



**EKSPRESI SUKROSA PHOSPHATE SYNTHASE  
DAN ACID INVERTASE PADA BATANG  
BEBERAPA VARIETAS TEBU**  
(*Saccharum officinarum* L.)

**KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)**



Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana (S1) Jurusan Agronomi pada Fakultas Pertanian Universitas Jember

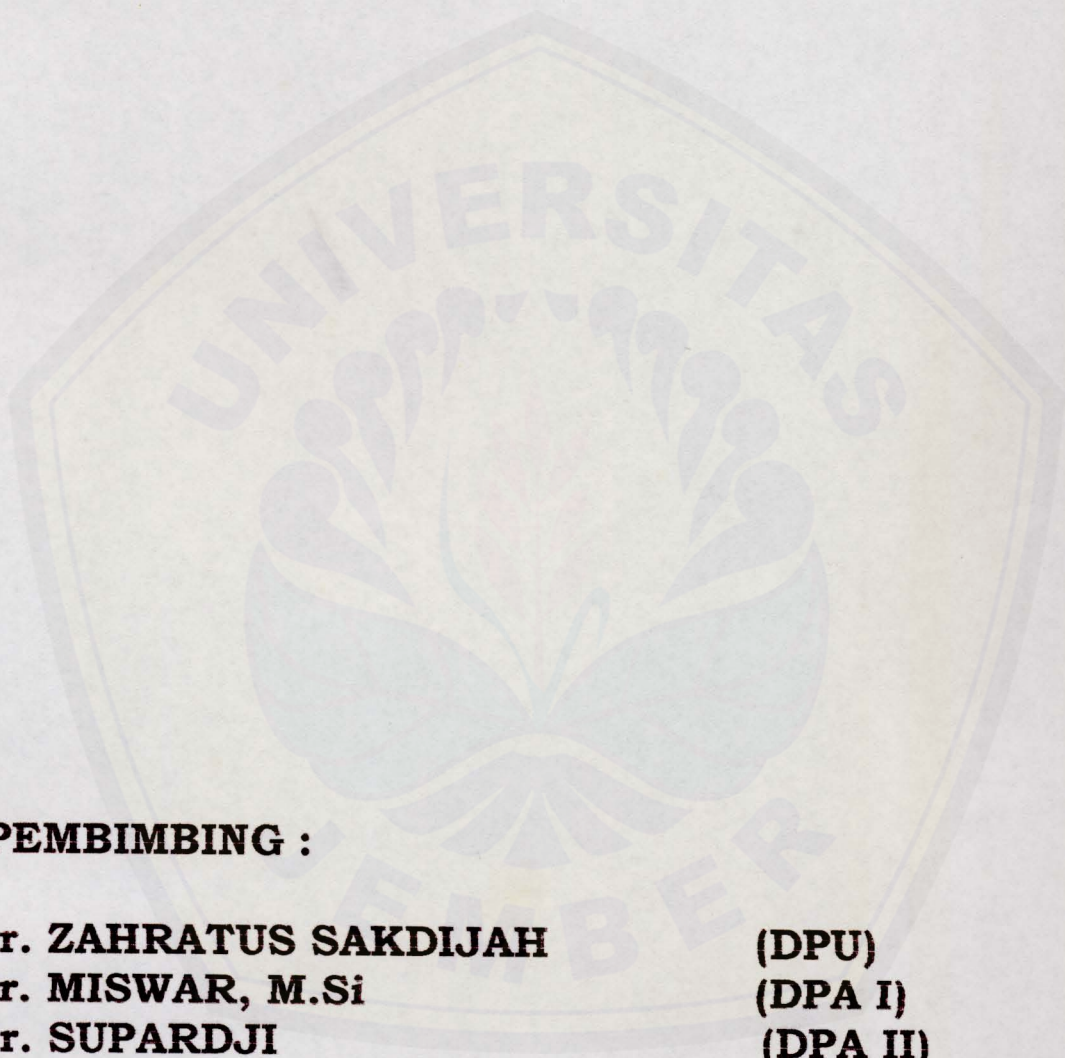
Oleh :

**SRI AYU MADE**  
NIM. 9515101087

Asal :	Radiah	Klas
Terima Tgl :	11 SEP 2000	581.1
No. Induk :	10.2.2096	MAD
		e

S  
L73

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**  
Juli 2000



**PEMBIMBING :**

<b>Ir. ZHRATUS SAKDIJAH</b>	<b>(DPU)</b>
<b>Ir. MISWAR, M.Si</b>	<b>(DPA I)</b>
<b>Ir. SUPARDJI</b>	<b>(DPA II)</b>



**MOTTO**

***Siapa Mengamalkan Perkara Yang Diketuinya Allah Akan  
Menganugerahkan Kepadanya Pengetahuan Tentang Perkara-perkara  
yang Belum Diketuinya***

***(Al Hadits)***

***Berharap Tanpa Berusaha Adalah Sia-Sia Dan  
Cita-Cita Akan Tercapai Jika Kita Terus Mau Melangkah***

***(Ade'97)***

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Karya Ilmiah Tertulis ini kepada :

Ayahanda Kunadji dan Ibunda Riati tersayang yang selalu memberikan do'a serta dorongan dan semangat untuk keberhasilanku.

Pendamping hidupku Agus Pujianto yang selalu mendampingi dalam kesedihan dan kebahagiaanku.

Saudara-Saudaraku ananda Hadi Ranika, Tri Reni Masyta, Moh. Sofyan yang selalu memberikan keceriaan dalam langkahku.



Diterima oleh  
Fakultas Pertanian Universitas Jember  
Sebagai  
Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada :

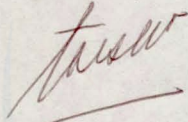
Hari : Senin

Tanggal : 31 Juli 2000

Tempat : Fakultas Pertanian  
Universitas Jember

Tim Penguji

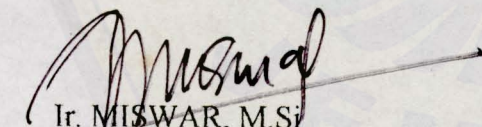
Ketua,



Ir. ZHRATUS SAKDIJAH

NIP. 130 890 068

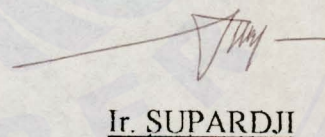
Anggota I,



Ir. MISWAR, M.Si

NIP. 131 880 473

Anggota II



Ir. SUPARDJI

NIP. 130 890 067

Mengesahkan

Dekan,



Ir. Hj. SITI HARTANTI, MS

NIP. 130 350 763



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, penulis panjatkan ke hadirat Allah swt atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan Karya Ilmiah Tertulis yang berjudul “**Ekspresi Sucrose Phosphate Synthase dan Acid Invertase pada Batang Beberapa Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.)**” dapat terselesaikan dengan baik.

Karya Ilmiah Tertulis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Strata Satu di Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Penyelesaian pelaksanaan penelitian dan penulisan karya ini telah banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Ir. Hartanti, MS.**, selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember beserta staf pengajar yang ada dan karyawan yang telah membantu penulis selama ini.
2. **Dr. Ir. M. Setyo Poerwoko, MS.**, selaku Ketua Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menyelesaikan studi di Fakultas Pertanian.
3. **Ir. Zahratu Sakdijah** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan perhatian dan bimbingannya diantara kesibukan beliau.
4. **Ir. Miswar, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Anggota I yang telah memberikan perhatian dan bimbingannya diantara kesibukan beliau
5. **Ir. Supardji** selaku Dosen Pembimbing Anggota II yang telah memberikan perhatian dan bimbingannya.
6. **Dr. Ir. Bambang Sugiharto, MagrSc** Ketua Pusat Penelitian Biologi Molekuler Universitas Jember atas fasilitas yang telah diberikan.
7. Semua Dosen di Laboratorium Pusat Penelitian Biologi Molekuler Universitas antara lain Bapak **Tri Handoyo, SP** dan lainnya yang telah memberikan masukan dan sarannya.



8. Kepala Perpustakaan Fakultas Pertanian Universitas Jember beserta staf, yang telah memberikan segala fasilitas dan bantuannya.
9. Kepala Perpustakaan beserta seluruh staf Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) yang telah memberikan bantuannya selama penelitian.
10. Teman-temanku “ MILENIUM CLUB” **Netty, Yanto, Sigit, Junaedi, Susy, Husni, Hamida, Febti dan lainnya** yang tak mungkin ditulis satu persatu.
11. Sobat-sobatku di **Galeri 77A, ( winol, irma, diano, pro-v kid, nung dan ning, mbak lut, mimin )** terima kasih atas bantuannya.
12. Sobat Seperjuanganku **Utami, Titin, Devie, Nanang, Arief gondrong, Junaedi, dan sobat-sobat terbaikku Agro'95** yang tidak tersebut diatas terima kasih atas segalanya.

