanding perlakuan mutasi yang lain.

Hasil uji Duncan dapat dilihat pada (Gambar 4.6) bahwa rata-rata kandungan sukrosa daun tertinggi terdapat pada tebu mutasi 16 mM 5 jam (2,6 mg/g), kemudian tebu mutasi 8 mM 5 jam (2,39 mg/g), tebu mutasi 8 mM 10 jam (2,22 mg/g), tebu mutasi 16 mM 10 jam (2,21 mg/g), dan rata-rata kandungan sukrosa daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol (1,34 mg/g). Berikut hasil uji rata-rata kandungan sukrosa daun tanaman tebu :



Gambar 4.6 Grafik Rata-rata Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

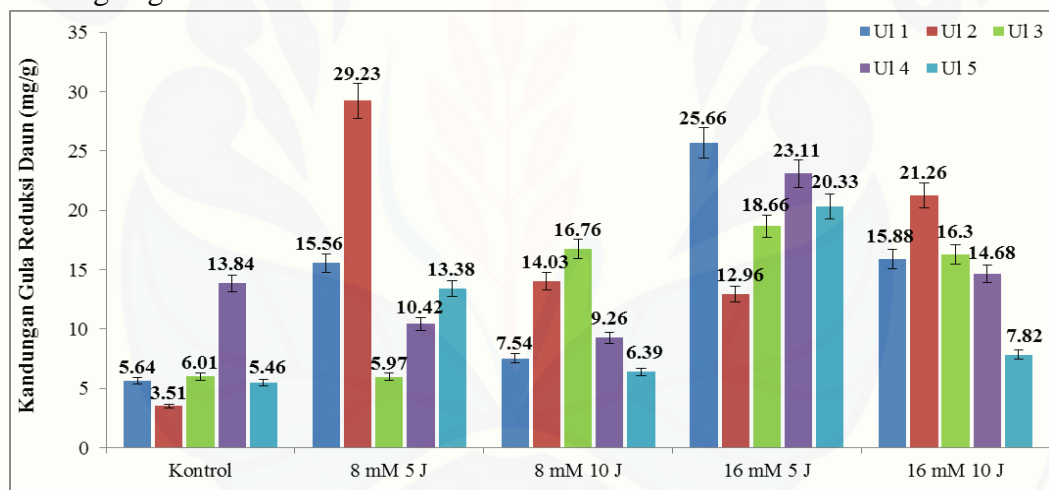
#### 4.1.7 Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu

Gula reduksi adalah semua gula yang memiliki kemampuan untuk mereduksi dikarenakan adanya gugus aldehyd atau keton bebas, yang termasuk gula reduksi antara lain glukosa, fruktosa, gliseraldehida, dan galaktosa. Kandungan gula reduksi daun diukur berdasarkan jumlah sukrosa perberat sampel daun. Sampel daun yang diambil adalah daun ke-4 dari ujung tanaman yang berada pada posisi yang sama pada masing-masing tanaman tebu. Metode penentuan komposisi gula reduksi dalam sampel yang mengandung karbohidrat



yang digunakan adalah menggunakan pereaksi *asam dinitro salisilat/3,5-dinitrosalicylic acid* (DNS).

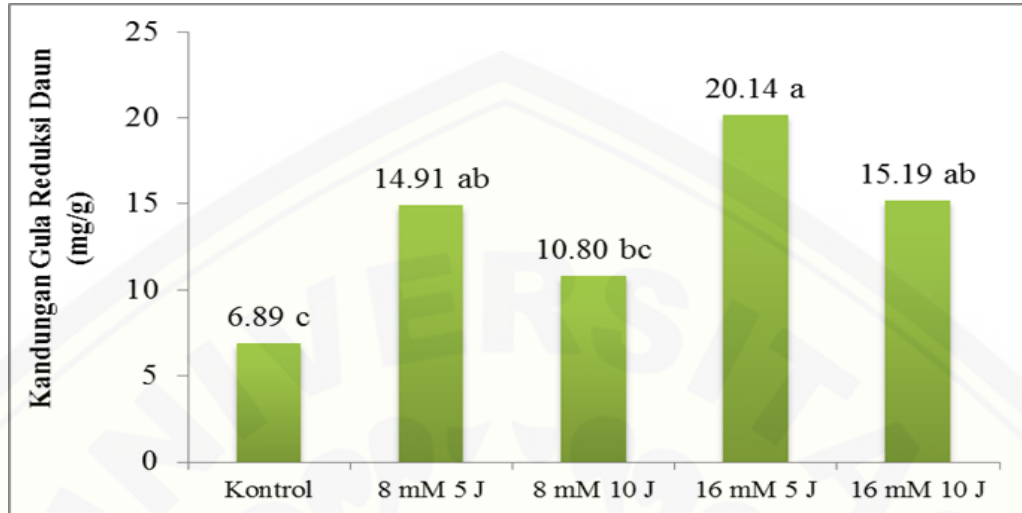
Hasil analisis kandungan gula reduksi daun tebu secara keseluruhan menunjukkan kandungan gula reduksi daun tebu yang mengalami mutasi lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan gula reduksi daun tebu yang tidak dimutasi atau kontrol. Pada Gambar 4.8 kandungan gula reduksi daun tertinggi terdapat pada perlakuan mutasi 8 mM 5 jam ulangan 2 (29,23 mg/g), sedangkan kandungan sukrosa daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol ulangan 2 (3,51 mg/g). Sama halnya dengan kandungan sukrosa, pada kandungan gula reduksi juga menunjukkan bahwa perlakuan mutasi konsentrasi 16 mM 5 jam menghasilkan kandungan gula reduksi yang lebih stabil atau merata pada semua ulangannya dibanding perlakuan mutasi yang lain. Berikut hasil analisis kandungan gula reduksi daun tebu :



Gambar 4.7 Grafik Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

Berdasarkan uji F menunjukkan hasil yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan yang juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata antara kandungan gula reduksi daun tebu hasil mutasi dengan tebu kontrol. Tampak pada (Gambar 4.9) bahwa rata-rata kandungan gula reduksi daun tertinggi terdapat pada tebu mutasi 16 mM 5 jam (20,14 mg/g), kemudian tebu mutasi 16 mM 10 jam (15,19 mg/g), tebu mutasi 8 mM 5 jam (14,91 mg/g), tebu

mutasi 8 mM 10 jam (10,8 mg/g), dan rata-rata kandungan gula reduksi daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol (6,89 mg/g).