Akhirnya, penulis hanya bisa mengucapkan terima kasih banyak dan berharap semoga apa yang telah kami hasilkan ini dapat bermanfaat dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

Jember, Juli 2000

Sri Ayu Made





DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>PENGESAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>RINGKASAN</b> .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Proses Fotosintesis pada Tanaman Tebu.....	4
2.2 Pengaturan Akumulasi Sukrosa oleh Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dan Acid Invertase (AI).....	5
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	9
3.2 Bahan dan Alat.....	9
3.3 Rancangan Penelitian.....	9
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	10
3.4.1 Penanaman dan Pemeliharaan.....	10
3.4.2 Pengambilan Sampel.....	10
3.4.3 Ekstraksi Enzim.....	10
3.5 Pengamatan.....	12

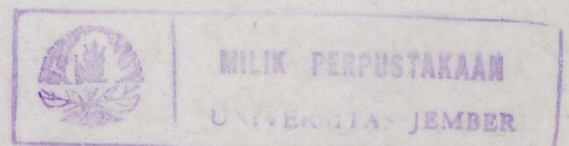


3.5.1 Pengukuran Aktivitas Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS).....	12
3.5.2 Pengukuran Aktivitas Enzim Acid Invertase (AI) .....	12
3.5.3 Penentuan Kandungan Total Protein Terlarut.....	13
3.5.4 Penentuan Kandungan Sukrosa .....	13
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian .....	14
4.1.1 Akumulasi Sukrosa pada Batang Tebu .....	14
4.1.2 Aktivitas Enzim SPS dan Enzim AI.....	15
4.1.3 Hubungan antara Aktivitas Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dengan Kandungan Sukrosa..	17
4.1.4 Hubungan antara Aktivitas Enzim AI dengan Kandungan Sukrosa.....	19
4.1.5 Hubungan antara Aktivitas Enzim AI dengan Enzim SPS.....	21
4.2 Pembahasan.....	24
<b>V. KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



DAFTAR SINGKATAN

<b>SPS</b>	<b>: Sukrosa Phosphate Synthase</b>
<b>AI</b>	<b>: Acid Invertase</b>
<b>EDTA</b>	<b>: Ethyl Diamin Tetra Acid</b>
<b>DTT</b>	<b>: Dithio Threithol</b>
<b>PEG</b>	<b>: Poly Ethylene Glycol</b>
<b>PVP</b>	<b>: Polyvinil (poly) Pirrolidone</b>
<b>F-6-P</b>	<b>: Fruktosa-6-Phosphate</b>
<b>G-6-P</b>	<b>: Glukosa-6-Phosphate</b>
<b>UDPG</b>	<b>: Uridin Diphosho-Glukosa</b>
<b>Mops</b>	<b>: 3 (N-Morpoline) Propanesul</b>
<b>TPT</b>	<b>: Total Protein Terlarut</b>
<b>Fw</b>	<b>: fresh weight (berat segar)</b>





**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Proses Asimilasi karbon dan Sintesis Sukrosa pada Tanaman C4.....	8
Gambar 2. Bagan Proses Kerja Ekstraksi Enzim .....	11
Gambar 3. Kandungan Internode ke-1, ke-3 dan ke-5 pada 11 Varietas Tanaman Tebu.....	15
Gambar 4. Aktivitas Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) Tiap-tiap Internode pada 11 Varietas yang digunakan.....	16
Gambar 5. Aktivitas Enzim Acid Invertase (AI) Tiap-tiap Internode pada 11 Varietas yang digunakan .....	17
Gambar 6. Hubungan antara Aktivitas Enzim SPS dengan Kandungan Sukrosa pada Tiap Internode Batang Masing-masing Varietas .	18
Gambar 7. Hubungan antara Aktivitas Enzim AI dengan Kandungan Sukrosa pada Tiap Internode Batang Masing-masing Varietas .	20
Gambar 8. Hubungan antara Aktivitas Enzim AI dan SPS pada Tiap Internode Batang Masing-masing Varietas.....	21



## RINGKASAN

SRI AYU MADE ( NIM: 9515101087). Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember. “ **Ekspresi Sucrose Phosphate Synthase dan Acid Invertase pada Batang Beberapa Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.)** ”. Dosen Pembimbing Ir. Zahratus Sakdijah dan Ir. Miswar, Msi

Tanaman tebu adalah tanaman penghasil sukrosa yang dapat digunakan untuk memproduksi gula. Meningkatnya kebutuhan penduduk akan konsumsi gula mendorong adanya peningkatan produksi gula baik secara kuantitatif atau kualitatif. Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dan Acid Invertase (AI) mempunyai karakteristik yang berbeda. SPS merupakan enzim yang utama berperan dalam sintesis sukrosa pada tanaman tebu, sedangkan AI adalah pendegradasi sukrosa. Perbedaan karakteristik kedua enzim tersebut sangat berpengaruh pada produksi gula.

Penelitian yang berjudul **Ekspresi Sucrose Phosphate Synthase dan Acid Invertase pada Batang Beberapa Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.)** bertujuan untuk mengetahui besarnya aktivitas SPS dan AI, serta hubungan antara SPS, AI dan kandungan sukrosa pada batang beberapa varietas tebu.

Penelitian dilaksanakan di greenhouse Pusat Penelitian Biologi Molekuler Universitas Jember. Analisa enzim dilakukan di laboratorium Biologi Molekuler universitas Jember. Penelitian dimulai bulan mei 1999 sampai maret 2000. Sampel yang digunakan diambil dari ruas batang tanaman tebu pada internode ke-1, ke-3 dan ke-5. Varietas yang digunakan sebanyak 11 varietas. Pengamatan yang dilakukan antara lain analisa enzim SPS, AI, kandungan total protein terlarut dan kandungan sukrosa pada batang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya umur internode batang, aktivitas SPS dan AI semakin menurun. Penurunan aktivitas SPS dan AI terlihat pada semua varietas yang digunakan. Hubungan antara SPS, AI dan kandungan sukrosa memperlihatkan hubungan yang berbanding terbalik. Semakin bertambahnya umur internode kandungan sukrosa semakin meningkat, sedangkan aktivitas SPS dan AI semakin menurun.



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman penghasil gula utama, sedangkan kebutuhan gula di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat (Hubard *et al.*, 1989). Pada masa kemerdekaan Indonesia pernah meraih swasembada gula pada tahun 1984, tetapi posisi ini sulit dipertahankan. Indikasinya adalah import gula meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 1994 misalnya, import gula sebesar 130 ribu ton meningkat menjadi 1,8 juta ton pada tahun 1998. Periode 1987-1996 rata-rata pertumbuhan import sebesar 22 persen per tahun. Meningkatnya import gula tidak saja karena merosotnya produksi gula dalam negeri tetapi juga meningkatnya konsumsi gula akibat dari peningkatan pendapatan dan penambahan penduduk (Anonim, 1999).

Peningkatan produksi gula sangat dipengaruhi oleh kandungan sukrosa pada batang tanaman tebu. Kandungan sukrosa pada tanaman tebu sangat tergantung pada banyak faktor diantaranya adalah tingkat asimilasi karbon dan tingkat biosintesis sukrosa pada daun tanaman tebu. Kesemuanya terjadi selama proses fotosintesis, hasil utama yang diperoleh adalah *starch* (pati) dan sukrosa (Anderson dan Beardall, 1991). Pati disintesis dan disimpan dalam kloroplas dan dapat ditranslokasikan ke sel lain setelah diubah menjadi sukrosa, sedangkan sukrosa disintesa di sitosol dan langsung dikirim ke sel lain untuk dimanfaatkan.

Dalam tanaman tebu, enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS, EC 2.4.1.14), Sukrosa Synthase (SS) dan Acid Invertase (AI, EC 3.2.1.26) merupakan enzim yang menentukan akumulasi sukrosa dalam batang tebu. Pada awalnya diduga bahwa sukrosa synthase merupakan enzim yang mensintesis sukrosa dalam daun tanaman tebu. Pada penelitian berikutnya diketahui bahwa sukrosa phosphate synthase merupakan enzim utama yang menentukan biosintesis sukrosa dengan kemampuan aktivitas memproduksi sukrosa 10% lebih tinggi daripada aktivitas enzim sukrosa synthase (Kohler *et al.*, 1988).



Akumulasi sukrosa ditentukan oleh keseimbangan antara biosintesis sukrosa yang dikatalis oleh enzim sukrosa phosphate synthase dan degradasi sukrosa yang dikatalis oleh enzim acid invertase (Miron dan Scaffer, 1990). Pada tanaman tomat diketahui bahwa peningkatan kandungan sukrosa selain berhubungan dengan peningkatan aktivitas enzim sukrosa phosphate synthase juga berhubungan dengan penurunan aktivitas enzim acid invertase atau sukrosa synthase (Michaud *et al.*, 1992).

Akumulasi sukrosa pada melon ditentukan oleh hubungan antara aktivitas enzim sukrosa phosphate synthase (biosintesis sukrosa) dan aktivitas enzim acid invertase (pendegradasi sukrosa) serta sukrosa synthase. Enzim sukrosa phosphate synthase berperan dalam sintesis sukrosa, apabila aktivitas enzim sukrosa phosphate synthase meningkat maka enzim acid invertase yang berperan dalam pengdegradasian sukrosa akan mengalami penurunan (Huber *et al.*, dalam Miron dan Schaffer, 1990).

Berdasarkan uraian diatas dapat diketahui bahwa enzim yang berperan dalam akumulasi sukrosa pada batang tebu adalah sukrosa phosphate synthase dan acid invertase. Pada tanaman tebu, batang merupakan tempat penimbunan sukrosa hasil kiriman dari sel-sel fotosintetik, sehingga dipandang perlu dilakukan penelitian tentang seberapa besar kontribusi enzim sukrosa phosphate synthase dan acid invertase terhadap akumulasi sukrosa di batang tebu. Penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan sebagai informasi yang bermanfaat dalam upaya untuk meningkatkan produksi gula yang ada sekarang ini.

## 1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui besarnya aktivitas Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dan Acid Invertase (AI) pada batang beberapa varietas tebu.
2. Untuk mengetahui hubungan antara aktivitas Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dan Acid Invertase (AI) dengan kandungan sukrosa pada batang beberapa varietas tebu.



### 1.3 Perumusan Masalah

Produk akhir pada tanaman tebu adalah sukrosa yang terdapat pada batang tanaman (sebagai organ penimbunan sukrosa) dari hasil fotosintesis pada sel-sel fotosintetik. Permasalahannya adalah pada batang terdapat 2 enzim yang mempunyai fungsi mensintesis dan mendegradasi sukrosa sehingga sangat penting sekali untuk diteliti dan dipelajari. Keberadaan enzim pendegradasi sukrosa tersebut akan menyebabkan produksi gula dalam batang mengalami penurunan. Sukrosa didegradasi menjadi gula-gula sederhana sehingga kandungan sukrosa dalam batang dapat mengalami penurunan. Untuk mengetahui fenomena tersebut perlu dilakukan penelitian tentang aktivitas enzim sukrosa phosphate synthase sebagai enzim yang mensintesis sukrosa dan enzim acid invertase sebagai enzim pendegradasi sukrosa yang ada pada batang tanaman tebu.

### 1.4 Hipotesis

1. Sukrosa phosphate synthase pada batang tebu memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas Acid Invertase.
2. Terdapat hubungan antara enzim sukrosa phosphate synthase dengan enzim acid invertase yang mempengaruhi kandungan sukrosa pada batang beberapa varietas tebu.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Proses Fotosintesis pada Tanaman Tebu

Sebagian besar spesies tanaman C-4 adalah monokotil (terutama rerumputan dan teki), walaupun lebih dari 300 spesies merupakan dikotil. Tebu, jagung dan sorgum yang termasuk tanaman pertanian yang penting, serta berbagai rumput pakan ternak (terutama dilintang selatan) tergolong tumbuhan C4 (Salisbury dan Ross, 1995).

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) secara morfologi dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu batang, daun, akar dan bunga. Tebu merupakan tanaman perkebunan semusim yang mempunyai sifat tersendiri, sebab di dalam batangnya terdapat zat gula. Tanaman tebu termasuk keluarga rumput-rumputan (*Graminae*) seperti halnya tanaman padi, glagah, bambu dan lain-lain (Supriyadi, 1992). Menurut anonim (1992) tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuhnya tegak. Tanaman yang tumbuh baik tingginya dapat mencapai 3-4 meter atau lebih. Mulai dari pangkal sampai ujung batangnya mengandung gula (sukrosa) dengan kadar yang bervariasi.

Dibandingkan tanaman C3, tanaman tebu mempunyai efisiensi fotosintesis lebih tinggi pada kondisi yang optimal, seperti temperatur dan intensitas sinar. Tanaman C4 lebih produktif karena pada jenis ini tidak ditemukan proses fotorespirasi, yaitu suatu proses pemborosan energi seperti pada tanaman C3 (Sugiharto, 1992). Kondisi demikian memungkinkan pengembangan tebu di daerah tropis, terutama dalam usaha meningkatkan produksi gula mempunyai peluang yang besar.

Pada tanaman spesies C4 terdapat pembagian kerja antara 2 macam sel fotosintesis yaitu, sel mesofil dan sel seludang berkas (*bundle sheat cell*). Kedua sel itu berperan untuk menghasilkan sukrosa, pati dan produk tumbuhan lainnya (Campbell dan Black dalam Salisbury dan Ross, 1995). Anderson dan Beardall (1991) menyatakan bahwa asimilasi karbon anorganik ( $\text{CO}_2$ ) terjadi pada sel mesofil yang dikatalisis oleh enzim fosfoenolpiruvat karboksilase (PEPC) dan



menghasilkan senyawa organik beratom C4. Selanjutnya bahwa senyawa karbon tersebut dikirimkan ke sel *bundle sheat cell* dan mengalami dekarboksilasi CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> hasil dekarboksilasi yang dikatalisis oleh enzim riboluse-1,5-bisfosfat karboksilase/oxygaenase(rubisco) difiksasi kembali menjadi fosfogliseraldehid (PGA). Senyawa PGA kemudian diubah menjadi triose-P yang selanjutnya dikirim ke sitosol dan diubah menjadi fructose 6-P. Sebagian fructose 6-P dikonversi menjadi glucose 6-P yang dikatalisis oleh enzim phosphofructose isomerase yang akhirnya diubah menjadi uridine diphospho glucose (UDPG). Fructose 6-P dan UDPG selanjutnya oleh enzim SPS disintesa menjadi sukrosa fosfat. Sukrosa fosfat kemudian diubah menjadi sukrosa oleh enzim phosphatase yang kemudian diekspor ke sel lain atau organ-organ penyimpanan melalui floem (Sonnewald dan Wilmitzer, 1992). Proses asimilasi karbon dan sintesis sukrosa terdapat pada Gambar 1.

Sukrosa penting terutama karena lazim dijumpai dan terdapat melimpah ditumbuhan dan kita juga mengkonsumsinya sangat banyak dalam bentuk gula. Sukrosa adalah sumber energi di sel fotosintesis dan dengan mudah diangkut melalui floem menuju jaringan yang sedang tumbuh. Sintesis sukrosa berlangsung di sitosol bukan di kloroplas tempat berlangsungnya daur calvin (Salisbury and Ross, 1995).

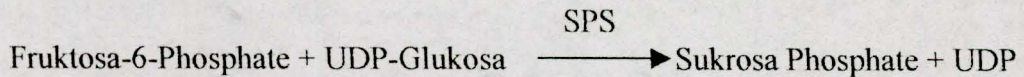
## **2.2 Pengaturan Akumulasi Sukrosa oleh Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dan Acid Invertase (AI)**

Pembentukan sukrosa pada tanaman tebu tergantung dari banyak faktor, terutama adalah tingkat asimilasi carbon dan tingkat sintesis sukrosa pada sel daun tanaman tebu. Terdapat beberapa enzim yang berperan terhadap akumulasi sukrosa, diantaranya sukrosa phosphate synthase (SPS), sukrosa synthase (SS), acid invertase (AI) dan neutral invertase (NI) (Nathalie *et al.*, 1989).