Gambar 4.8 Grafik Rata-rata Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu (*Sacharum officinarum* L) dengan Perlakuan 0 (Kontrol), 8 mM 5 J, 8 mM 10 J, 16 mM 5 J dan 16 mM 10 J.

#### 4.2 Pembahasan

Tebu merupakan sumber utama penghasil gula komersil. Gula merupakan salah satu konsumsi pokok masyarakat, gula digunakan sebagai kebutuhan pokok baik oleh masyarakat maupun pelaku industri sebagai bahan baku untuk mengolah berbagai macam makanan, sehingga kebutuhan akan gula selalu bertambah setiap tahunnya. Tanaman tebu merupakan tanaman perkebunan yang menjadi sumber utama dalam menghasilkan gula, sehingga tanaman tebu termasuk industri penting yang menunjukkan adanya peluang bisnis dalam budidaya tanaman ini.

Pada penelitian ini, tanaman tebu yang digunakan adalah tebu varietas Bululawang. Varietas Bululawang (BL) merupakan hasil pemutihan varietas yang ditemukan pertama kali di wilayah Kecamatan Bululawang, Malang Selatan. Varietas BL merupakan hasil persilangan dari varietas induk PR 1028 dengan N8. Sifat morfologi dari varietas ini adalah batang (berbentuk silindris dengan penampang bulat dengan warna batang coklat kemerahan, lapisan lilinnya berkisar sedang hingga kuat, retakan batangnya tidak ada, terdapat cincin tumbuh yang melingkar datar di atas pucuk mata), daun (warna daunnya hijau kekuningan

dengan ukuran daun panjang melebar dan lengkung daun kurang dari  $\frac{1}{2}$  daun cenderung tegak, telinga daunnya memiliki pertumbuhan lemah sampai sedang, dan kedudukannya serong. Keberadaan bulu punggung lebat, condong membentuk jalur lebar), mata tunas (terletak pada bekas pangkal pelepah daun, berbentuk mata segitiga dengan bagian terlebar di bawah tengah-tengah mata, sayap mata berada pada tepi sayap mata rata, terdapat rambut basal dan rambut jambul). Varietas Bululawang cocok dikembangkan untuk tanah bertekstur kasar (pasir geluhan), dan dapat pula dikembangkan pada tanah bertekstur halus namun dengan sistem drainase yang baik (Anonim, 2013).

Mutasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan mutasi secara kimia dengan *ethyl methane sulfonate*. Mutasi dapat disebut sebagai perubahan materi genetik pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen sehingga menyebabkan terjadinya keragaman genetik. Mutasi dapat memutuskan hubungan DNA dan menghasilkan perbaikan sifat pada berbagai macam tanaman. *Ethyle Methane Sulfonate* (EMS) merupakan sejenis mutagen kimiawi yang dapat menyebabkan proses alkilasi yang efektif dalam menginduksi permutasian berbagai jenis organisme (Priyono dan Susilo, 2002). Dari sekian banyak mutagen kimia, EMS dilaporkan sebagai bahan mutagen yang paling kuat dan efektif dalam memutasi tanaman (Shah *et al.*, 2008). Apabila materi genetik tanaman diberi perlakuan mutagen kimia, maka gugus alkil aktif dari bahan mutagen dapat ditransfer ke molekul lain pada posisi di mana kepadatan elektron cukup tinggi seperti pada gugus fosfat molekul purin dan pirimidin sehingga. EMS merupakan mutagen kimia yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi titik yang dapat merubah pasangan basa pada replikasi berikutnya. Mutasi EMS dapat mengalkilasi basa timin dan guanin sedemikian rupa sehingga terjadi perubahan orientasi ikatan hidrogen pada kedua nukleotida ini.

Pada penelitian ini, tebu yang dimutasi adalah bagian mata tunas tebu (*single bud*). Selanjutnya mata tunas tebu Bulu Lawang yang sudah dipotong direndam dalam larutan mutasi EMS dengan konsentrasi 8 mM dan 16 mM selama 5 jam dan 10 jam. Untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan mutasi, maka dipilih parameter pengamatan yang merupakan komponen pertumbuhan

yang berperan penting dalam menentukan hasil akhir tanaman tebu yaitu komponen pertumbuhan vegetatif dan komponen pertumbuhan generatif. Komponen pertumbuhan vegetatif tanaman tebu yang diamati yaitu tinggi tanaman, jumlah ruas, jumlah anakan, dan diameter batang. Sedangkan komponen fase generatif (kandungan biokimia) yang meliputi kandungan sukrosa dan gula reduksi pada daun.

Hasil pengukuran tinggi tanaman tebu umur 4 bulan yang dapat dilihat pada (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa tinggi tebu kontrol lebih baik dibandingkan perlakuan mutasi EMS, akan tetapi secara morfologi pertumbuhan dan ketegapan tanaman mutan lebih baik dibandingkan tebu kontrol. Tinggi rata-rata tebu kontrol yaitu 238,5 cm sedangkan rata-rata tinggi tebu mutasi perlakuan 8 mM 10 Jam yaitu 235,1 cm, 16 mM 10 jam yaitu 227 cm, 8 mM 5 jam tinggi rata-ratanya adalah 221 cm, dan tinggi rata-rata terendah adalah 16 mM 5 jam dengan rata-rata 209,5 cm. Pengukuran tinggi dihasilkan tinggi mutan lebih rendah dibanding kontrol, terhambatnya pertumbuhan yang terlihat pada tinggi tanaman diduga akibat perlakuan pemberian EMS sebagai mutagen yang menyebabkan perubahan struktur DNA tanaman. Hal ini menunjukkan pengaruh sensitivitas mutagen EMS terjadi pada tahap perkembangan tanaman. Gaul (1997) menyatakan terhambatnya pertumbuhan tanaman diakibatkan adanya gangguan fisiologis akibat aksi mutagen. Hasil karakter vegetatif yang bervariasi seperti penurunan sifat kuantitatif tanaman diduga disebabkan oleh mutasi acak akibat aksi mutagen. *Ethyle methane sulphonate* menyebabkan mutasi titik melalui transisi pada DNA, melalui perubahan pasangan basa nukleotida yang mengakibatkan perubahan asam amino (Chopra, 2005).

Terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman tebu mutan, juga berpengaruh terhadap jumlah ruas yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengukuran, jumlah ruas batang yang dihasilkan tebu mutan lebih sedikit dibandingkan tebu kontrol. Batang tebu merupakan bagian terpenting dalam produksi gula karena mengandung nira, batang tebu berbentuk tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak, batang beruas-ruas dengan panjang ruas sekitar 10 - 30 cm/ruas. Pada batang tebu terdapat beberapa ruas yang disekat oleh buku-buku, dan pada



buku batang ini akan terbentuk tunas primer dan akar stek, biasanya satu tunas akan muncul dalam satu buku batang (Sudiatso, 1982). Jumlah ruas yang dihasilkan oleh tanaman tebu dapat dilihat pada (Gambar 4.2) menunjukkan bahwa jumlah ruas pada tebu kontrol lebih banyak dibandingkan jumlah ruas pada tebu mutan. Jumlah ruas pada tebu kontrol rata-rata berjumlah 6, sedangkan tebu mutan perlakuan 8 mM 10 jam rata-rata jumlah ruasnya 5,4, perlakuan 8 mM 5 jam rata-rata jumlahnya 5,2, perlakuan 16 mM 10 jam menghasilkan rata-rata jumlah ruas 5,2, dan perlakuan 16 mM 5 jam menghasilkan rata-rata jumlah ruas sebanyak 5. Rendahnya jumlah ruas tebu mutan dibandingkan tebu kontrol selain disebabkan oleh pemberian EMS sebagai agen mutasi yang berpengaruh terhadap morfologi ruas tanaman tebu mutan. Terdapat faktor lain yang mempengaruhi selama proses pertumbuhan tanaman tebu. Menurut Sudiatso (1982) panjang ruas batang tebu sangat dipengaruhi oleh faktor luar seperti iklim, kesuburan tanah, keadaan air dan penyakit. Jika faktor luar ini tidak dipenuhi, maka pertumbuhan tanaman tidak akan sempurna.

Anakan tebu merupakan variabel yang penting dalam usaha peningkatan produktivitas tebu. Produktivitas tebu per satuan lahan ditentukan oleh kemampuan tanaman membentuk anakan. Semakin banyak anakan tebu yang terbentuk, maka hasil tebu akan semakin melimpah. Anakan tebu terbentuk di sekeliling batang utama (Rokhman dkk., 2014). Berdasarkan hasil pengukuran jumlah anakan, tebu mutan lebih banyak menghasilkan anakan dibandingkan tebu kontrol. Pada (Gambar 4.3) jumlah anakan terbanyak terdapat pada perlakuan mutasi 16 mM 5 jam dengan rata-rata jumlah anakan sebanyak 10,4. Kemudian perlakuan mutasi 16 mM 10 jam dengan rata-rata 8,4, perlakuan 8 mM 5 jam rata-rata sebanyak 7,4, perlakuan 8 mM 10 jam rata-rata sebanyak 7,2 dan yang paling sedikit rata-rata jumlah anakannya yaitu pada perlakuan kontrol sebesar 6,2. Hal ini menunjukkan bahwa mutasi EMS 16 mM pada semua lama perendaman berpengaruh meningkatkan jumlah anakan tanaman tebu. Khuluq dan Hamida (2013) mengatakan pertunasan atau keluarnya anakan tebu dimulai sejak tanaman berumur 5 minggu sampai 3 bulan. Kemudian pada minggu ke 20 akan terjadi penurunan sekitar 25-50% akibat anakan yang mati.



Batang tanaman tebu merupakan bagian terpenting karena mengandung nira, pada batang tebu mengandung jaringan parenkim berdinding tebal yang banyak mengandung cairan. Pertumbuhan batang tebu merupakan stadium terpenting yang sangat menentukan besarnya bobot tebu (Supriyadi, 2002). Hasil pengukuran diameter batang menunjukkan bahwa diameter batang tebu mutan lebih besar dibandingkan tebu kontrol. Hasil ini dapat dilihat pada (Gambar 4.4) bahwa rata-rata diameter batang terbesar terdapat pada perlakuan mutasi 16 mM 5 jam sebesar 2,36 cm, kemudian perlakuan 16 mM 10 jam dengan rata-rata diameter batang 2,34 cm, perlakuan kontrol dengan rata-rata diameter batang sebesar 2,2 cm, perlakuan 8 mM 5 jam sebesar 2,18 cm, dan rata-rata diameter batang terkecil terdapat pada perlakuan 8 mM 10 jam dengan rata-rata diameter batang 2,14 cm. Hal ini menunjukkan bahwa mutasi EMS 16 mM pada semua lama perendaman berpengaruh meningkatkan diameter batang tanaman tebu. Batang tanaman tebu ini akan terus mengalami pertambahan ukuran seiring dengan bertambahnya umur tanaman akibat pembelahan dan perbesaran sel yang bersifat *irreversible* (tidak dapat terbalikan) (Aryulina dkk., 2006). Berikut gambar batang tanaman tebu :



A

B

C



D

E

Gambar 4.9. Batang Tanaman Tebu Mutan dan Tebu Kontrol berumur 4 Bulan. (A) 8 mM 10 J, (B) 8 mM 5 J, (C) Kontrol, (D) 16 mM 10 J, (E) 16 mM 5 J.

Pada penelitian ini, selain melakukan pengamatan pertumbuhan tanaman tebu juga dianalisis kandungan biokimia berupa kandungan sukrosa dan gula reduksi pada daun tebu. Tujuan analisis sukrosa daun adalah untuk mengetahui besar kandungan sukrosa pada daun tebu, yang merupakan lokasi sintesis (pembentukan) sukrosa. Sukrosa merupakan hasil utama dalam proses fotosintesis yang dihasilkan dari asimilasi karbon (C) yang terjadi di daun. Sukrosa pada tanaman tebu terletak pada floem batang yang digunakan untuk pertumbuhan sel, respirasi, metabolisme atau penyimpanan (Hussain *et al.*, 2004). Akumulasi sukrosa pada batang tebu dimulai pada internoda yang sedang mengalami proses pemanjangan (*elongation*) sampai proses pemanjangan pada internoda berhenti (Lingle, 1997).