Pada jaringan fotosintetik biosintesis sukrosa selain ditentukan oleh jumlah unsur karbon yang diasimilasi, juga oleh aktivitas enzim pembentuk sukrosa, sukrosa phosphate synthase (Huber dan Huber, 1992). Sukrosa phosphate synthase merupakan enzim yang sangat penting dalam biosintesis sukrosa dan

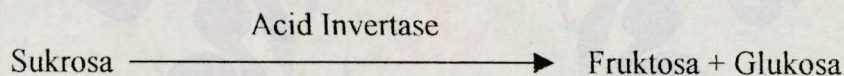


menentukan kemampuan daun untuk mensintesis sukrosa dan kemudian menstraslokasikan hasil fotoasimilat tersebut untuk pertumbuhan bagian tanaman yang lain (Walker dan Huber, 1989). Enzim sukrosa phosphate synthase mengkatalisis reaksi :



(Bruneau *et al.*, 1991). Rocher *et al.* (1989) melaporkan bahwa aktivitas total dari enzim sukrosa phosphate synthase pada tanaman jagung berkorelasi dengan tingkat pertumbuhan tanaman.

Acid invertase merupakan enzim pendegradasi sukrosa pada tanaman (Huber, dalam Sugiarto *et al.*, 1996). Menurut Zinselmeier *et al.* (1999) proses kerja acid invertase seperti pada bagan dibawah ini :



Aktivitas Acid Invertase biasanya tinggi pada jaringan yang pertumbuhannya cepat seperti pada sel dan jaringan ujung tanaman, ujung akar dan pada internode batang yang masih muda (Zhu *et al.*, 1997). Menurut Ranwala *et al.* (1991), aktivitas Acid Invertase sangat tinggi pada buah yang belum masak dan akan mengalami kemunduran yang sangat cepat seiring dengan adanya akumulasi sukrosa pada buah yang matang. Pada tanaman tomat diketahui bahwa peningkatan kandungan sukrosa selain berhubungan dengan peningkatan aktivitas enzim sukrosa phosphate synthase juga berhubungan dengan penurunan aktivitas enzim acid invertase (Dali *et al.*, 1992).

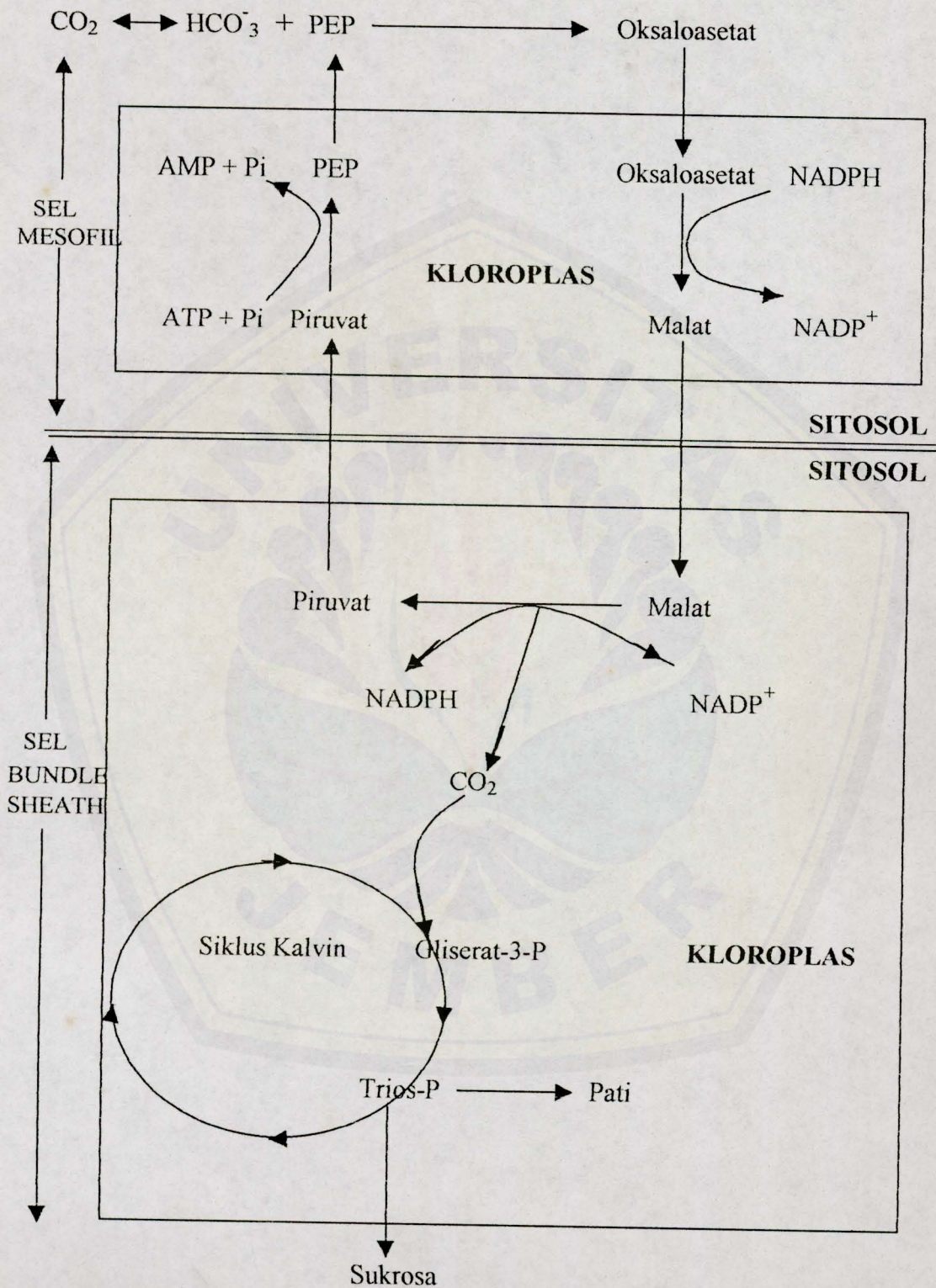
Spesies yang mengakumulasi sukrosa biasanya mempunyai aktivitas enzim acid invertase yang tinggi (Huber, 1989). Aktivitas enzim acid invertase relatif tinggi dan mengalami penurunan aktivitas pada saat sukrosa terakumulasi, hal ini terjadi pada saat pertumbuhan awal pada gula beet, tebu dan *sweet melon* (Miron dan Schaffer, 1990). Menurut Hubard *et al.* dalam Miron dan Schaffer (1990) menyatakan bahwa akumulasi sukrosa pada tanaman melon ditentukan



oleh hubungan antara aktivitas enzim sukrosa phosphate synthase (biosintesis sukrosa) dan aktivitas enzim acid invertase (penyebab penurunan sukrosa).







Gambar 1. Proses Asimilasi Karbon dan Biosintesis Sukrosa pada Tanaman C4



## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di greenhouse Pusat Penelitian Biologi Molekuler Universitas Jember dengan ketinggian tempat kurang lebih 89 m dpl. Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei 1999 sampai dengan Maret 2000

### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan tanam yang digunakan adalah tanaman tebu varietas PS 41, PS 59, PS 60, PS 82.887, PS 77-1553, PS 82-3605, POJ 3016, RT/3/391, AC 6852, BOT 54, V 4001 yang berasal dari P3GI Pasuruan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sigma (USA) dan Merck (Jerman), antara lain aquadest, nitrogen cair, reaction mixture untuk pengukuran aktivitas enzim SPS dan AI, HCl, resorsinol, reagen nelson-somogy dan lain-lain. Alat yang digunakan antara lain mikropipet Buckmann 20, 200 dan 1000  $\mu$ l, timbangan analitis, waterbath, tabung reaksi, stopwatch, spektrofotometer dan lain-lain.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Tanaman tebu sebanyak 11 varietas yang berbeda ditanam masing-masing dengan satu tanaman. Kesimpulan diambil dengan hasil perhitungan absorbansi spektrofotometer dengan menggunakan regresi menurut Djarwadi dan subagio (1989) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

dimana :     x     = besarnya absorbansi yang ditunjukkan spektrofotometer  
              Y     = kandungan sucrosa atau protein terlarut dalam sample



### **3.4 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.4.1 Penanaman dan Pemeliharaan**

Bibit tanaman tebu yang berjumlah 11 varietas dengan bentuk bibit bagal dikecambahkan terlebih dahulu pada media pasir yang bersih selama  $\pm 1$  bulan. Sementara mengecambahkan, disiapkan media tanam tanah kering angin yang disiapkan pada pot yang berdiameter  $\pm 45$  cm. Setelah bibit berkecambah, dilakukan pemindahan dari pembibitan ke dalam pot yang telah disediakan. Masing-masing pot diisi 1 buah bibit yang telah siap di tanam. Pemeliharaan yang dilakukan antara lain penyiraman, pemupukan, pendangiran dan pemberantasan hama yang ada.