Pada (Gambar 4.5) menunjukkan bahwa tanaman tebu yang dimutasi dengan EMS menghasilkan kandungan sukrosa lebih tinggi dibandingkan tebu kontrol. Kandungan sukrosa tertinggi terdapat pada perlakuan mutasi 8 mM 5 jam ulangan ke 2 dengan kandungan sukrosa sebesar 3,16 mg/g, sedangkan kandungan sukrosa daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol ulangan ke 3 sebesar 0,73 mg/g. Sedangkan jika dibandingkan kandungan sukrosa antara tebu mutan,

perlakuan 16 mM 5 jam menghasilkan kandungan sukrosa yang relatif lebih stabil atau merata pada tiap ulangnya. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 4.6 bahwa rata-rata kandungan sukrosa daun tertinggi terdapat pada tebu mutasi 16 mM 5 jam sebesar 2,6 mg/g, kemudian tebu mutasi 8 mM 5 jam sebesar 2,39 mg/g, tebu mutasi 8 mM 10 jam sebesar 2,22 mg/g, tebu mutasi 16 mM 10 jam sebesar 2,21 mg/g, dan rata-rata kandungan sukrosa daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol sebesar 1,34 mg/g.

Hasil analisis kandungan sukrosa ini menunjukkan bahwa tebu-tebu mutan lebih banyak menghasilkan sukrosa dibandingkan tebu kontrol. Hasil ini diduga enzim-enzim yang terlibat dalam pembentukan sukrosa terutama SPS meningkat aktifitasnya. Miswar dkk (2007) mengatakan SPS adalah enzim utama yang berperan dalam biosintesis sukrosa dalam tanaman, sehingga aktivitas SPS yang tinggi di daun dapat menghasilkan sukrosa yang besar pula. Grof *et al* (1998) mengatakan besar kecilnya aktivitas SPS menentukan kandungan sukrosa daun. Dan berkorelasi positif dengan rasio sukrosa : pati daun (Galtier *et al.*, 1995). Hal ini terjadi akibat pemberian perlakuan mutasi EMS yang menyebabkan adanya perubahan genetik pada tanaman tebu mutan yang berpengaruh positif terhadap meningkatnya sintesis sukrosa didaun tanaman tebu.

Besarnya jumlah sukrosa yang dapat disimpan pada batang sangat ditentukan oleh selisih antara proses sintesis dan degradasi sukrosa. Metabolisme sukrosa diatur oleh beberapa enzim seperti *sucrose synthase* (SS), *sucrose phosphate synthase* (SPS), dan *invertase* (Int) (Lontom, 2008). Sukrosa disintesis di dalam sitosol yang dikatalisis oleh *sucrose phosphate synthase* (SPS). SPS termasuk enzim utama yang menentukan tanaman dalam sintesis sukrosa. Enzim ini mengkatalisis pembentukan *sucrose-6-phosphate* (suc6P) dari *fructose-6-phosphate* (F6P) dan *uridine-5-diphospho glucose* (UDPG). Selanjutnya *phosphate* pada suc6P diputus oleh *sucrose phosphate phosphatase* (SPP) sehingga dihasilkan sukrosa. *Sucrose synthase* (SS) dilaporkan turut berperan dalam biosintesis sukrosa, akan tetapi seberapa besar perannya belum diketahui pasti (Strum, 1999). Sedangkan enzim *invertase* lebih berperan dalam mengubah kandungan sukrosa menjadi gula fruktosa dan glukosa (Hatc *et al.*, 1963).



Selain pengukuran kandungan sukrosa, pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran kandungan gula reduksi daun. Gula reduksi merupakan golongan gula (karbohidrat) yang dapat mereduksi senyawa-senyawa penerima elektron, contohnya adalah glukosa dan fruktosa. Sukrosa dalam tanaman tebu mengalami proses sintesis dan hidrolisis. Hidrolisis sukrosa merupakan proses pemecahan (penguraian oleh air) yang dikatalisis oleh enzim invertase menjadi glukosa dan fruktosa (gula invert) (Sukarno, 2012). Proses ini merupakan proses yang penting dalam penyediaan substrat untuk proses glikolisis dan siklus krebs yang akan menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta berperan dalam pembentukan senyawa metabolit intermediet lainnya. Berdasarkan hasil pengukuran gula reduksi daun tanaman tebu menunjukkan bahwa gula reduksi daun tebu mutan lebih tinggi dibandingkan gula reduksi tebu kontrol. Tampak pada (Gambar 4.8) bahwa kandungan gula reduksi daun tertinggi terdapat pada perlakuan mutasi 8 mM 5 jam ulangan 2 sebesar 29,23 mg/g, sedangkan kandungan gula reduksi daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol ulangan 2 sebesar 3,51 mg/g. Hasil ini sama dengan hasil kandungan sukrosa daun, dimana kandungan sukrosa tertinggi juga terdapat pada perlakuan tebu mutasi 8 mM 5 jam ulangan ke 2 dan kandungan sukrosa daun terendah terdapat pada kontrol ulangan ke 2.

Pada (Gambar 4.9) menunjukkan bahwa perlakuan 16 mM 5 jam menghasilkan rata-rata kandungan gula reduksi daun tertinggi yaitu sebesar 20,14 mg/g, kemudian tebu mutasi 16 mM 10 jam sebesar 15,19 mg/g, tebu mutasi 8 mM 5 jam sebesar 14,91 mg/g, tebu mutasi 8 mM 10 jam sebesar 10,8 mg/g, dan rata-rata kandungan gula reduksi daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol sebesar 6,89 mg/g. Hasil ini menunjukkan bahwa pemecahan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana cukup tinggi terutama pada tebu mutan yang menghasilkan gula reduksi lebih tinggi dibanding tebu kontrol. Hal ini diduga terjadi peningkatan aktifitas enzim-enzim yang terlibat dalam perombakan karbohidrat akibat perlakuan mutasi EMS yang diberikan pada tebu mutan. Sukarno (2012) mengatakan umumnya gula pereduksi yang dihasilkan berhubungan erat dengan aktifitas enzim, dimana semakin tinggi aktifitas enzim

maka semakin tinggi pula gula pereduksi yang dihasilkan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perlakuan mutasi *Ethyle Methane Sulfonate* (EMS) berpengaruh positif dalam meningkatkan aktifitas enzim dalam menghasilkan gula pereduksi pada daun tebu mutan.





## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada tujuan dan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Mutasi menggunakan EMS (ethyle methane sulfonate) cenderung menurunkan tinggi dan jumlah ruas tanaman tebu mutan. Akan tetapi, cenderung meningkatkan diameter batang dan jumlah anakan tanaman tebu mutan.
2. Mutasi menggunakan EMS (ethyle methane sulfonate) menyebabkan peningkatan kandungan sukrosa dan gula reduksi pada daun tebu yang dimutasi. Rata-rata kandungan rata-rata kandungan sukrosa daun tertinggi terdapat pada tebu mutan perlakuan 16 mM 5 jam sebesar 2,6 mg/g. Rata-rata kandungan gula reduksi daun tertinggi terdapat pada tebu mutan perlakuan 16 mM 5 jam sebesar 20,14 mg/g.

### 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini, dalam melakukan penanaman sebaiknya dipastikan untuk menanam lebih sebagai sulaman jika ada tanaman yang mati.
2. Untuk membuktikan perubahan genetik pada tanaman mutan harus diuji dengan marka molekuler atau sitologi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aisyah, S. I. 2006. *Mutasi Induksi (dalam S. Sastrosumarjo Ed. ) Sitogenetika Tanaman*. IPB Press, Bogor.
- Anonim. 2008. *Agribisnis Tanaman Perkebunan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Anonim. 2013. *Kegiatan 2013 Untuk Terwujudnya Swasembada Gula Tahun 2014*. Jakarta : Disampaikan pada Musyawarah Rencana Pengembangan Tanaman Tahun 2013. Dirjen Perkebunan Kementerian Pertanian.
- Anonim. 2013. Upaya Pencapaian Swasembada Gula Nasional 2014. <http://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/?p=404>. [Diakses pada tanggal 17 Juni 2015]. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman.
- Anonim. 2013. *Sugar Research*. <http://www.sugarresearch.org/>. [Diakses pada tanggal 20 Agustus 2014].
- Anonim. 2014. *Produksi Gula hanya 25 Juta Ton*. [Agroindonesia.co.id/2014/07/23/produksi-gula-hanya-25-juta-ton/](http://agroindonesia.co.id/2014/07/23/produksi-gula-hanya-25-juta-ton/). [Diakses pada Tanggal 20 Agustus 2014]. Dirjen Perkebunan Kementerian Pertanian.
- Anonim. 2014. *Teknik Mutasi Untuk Pemuliaan Tanaman*. Litbang Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian. Bogor.
- Aryulina, D., M. Choirul., dan M. Syalinaf. 2006. *Biologi 3*. Esis, Jakarta.
- Bernes, A.C. 1974. The Sugarcane. 456 p. *Dalam* E. Utoyo. Pengaruh Perendaman Stek Tebu (*Saccharum officinarum* L.) dalam Larutan Urea Terhadap Perkecambahan dan Pertunasan. 2001. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Chopra, V.L. 2005. Mutagenesis : Investigating The Proses and Prossecing The Outcome for Crop Improvement. *Curr Sci*, 89 :353-359.
- Daisy.1994. *Teknik Kultur Jaringan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Filianty, F. 2007. Teknik Penghambatan Degradasi Sukrosa dalam Nira Tebu (*Saccarum officinarum*) Menggunakan Akar Kawao (*Millettia sericea*) dan Kulit Batang Manggis (*Garcinia mangostana* L.). Tesis. Institute Pertanian Bogor, Bogor
- Galtier, N., C.H. Foyer., E. Murchie., R. Alred., P. Quick., T.A. Voelker., C. Thepenier., G. Laseve., and T. Betsche. 1995. Effect of Light and Atmospheric Carbon Dioxide Enrichment on Photosynthesis and Carbon

- Partitioning in Leaves Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Plants Overexpression *Sucrose Phosphate Synthase*. *Exp. Bot*, 46 :1335-1344.
- Gaul, H. 1997. Mutagen Effects in the First Generation After Seed Treatment, Cytological Effects In Manual On Mutation Breeding. *IAEA*, 91-95.
- Greene., E.A. Codomo., C.A. Taylor., N.E. Henikoff., J.G. Tiil., B.J, Reynolds., S.H. Enns., L.C. Burtner., C. Johnson., J. E. Odden., A.R. Comai., and S. Henikoff. 2003. Spectrum of Chemically Induced Mutations from A Large Scale Reverse Genetics Screen in Arabidopsis. *Genetics*, 164 :731-740.
- Grof, C.P.L., J.L. Huber., S.D. McNeil., L.E. Lunn and J.A Campbell. 1998. A Modified Assay Method Show Leaf Sucrose Phosphate Synthase Activity is Correlated With Leaf Sucrose Content Across A Range Of Sugarcane Varieties. *Plant Physiol*, 25 :499-502.
- Hatch, M.D and K.T. Glasziou. 1963. Sugar Accumulation Cycle in Sugarcane. II. Relationship of Invertase Activity to Sugar Content and Growth Rate in Storage Tissue of Plants Grown in Controlled Environments. *Plant Physiol*, 38:344-348.
- Huber, S.C and J.L. Huber. 1996. Role And Regulation of Sucrose Phosphate Synthase in Higher Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47 :431-444.
- Hussain, A., Z.I. Khan., M. Y. Ghafoor., M. Ashraf., P. Parveen and M. H. Rashid. 2004. Sugarcane, Sugar Metabolism and Aome Abiotik Stress. *Agriculture and Biology*, 6 :732 -742.
- IAEA. 1977. *Manual on Mutation Breeding*. Techology Reproduction Seri No. 119 Second Edition Joint FAO/IAEA Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture : ISBN 92-0-115077-6.
- Kim, J.Y., A. Mahe., J. Brangeon and J. L. Prioul. 2000. A Maize Vacuolar Invertase (IVR2) is Induced by Water Stress, Organ/tissue Specificity and Diurnal Modulation of Expression. *Plant Physiol*, 124 :71-84.
- Khuluq, A.D dan Hamida. 2014. Peningkatan Produktivitas Rendemen Tebu Melalui Rekayasa Fisisologi Pertunasan. *Perspektif*, 13 :13-24.
- Koch, A.C., S. Ramgareeb., S. J. Snyman., M. P. Watt and R. S. Rutherford. 2009. Pursuing Herbicide Tolerance In Sugarcane : Screening Germplasm and Induction Through Mutagenesis. *S A Sugarcane Technol Ass*, 82 :629-632.