#### **3.4.2 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan pada saat tanaman tebu tersebut berumur 9 bulan dari penanaman dan diambil antara pukul 11.00 sampai dengan 13.00 WIB. Batang yang diambil dibedakan menjadi batang internode ke-1, internode ke-3 dan internode ke-5, kemudian disimpan didalam nitrogen cair. Pengambilan untuk internode ke-1 ditandai dengan adanya daun yang paling muda dan sudah membuka, setelah adanya daun paling muda yang masih menggulung. Internode ke-3 pengambilannya dihitung berdasarkan letak internode ke-1.

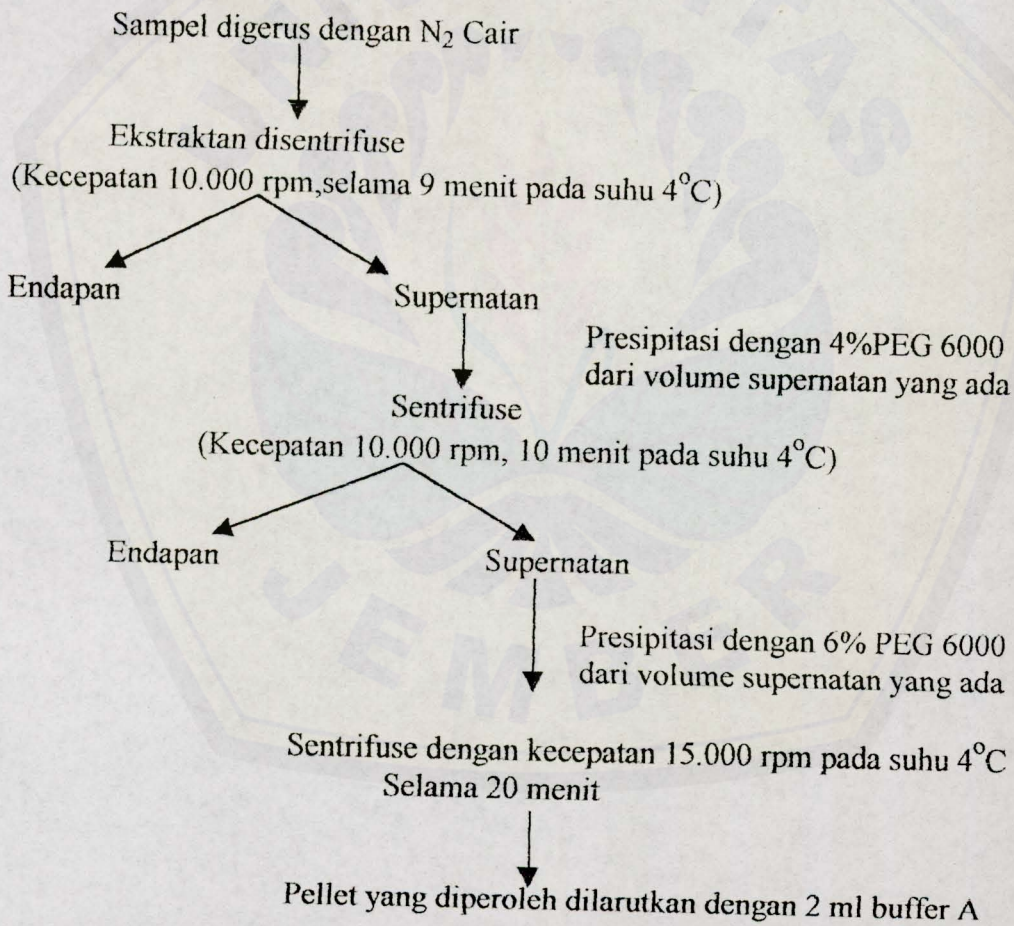
#### **3.4.3 Ekstraksi Enzim**

Batang dari tiap internodes sebanyak  $\pm 8$  gram digerus menggunakan Mortar-Stumper dingin dengan  $N_2$  cair, setelah halus ditambahkan larutan buffer ekstraksi dengan volume sebanyak 2 kali berat sampel. Buffer ekstraksi untuk protein SPS dan AI komposisinya adalah 50 mM Mops-NaOH (pH 7,5), 10 mM  $MgCl_2$ , 1mM EDTA, 5 mM DTT, 2% PEG 20.000, Triton 0,2 % dan 10% PVP.

Ekstraktan disentrifuse dengan kecepatan 10.000 rpm selama 9 menit pada suhu  $4^{\circ}C$ , kemudian diambil supernatannya. Protein dalam supernatan dipresipitasi dengan menggunakan 4% PEG 6.000 dari volume supernatan dan disentrifuse dengan



kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada suhu 4°C. Protein pada supernatan juga dipresipitasi dengan 6% PEG 6.000 dan disentrifuse dengan kecepatan 15.000 rpm selama 20 menit pada suhu 4°C dan pellet yang didapatkan dari hasil sentrifuse tersebut dilarutkan dengan buffer A yang komposisinya 50 mM MOPS – NaOH (pH 7,5), 10 mM MgCl<sub>2</sub>, Tween 80 (v/v) 0,1 %, 10 % ethylene glycol dan 2,5 mM DTT jika akan digunakan. Crude ekstrak disaring dengan kolom kromatografi Sephadex G-25 yang sudah diequilibrisasi dengan larutan buffer pada suhu 4°C. Aktivitas enzim diukur menggunakan spektrofotometer pada temperatur 30°C. Bagan urutan kerja ekstraksi enzim seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Proses Kerja Ekstraksi Enzim



### 3.5 Pengamatan

#### 3.5.1 Pengukuran Aktivitas Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS)

Aktivitas enzim SPS diukur menurut metode yang disebutkan Kohler *et al.* (1988). Ekstraktan yang telah disaring menggunakan kolom kromatografi Sephadex G-25 diukur aktivitas enzimnya. Larutan penguji (*Assay mixture*) sebanyak 70  $\mu$ l yang mengandung 50 mM Mops-NaOH (pH 7.5), 15 mM  $MgCl_2$ , 0,1 M Fructose-6-Phosphate, 0,1 M Glucose-6-Phosphate, 0,1 M UDP-Glucose ditambahkan dengan 50  $\mu$ l sampel protein. Kemudian campuran tersebut diinkubasikan selama 0, 10 dan 20 menit pada suhu 30°C. Reaksi dihentikan dengan menambahkan 0,1 N NaOH sebanyak 70  $\mu$ l dan dipanaskan selama 10 menit pada suhu 100°C. Setelah dingin, ditambahkan 250  $\mu$ l resorsinol 0,1% dalam ethanol 95% dan 750  $\mu$ l HCL 30 % kemudian diinkubasi lagi pada suhu 80°C selama 8 menit. Penentuan aktivitas enzim dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran absorbansi sampel protein pada panjang gelombang 520 nm dengan absorbansi yang diperoleh dari standart sukrosa 3 mM dengan volume pengambilan yang bertingkat diawali dari 0, 5, 15, 30, dan 50  $\mu$ l. Satu unit enzim SPS didefinisikan sejumlah enzim yang dapat menghasilkan sukrosa (mM) permenit pada suhu 30°C

#### 3.5.2 Pengukuran Aktivitas Enzim Acid Invertase (AI)

Aktivitas enzim ditentukan menurut metode Arai *et al.* (1991). Aktivitas enzim Acid Invertase diukur dalam larutan penguji (*reaction mixture*) 250  $\mu$ L, yang mengandung 25 mM Mops-NaOH (pH 5.5), 100 mM sukrosa dan 50  $\mu$ L enzim. Campuran diinkubasi pada suhu 30°C selama 0, 10 dan 20 menit dan dihentikan dengan menambahkan 250  $\mu$ l reagent nelson, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 20 menit.

Setelah dingin menambahkan 250  $\mu$ L Arsen, kemudian volume dijadikan 3.125ml dengan menambahkan aquadest. Absorbansinya diukur pada panjang



gelombang 760 nm. Penentuan aktivitas enzim dihitung dengan membandingkan standart fruktosa 5mM dengan volume pengambilan yang bertingkat 0, 5, 15, 30, dan 50  $\mu$ l. Satu unit enzim AI didefinisikan sejumlah enzim yang dapat menghasilkan gula reduksi (mM) permenit pada suhu 30°C

### **3.5.3 Penentuan Kandungan Total Protein Terlarut (TPT)**

Kandungan total protein terlarut diukur menurut metode Bradford (1976) dengan BSA sebagai standart protein dengan konsentrasi 0, 5, 10, 20, 40 dan 60 $\mu$ l.

### **3.5.4 Penentuan Kandungan Sukrosa**

Sukrosa pada batang diperoleh dengan mengekstrak sampel batang yang ada  $\pm$  2 gram dengan menambahkan ethanol sebanyak 50 ml, kemudian memanaskan pada suhu 80°C dengan menggunakan pendingin balik sampai sukrosanya larut dalam ethanol yang ada. Kemudian menyaring hasil yang didapatkan dengan menggunakan kertas saring sehingga mendapatkan supernatan. Supernatan kemudian dievaporator memisahkan ethanol dan sukrosa. Hasil akhirnya adalah pellet yang berupa sukrosa yang kemudian ditambahkan air sebanyak 2 ml dan siap untuk dianalisa. Sebelum menganalisa eluet yang diperoleh diencerkan terlebih dahulu agar bisa terbaca absorbannya. Kandungan sukrosanya diukur dengan menambahkan 250  $\mu$ L reagent resorsinol (1% dalam ethanol 95%) dan 750  $\mu$ L HCl 30% pada 100  $\mu$ L eluet yang telah diencerkan, kemudian mengikubasi campuran tersebut selama 8 menit pada suhu 80°C. Kandungan sukrosa diukur absorbansinya pada panjang gelombang 520 nm dan standart sukrosa 3 mM sebagai pembanding.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

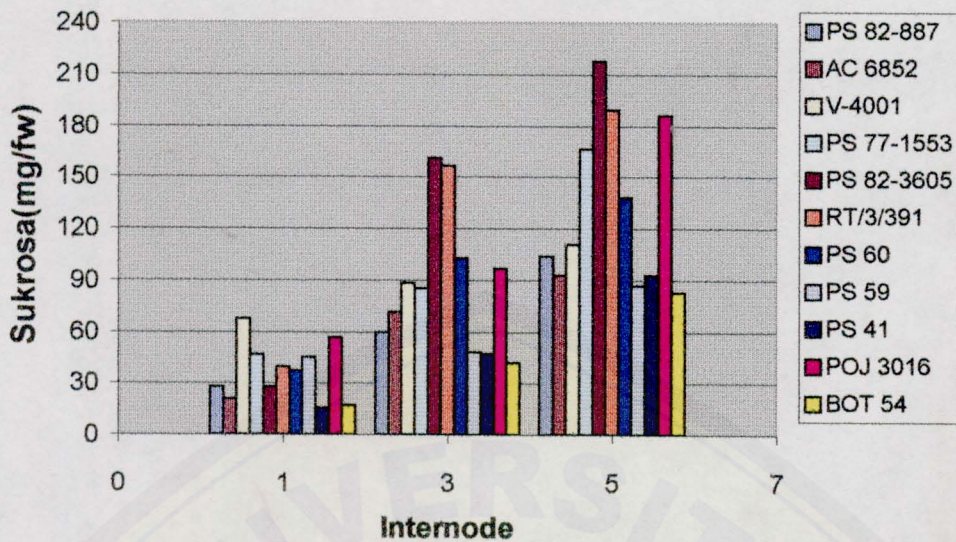
### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Akumulasi Sukrosa pada Batang Tebu

Penelitian ini mengamati sebanyak 11 varietas tebu yang berasal dari P3GI antara lain : PS 82-3605, RT/3/391, POJ 3016, PS 77-1553, PS 60, PS 59, V-4001, PS 82-887, PS 45, AC 6852, dan BOJ 54. Pemanenan dilakukan pada saat tanaman tebu berumur 9 bulan, dimana pada umur 9-12 bulan merupakan fase kemasakan. Pertumbuhan mulai mengalami penurunan, dimana pembentukan ruas dan daun baru makin lambat. Fase kemasakan ini juga menyebabkan air dan nitrogen makin kurang diserap oleh tanaman, sedangkan unsur lain tetap dibutuhkan. Sejalan dengan menurunnya pertumbuhan vegetatif, juga terjadi penimbunan gula (sukrosa) di dalam batang.

Kandungan sukrosa ditentukan oleh besarnya sukrosa yang terbentuk perberat basah sampel internode batang yang diambil pada semua varietas yang digunakan. Akumulasi sukrosa dianalisa perinternode pada tiap varietas tebu yang ada. Internode yang diamati adalah internode ke-1, ke-3 dan internode ke-5. Kandungan sukrosa perinternode pada 11 varietas tebu secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 memperlihatkan kandungan sukrosa pada tiap internode akan semakin besar seiring dengan semakin bertambahnya umur internode. Menurut (Supriyadi, 1992) proses kemasakan tebu berjalan dari internode ke internode, tergantung pada umurnya. Kadar sukrosa terbesar terdapat pada pangkal batang tebu diatas tanah. Bagian pucuk dan pangkal batang dibawah permukaan tanah kandungan sukrosanya terendah. Berdasarkan data yang didapatkan, kandungan sukrosa tertinggi terdapat pada internode ke-5 varietas PS 82-3605 (217,685 mg/fw) dan berturut mengalami penurunan internode ke-3 (160 mg/fw) dan internode ke-1 (27,871 mg/fw). Kandungan sukrosa terendah yang terdapat pada internode ke-5 varietas BOJ 54 (82,933 mg/fw), internode ke-3 (41,929 mg/fw) dan internode ke-1 (17,095 mg/fw).





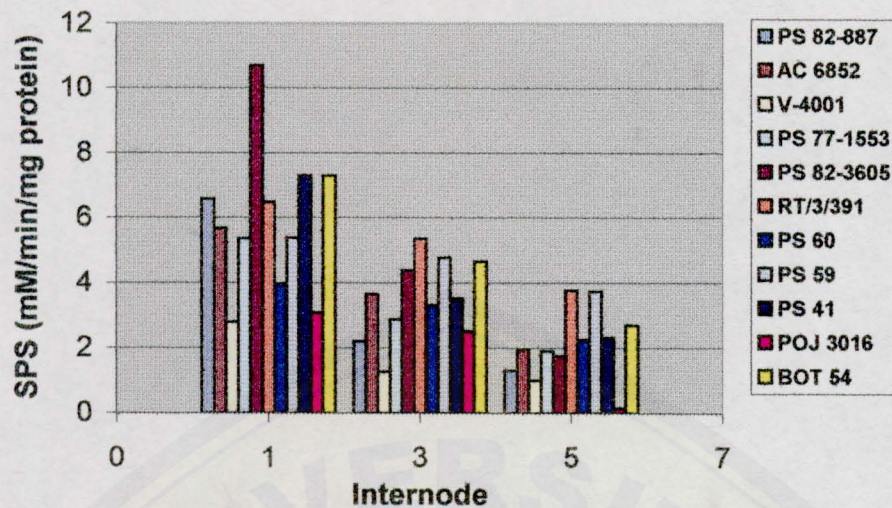
Gambar 3. Kandungan Sukrosa Internode Ke-1, Ke-3 Dan Ke-5 Pada 11 Varietas Tanaman Tebu.

#### 4.1.2 Aktivitas Enzim SPS dan Enzim AI

Aktivitas enzim SPS ditentukan berdasarkan sintesa sukrosa fosfat, sedangkan aktivitas enzim AI diukur berdasarkan jumlah gula reduksi yang terbentuk dari pemecahan sukrosa. Enzim hanya bereaksi dengan substrat yang sesuai, maka besarnya sukrosa dan gula reduksi yang terbentuk menunjukkan besarnya aktivitas enzim yang ada dalam sampel batang.

Aktivitas enzim SPS dalam jaringan batang tanaman tebu dianalisa setelah tanaman berumur 9 bulan, dan pengambilan sampel dilakukan pada pukul 11.00-13.00 WIB. Hal ini dilakukan untuk bisa mendapatkan aktivitas enzim SPS tertinggi pada keadaan tersebut. Semua aktivitas enzim dikalkulasikan dalam bentuk satuan unit ( $\text{mMmenit}^{-1}\text{mg}^{-1}\text{TPT}$ ). Aktivitas enzim SPS tiap internode pada semua varietas diperlihatkan pada gambar 4.





Gambar 4. Aktivitas Enzim Sucrose Phosphate Synthase (SPS) Tiap-Tiap Internode Pada 11 Varietas Yang Digunakan.