- Ku, M.S.B., Y.K. Murakami and M. Matsuoka. 1996. Update on photosynthetic gene expression: evolution and expression of C<sub>3</sub> photosynthesis genes. *Plant Physiol.* 111 :949-957.
- Langenkamper, G., R.W.M. Fung., R.D. Newcomb., R.G. Atkinson., R.C. Gardner and E.A. MacRae. 2002. Sucrose Phosphate Genes in Plant Belong to Three Different Families. *Mol. Evol.* 54 :322-332.
- Lingle, S.E. 1997. Seasonal Internode Development and Sugar Metabolism in Sugarcane. *Crop Science*, 37 :1222-1227.
- Lontom, W., M. Koitrakund and S.E. Lingle. 2008. Relationship of Acid Invertase Activities to Sugar Content in Sugarcane Internodes During Ripening and After Harvest. *Agricultural Science*, 41 :143 – 151.
- Lukito. 2008. *Tebu Sugarcane*. Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Medina., F.I.S, E. Amano and S. Tano. 2005. *Mutation Breeding Manual*. Japan : Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA).
- Micke, A and B. Donini. 1996. Induced mutation. p. 52–77. In M.D. Hayward, N.O. Bosemark, and I. Romagosa (Eds.). *Plant Breeding Principles and Prospects*. Chapman & Hall, London.
- Miswar. 2001. Aktifitas Enzim Metabolisme Sukrosa dan Perubahan Sintesis Protein Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Pada Kondisi Cekaman Garam (NaCl) Tinggi. *Laporan Penelitian*. Universitas Jember.
- Miswar, S. Bambang., H. Trihandoyo dan M. Sri Ayu. 2007. Peranan Sucrose Phosphate Synthase (SPS) dan Acid Invertase (AI) Internode Tebu (*Saccharum officinarum* L.) dalam Akumulasi Sukrosa. *Agritrop*, 26 :187-193.
- Priyono dan Susilo. A.W. 2002. Respons Regenerasi In Vitro Eksplan Sisik Mikro Kerk Lily (*Lilium longiflorum*) Terhadap *Ethyle Methane Sulfonate* (EMS). *Ilmu Dasar*, 3 :74-79.
- Purwati, R.D., Sudjindro, E. Kartini, dan Sudarsono. 2008. Keragaman Genetik Varian Abaka yang Diinduksi dengan *Ethyle Methane Sulfonate* (EMS). *Littri*, 14 :16-24.
- Qosim, W.A., N. Istifadah, I. Djatnika dan Yunitasari. 2012. Pengaruh Mutagen Ethyle Methane Sulfonat Terhadap Kapasitas Regenerasi Tunas Hibrida Phalaenopsis In Vitro. *Hortikultura*, 22 :360-365.



- Rohman, H., Taryono dan Supriyanta. 2014. Jumlah Anakan dan Rendemen Enam Klon Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Asal Bibit Bagal, Mata Ruas Tunggal, dan Mata Tunas Tunggal. *Vegetalika*, 3 :89 – 96.
- Salisbury, F.E and C.W Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Diterjemahkan oleh : Dr. Diah R. L dan dr. Sumaryono, msc.
- Sastrosumarjo, S. 2006. *Sitogenetika Tanaman*. IPB Press. Bogor.
- Shah, K., H. Din, R. Muhammad and Y. Zafar. 2009. Development of Sugarcane Mutants Through in vitro Mutagenesis. *Biological Science*, 3 :1123-1125.
- Soeranto, H dan T. M. Nakanishi. 2003. Obtaining Induced Mutations of Drought Tolerance in Sorghum. *Radioisotopes*, 52.
- Sturm, A. 1999. Invertases Primary Structures, Function, and Roles in Plant Development and Sucrose Partitioning. *Plant Physiol*, 121:1-7.
- Sudiatso, S. 1982. *Bertanam Tebu*. Departemen Agronomi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sukarno, E. 2012. *Gula Reduksi*. <http://www.GULAREDUKSI~Eko Suka Zone.htm/>. [Diakses pada tanggal 21 Mei 2015].
- Supriyadi, A. 1992. *Rendemen Tebu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Suzuki, D.T., A.J.F. Griffiths, J.H. Miller, and R.C. Lewontin. 1993. *An Introduction to Genetic Analysis*. W.H. Freeman and Co., New York.
- Van Harten, A. M. 1998. *Mutation Breeding, Theory and Practical Application*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Von Arnim, A. G. 2005. *Molecular Approaches to The Study of Plant Development*. Di dalam : Trigiona RN, Gray DJ, editor. *Plant Development and Biotechnology*. Danvers : CRC Press. London



LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Rata-Rata Tinggi Tanaman Tebu (cm)**

UL	Kontrol	8 mM 5 Jam	8 mM 10 Jam	16 mM 5 Jam	16 mM 10 Jam
1	241	211	226	201	216
2	239	221	238	211	232
3	235	224	243	208	213
4	236,5	223	227,5	209,5	238
5	240	226	241	218	236
Jumlah	1191,5	1105	1175,5	104,5	1135
Rata2	238,3	221	235,1	209,5	227

FK	1278934,81
JK Total	3762,94
JK Perlakuan	2660,94
JKG	1102

**Analisis Ragam Rata-Rata Tinggi Tanaman Tebu (cm)**

SK	dB	JK	KT	F-hitung	F- Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	2660,94	665,23	12,07**	2,87	4,43
Galat	20	1102,00	55,10			
Total	24	3762,94				

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat nyata

**Lampiran 2. Uji Duncan Tinggi Tanaman Tebu**

Perlakuan	Kontrol	8 mM 10 J	16 mM 10 J	8 mM 5 J	16 mM 5 J	Not
Kontrol	0					a
8 mM 10 J	3,4	0				ab
16 mM 10 J	11,5	8,1	0			bc
8 mM 5 J	17,5	14,1	6	0		c
16 mM 5 J	29	25,6	17,5	11,5	0	d

Perlakuan	2	3	4	5
Nilai Jarak R	2,95	3,1	3,18	3,25
Nilai Duncan 5%	9,79	10,29	10,56	10,79

**Lampiran 3. Data Rata-Rata Jumlah Ruas Tanaman Tebu**

UL	Kontrol	8 mM 5 Jam	8 mM 10 Jam	16 mM 5 Jam	16 mM 10 Jam
1	6	6	5	4	4
2	6	6	6	5	6
3	5	4	6	5	5
4	6	5	4	5	5
5	7	5	6	6	6
Jumlah	30	26	27	25	26
Rata2	6	5,2	5,4	5	5,2