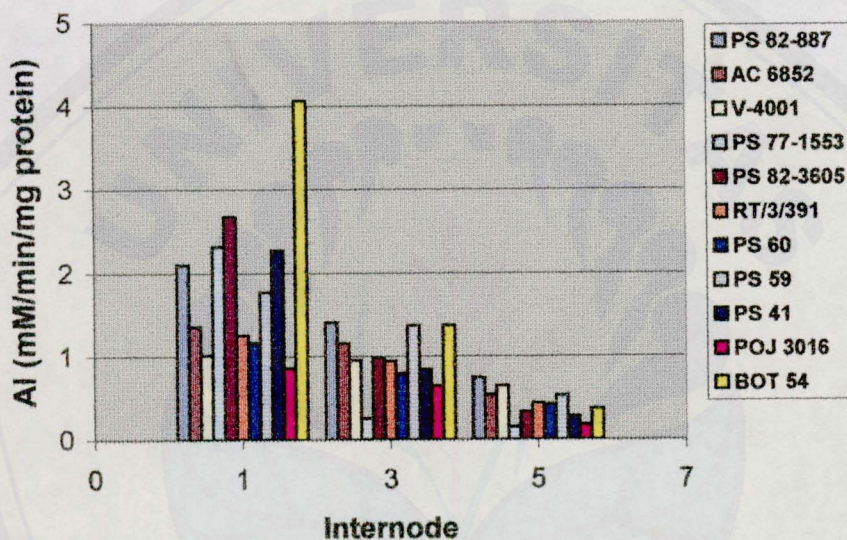
Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa aktivitas enzim SPS pada semua varietas untuk tiap-tiap internodenya selalu mengalami penurunan. Semakin bertambah umur internode yang digunakan maka aktivitas enzim SPS semakin menurun. Aktivitas enzim SPS terbesar terdapat pada internode ke-1 ( $10,687 \text{ mM menit}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ ) varietas PS 82-3605 dan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya umur internode. Penurunan aktivitas enzim SPS tersebut juga terjadi pada semua varietas yang digunakan.

Berdasarkan data-data yang didapat terlihat bahwa aktivitas enzim SPS pada tiap internode untuk tiap-tiap varietas tidak tetap. Artinya jika pada internode ke-1 aktivitas enzim SPS terbesar, maka aktivitasnya pada internode ke-3 dan ke-5 tidak akan selalu terbesar. Begitu juga sebaliknya jika aktivitas enzim SPS pada internode ke-1 nilainya terkecil belum tentu nilai aktivitasnya terkecil juga pada internode ke-3 dan ke-5. Hal ini menunjukkan bahwa besar kecilnya aktivitas enzim dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain oleh faktor lingkungan tempat tanaman tersebut tumbuh, umur panen dan varietas yang digunakan.

Pada Gambar 5 diperlihatkan aktivitas enzim AI untuk semua varietas yang digunakan pada tiap internode batang tebu, semakin menurun aktivitasnya



seiring dengan semakin bertambahnya umur internode. Keadaan tersebut hampir sama dengan keadaan yang terjadi pada aktivitas enzim SPS. Aktivitas enzim AI terbesar terdapat pada internode ke-1 ( $4,060 \text{ mMmenit}^{-1}\text{mg}^{-1}\text{TPT}$ ) varietas BOJ 54. Penurunan aktivitas terjadi seiring dengan semakin bertambahnya umur internode pada semua varietas yang digunakan. Hal ini didukung oleh pendapat Zhu et al.,(1997) bahwa aktivitas enzim AI bervariasi disebabkan oleh pengaruh umur internode dan varietas, dengan aktivitas terbesar pada internode yang paling atas (Internode ke-1).

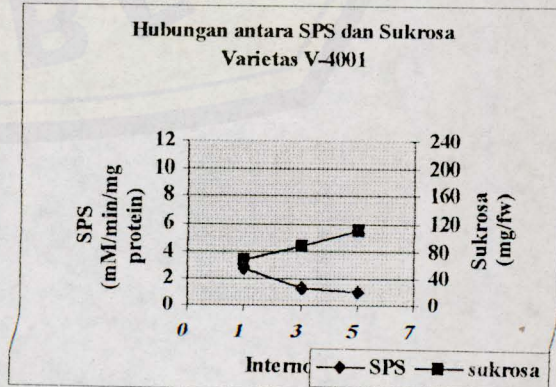
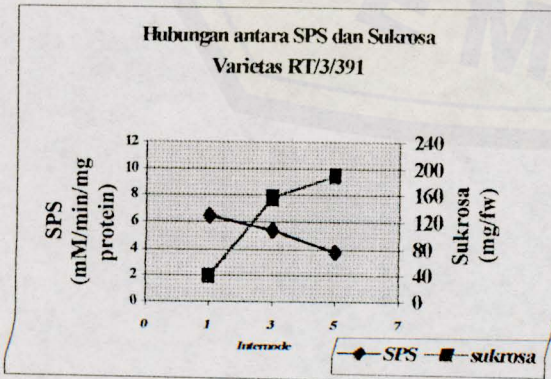
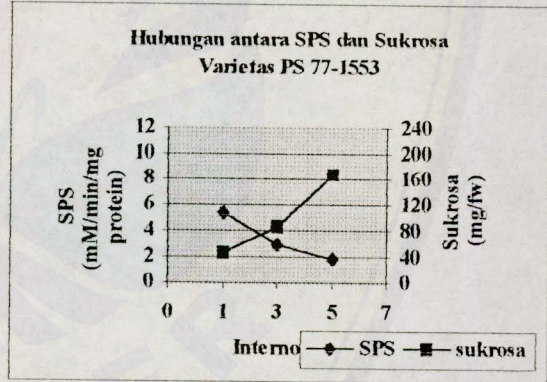
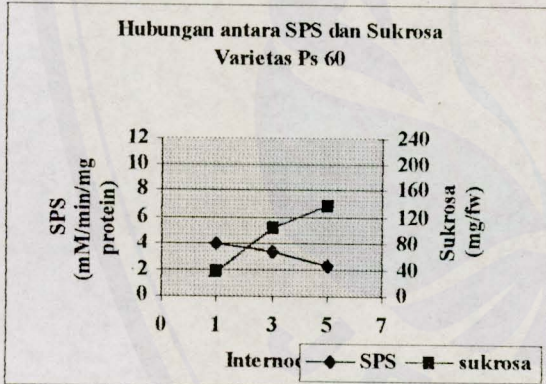
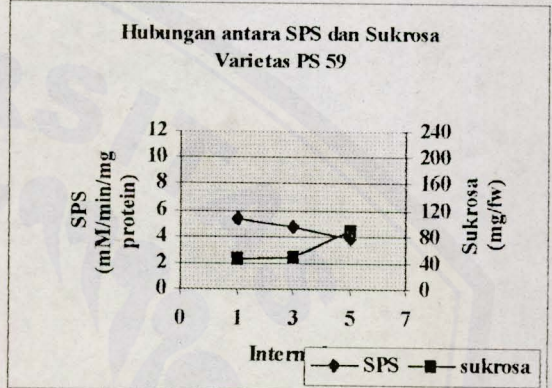
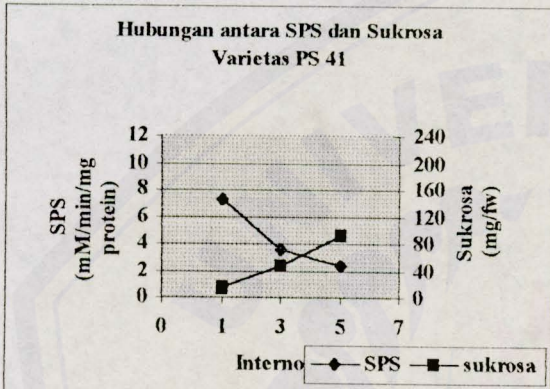
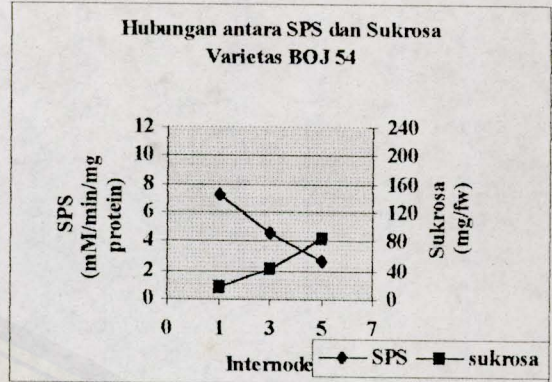
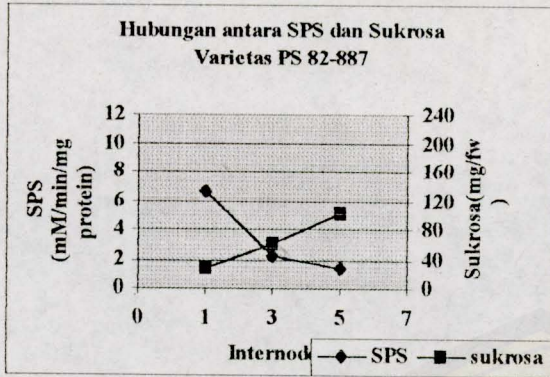