FK 718,24  
 JK Total 15,76  
 JK Perlakuan 2,96  
 JKG 12,8

**Analisis Ragam Rata-Rata Jumlah Ruas Tanaman Tebu (cm)**

SK	dB	JK	KT	F-hitung	F- Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	2,96	0,74	1,16 ns	2.87	4.43
Galat	20	12,80	0,64			
Total	24	15,76				

Keterangan : ns = Tidak berbeda nyata

**Lampiran 4. Uji Duncan Jumlah Ruas Tanaman Tebu**

Perlakuan	Kontrol	8 mM 10 J	8 mM 5 J	16 mM 10 J	16 mM 5 J	Not
Kontrol	0					a
8 mM 10 J	0,6	0				a
8 mM 5 J	0,8	0,2	0			a
16 mM 10 J	0,8	0,2	0	0		a
16 mM 5 J	1	0,4	0,2	0,2	0	a

<b>Perlakuan</b>	2	3	4	5
<b>Nilai Jarak R</b>	2,95	3,1	3,18	3,25
<b>Nilai Duncan 5%</b>	1,06	1,11	1,14	1,16

**Lampiran 5. Data Rata-Rata Jumlah Anakan Tanaman Tebu**

UL	Kontrol	8 mM 5 Jam	8 mM 10 Jam	16 mM 5 Jam	16 mM 10 Jam
1	7	8	10	10	10
2	7	8	8	12	8
3	7	7	5	12	9
4	5	6	6	9	8
5	5	8	7	9	7
<b>Jumlah</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>42</b>
<b>Rata2</b>	<b>6,2</b>	<b>7,4</b>	<b>7,2</b>	<b>10,4</b>	<b>8,4</b>

FK	1568,16
JK Total	87,84
JK Perlakuan	50,64
JKG	37,2

**Analisis Ragam Rata-Rata Jumlah Anakan Tanaman Tebu (cm)**

SK	dB	JK	KT	F-hitung	F- Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	50,64	12,66	6,81**	2.87	4.43
Galat	20	37,2	1,86			
Total	24	87,84				

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat nyata

**Lampiran 6. Uji Duncan Jumlah Anakan Tanaman Tebu**

Perlakuan	16 mM 5 J	16 mM 10 J	8 mM 5 J	8 mM 10 J	Kontrol	Not
16 mM 5 J	0					a
16 mM 10 J	2	0				b
8 mM 5 J	3	1	0			bc
8 mM 10 J	3,2	1,2	0,2	0		bc
Kontrol	4,2	2,2	1,2	1	0	c

<b>Perlakuan</b>	2	3	4	5
<b>Nilai Jarak R</b>	2,95	3,1	3,18	3,25
<b>Nilai Duncan 5%</b>	1,80	1,89	1,94	1,98

**Lampiran 7. Data Rata-Rata Diameter Batang Tanaman Tebu**

UL	Kontrol	8 mM 5 Jam	8 mM 10 Jam	16 mM 5 Jam	16 mM 10 Jam
1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
2	2,2	2,2	2,1	2,4	2,2
3	2,2	2,3	2,2	2,5	2,4
4	2,3	2,1	2,1	2,4	2,5
5	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3
Jumlah	11	10,9	10,7	11,8	11,7
Rata2	2,2	2,18	2,14	2,36	2,34

FK	125,8884
JK Total	0,3616
JK Perlakuan	0,1976
JKG	0,164

**Analisis Ragam Rata-Rata Diameter Batang Tanaman Tebu (cm)**

SK	dB	JK	KT	F-hitung	F- Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	0,1976	0,0494	6,02 **	2.87	4.43
Galat	20	0,164	0,0082			
Total	24	0,36				

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat nyata

**Lampiran 8. Uji Duncan Diameter Batang Tanaman Tebu**

Perlakuan	16 mM 5 J	16 mM 10 J	Kontrol	8 mM 5 J	8 mM 10 J	Not
16 mM 5 J	0					a
16 mM 10 J	0,02	0				a
Kontrol	0,16	0,14	0			b
8 mM 5 J	0,18	0,16	0,02	0		b
8 mM 10 J	0,22	0,2	0,06	0,04	0	b

Perlakuan	2	3	4	5
Nilai Jarak R	2,95	3,1	3,18	3,25
Nilai Duncan 5%	0,11	0,12	0,13	0,13

**Lampiran 9. Data Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu**

Perlakuan	Ul.	Abs 520 nm	Sukrosa ( $\mu\text{g}/75\mu\text{l}$ )	Sukrosa ( $\mu\text{g}/20000\ \mu\text{l}$ )	Sukrosa ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	Sukrosa ( $\text{mg}/\text{g}$ )
0 mM	1	0.042	1.88	501.33	1002.67	1.00
	2	0.033	1.49	397.33	794.67	0.79
	3	0.03	1.37	365.33	730.67	0.73
	4	0.093	4.03	1074.67	2149.33	2.15
	5	0.091	3.95	1053.33	2106.67	2.11
8 mM 5 Jam	1	0.119	5.13	1368.00	2736.00	2.74
	2	0.138	5.93	1581.33	3162.67	3.16
	3	0.081	3.52	938.67	1877.33	1.88
	4	0.083	3.61	962.67	1925.33	1.93
	5	0.098	4.24	1130.67	2261.33	2.26
8 mM 10 Jam	1	0.086	3.73	994.67	1989.33	1.99
	2	0.088	3.82	1018.67	2037.33	2.04
	3	0.116	5.00	1333.33	2666.67	2.67
	4	0.089	3.86	1029.33	2058.67	2.06
	5	0.101	4.37	1165.33	2330.67	2.33
16 mM 5 Jam	1	0.123	5.30	1413.33	2826.67	2.83
	2	0.113	4.88	1301.33	2602.67	2.60
	3	0.102	4.41	1176.00	2352.00	2.35
	4	0.106	4.58	1221.33	2442.67	2.44
	5	0.121	5.21	1389.33	2778.67	2.78
16 mM 10 Jam	1	0.111	4.79	1277.33	2554.67	2.55
	2	0.083	3.61	962.67	1925.33	1.93
	3	0.105	4.54	1210.67	2421.33	2.42
	4	0.086	3.73	994.67	1989.33	1.99
	5	0.094	4.07	1085.33	2170.67	2.17



**Lampiran 10. Data Rata-Rata Kandungan Sukrosa daun Tanaman Tebu**

UL	Kontrol	8 mM 5 Jam	8 mM 10 Jam	16 mM 5 Jam	16 mM 10 Jam
1	1	2,74	1,99	2,83	2,55
2	0,79	3,16	2,04	2,6	1,93
3	0,73	1,88	2,67	2,35	2,42
4	2,15	1,93	2,06	2,44	1,99
5	2,11	2,26	2,33	2,78	2,17
Jumlah	6,78	11,97	11,09	13	11,06
Rata2	1,36	2,39	2,22	2,6	2,21

FK	116,2084
JK Total	8,5326
JK Perlakuan	4,5038
JKG	4,0288

**Analisis Ragam Rata-Rata Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu (mg)**

SK	dB	JK	KT	F-hitung	F- Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	4,50	1,13	5,59**	2,87	4,43
Galat	20	4,03	0,20			
Total	24	8,53				

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat nyata

**Lampiran 11. Uji Duncan Kandungan Sukrosa Daun Tanaman Tebu**

Perlakuan	16 mM 5 J	8 mM 5 J	8 mM 10 J	16 mM 10 J	Kontrol	Not
16 mM 5 J	0					a
8 mM 5 J	0,21	0				a
8 mM 10 J	0,38	0,17	0			ab
16 mM 10 J	0,39	0,18	0,01	0		ab
Kontrol	1,25	1,04	0,87	0,86	0	c

Perlakuan	2	3	4	5
Nilai Jarak R	2,95	3,1	3,18	3,25
Nilai Duncan 5%	0,59	0,62	0,64	0,65

**Lampiran 12. Data Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu**

Perlakuan	Ul.	Abs 560 nm	GR ( $\mu\text{g}/75\mu\text{l}$ )	GR ( $\mu\text{g}/20000\ \mu\text{l}$ )	GR ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	GR ( $\text{mg}/\text{g}$ )
0 mM	1	0.136	35.27	2821.60	5643.20	5.64
	2	0.09	21.95	1756.00	3512.00	3.51
	3	0.144	37.59	3007.20	6014.40	6.01
	4	0.313	86.53	6922.40	13844.80	13.84
	5	0.132	34.11	2728.80	5457.60	5.46
8 mM 5 Jam	1	0.35	97.24	7779.20	15558.40	15.56
	2	0.645	182.66	14612.80	29225.60	29.23
	3	0.143	37.30	2984.00	5968.00	5.97
	4	0.239	65.10	5208.00	10416.00	10.42
	5	0.303	83.63	6690.40	13380.80	13.38
8 mM 10 Jam	1	0.177	47.14	3771.20	7542.40	7.54
	2	0.317	87.68	7014.40	14028.80	14.03
	3	0.376	104.77	8381.60	16763.20	16.76
	4	0.214	57.86	4628.80	9257.60	9.26
	5	0.152	39.91	3192.80	6385.60	6.39
16 mM 5 Jam	1	0.568	160.37	12829.60	25659.20	25.66
	2	0.294	81.02	6481.60	12963.20	12.96
	3	0.417	116.64	9331.20	18662.40	18.66
	4	0.513	144.44	11555.20	23110.40	23.11
	5	0.453	127.07	10165.60	20331.20	20.33
16 mM 10 Jam	1	0.473	132.86	10628.80	21257.60	21.26
	2	0.357	99.27	7941.60	15883.20	15.88
	3	0.366	101.87	8149.60	16299.20	16.30
	4	0.331	91.74	7339.20	14678.40	14.68
	5	0.183	48.88	3910.40	7820.80	7.82

**Lampiran 13. Data Rata-Rata Kandungan Gula Reduksi daun Tanaman Tebu**

UL	Kontrol	8 mM 5 Jam	8 mM 10 Jam	16 mM 5 Jam	16 mM 10 Jam
1	5,64	15,56	7,54	25,66	15,88
2	3,51	29,23	14,03	12,96	21,26
3	6,01	5,97	16,76	18,66	16,3
4	13,84	10,42	9,26	23,11	14,68
5	5,46	13,38	6,39	20,33	7,82
Jumlah	34,46	74,56	53,98	100,72	75,94
Rata2	6,89	14,91	10,80	20,14	15,19

FK	4614,76
JK Total	1136,25
JK Perlakuan	499,63
JKG	636,62

**Analisis Ragam Rata-Rata Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu (mg)**

SK	dB	JK	KT	F-hitung	F- Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	499,63	124,91	3,92*	2.87	4.43
Galat	20	636,62	31,83			
Total	24	1136,25				

Keterangan : \* = Berbeda nyata

**Lampiran 14. Uji Duncan Kandungan Gula Reduksi Daun Tanaman Tebu**

Perlakuan	16 mM 5 J	16 mM 10 J	8 mM 5 J	8 mM 10 J	Kontrol	Not
16 mM 5 J	0					a
16 mM 10 J	4,95	0				a
8 mM 5 J	5,23	0,28	0			ab
8 mM 10 J	9,34	4,39	4,11	0		bc
Kontrol	13,25	8,3	8,02		0	c

Perlakuan	2	3	4	5
Nilai Jarak R	2,95	3,1	3,18	3,25
Nilai Duncan 5%	7,44	7,82	8,02	8,20

**Lampiran 15. Foto Penelitian**

**Lampiran 15a. Perawatan Tanaman Tebu**



**Lampiran 15b. Pengukuran Tinggi Tanaman Tebu**





**Lampiran 15c. Pengukuran Diameter Batang Tanaman Tebu**



**Lampiran 15d. Pengambilan Sampel Daun Tebu Untuk Analisis Kandungan Sukrosa Daun dan Kandungan Gula Reduksi Daun**





**Lampiran 15d. Pengambilan Supernatan Daun Tebu Untuk Analisis Kandungan Sukrosa Daun dan Kandungan Gula Reduksi Daun**



**Lampiran 15e. Kegiatan Spektro Sampel Sukrosa Daun dan Gula Reduksi Daun Tebu**



Lampiran 15f. Hasil Ekstrak Sukrosa Daun Tebu



Lampiran 15g. Hasil Ekstrak Gula Reduksi Daun Tebu