Gambar 5. Aktivitas Enzim Acid Invertase (AI) Tiap-Tiap Internode Pada 11 Varietas Tanaman Tebru

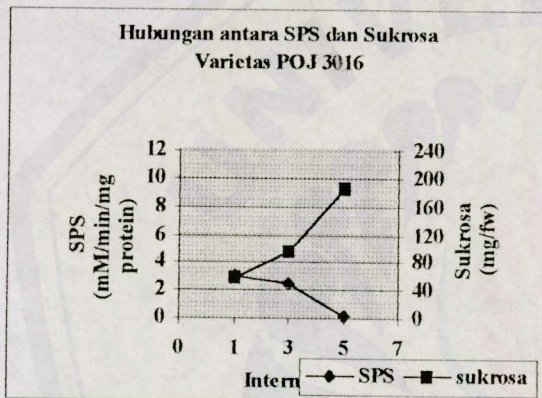
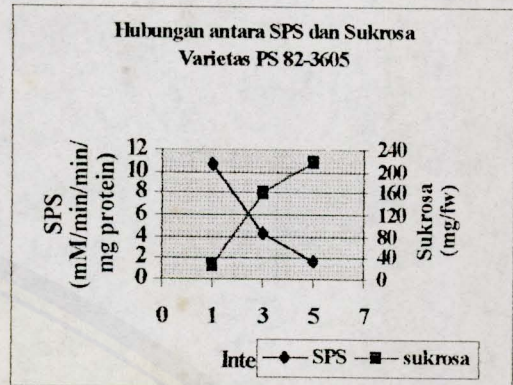
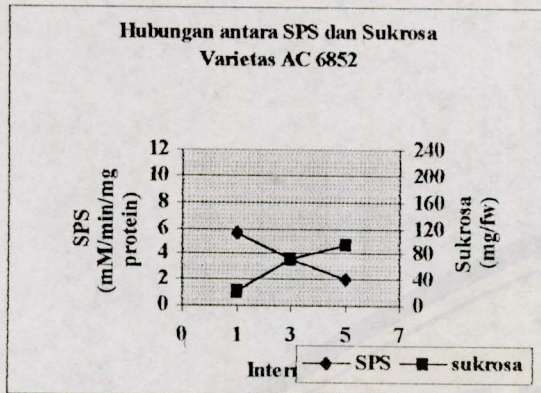
#### 4.1.3 Hubungan antara Aktivitas Enzim Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) dengan Kandungan Sukrosa

Enzim SPS merupakan enzim yang berhubungan erat dengan proses sintesa sukrosa fosfat yang pada akhirnya akan terbentuk menjadi sukrosa. Gambar 6 memperlihatkan adanya hubungan yang berbanding terbalik antara aktivitas enzim SPS dengan kandungan sukrosa. Artinya semakin bertambah umur internode kandungan sukrosa semakin bertambah, tetapi aktivitas enzim SPS semakin menurun.







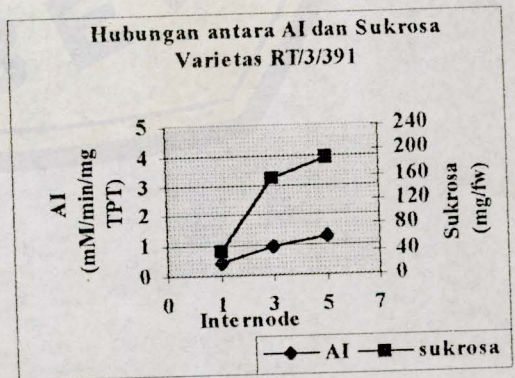
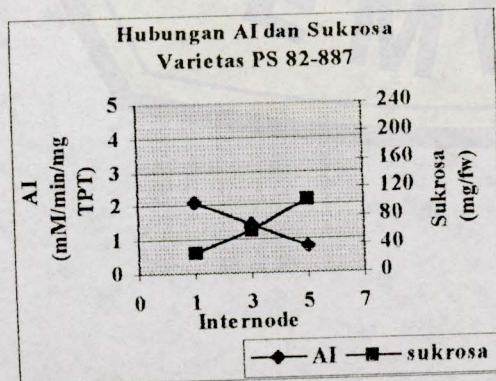
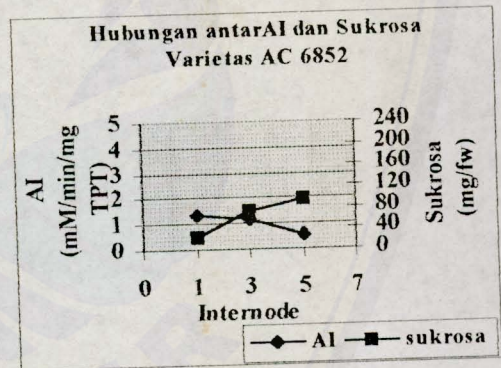
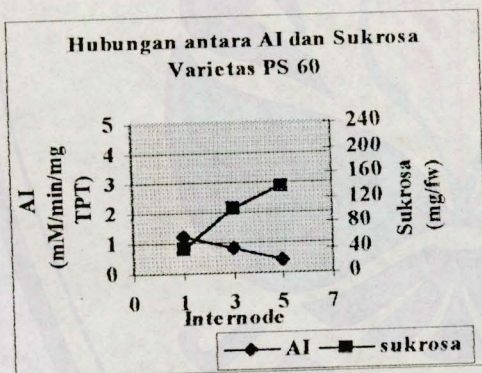
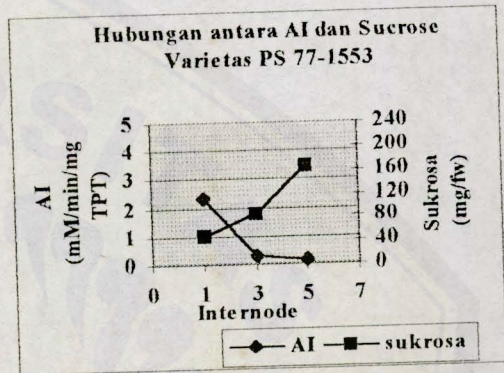
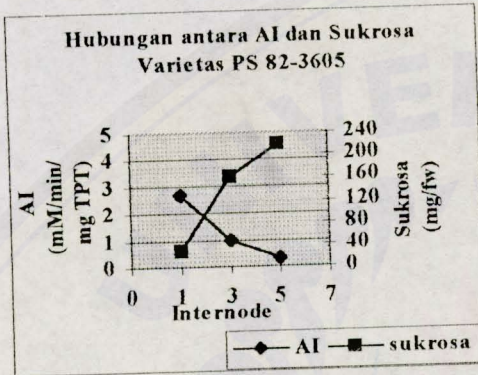
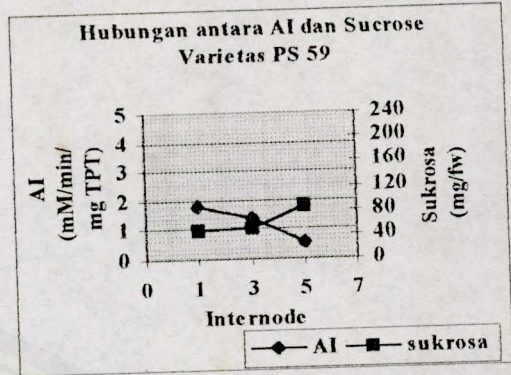
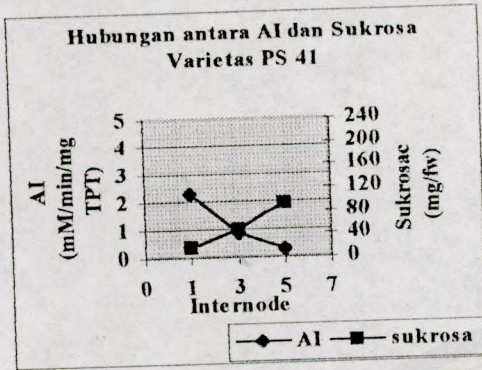


Gambar 6. Hubungan Antara Aktivitas Enzim SPS Dengan Kandungan Sukrosa Pada Tiap Internode Batang Masing-Masing Varietas.

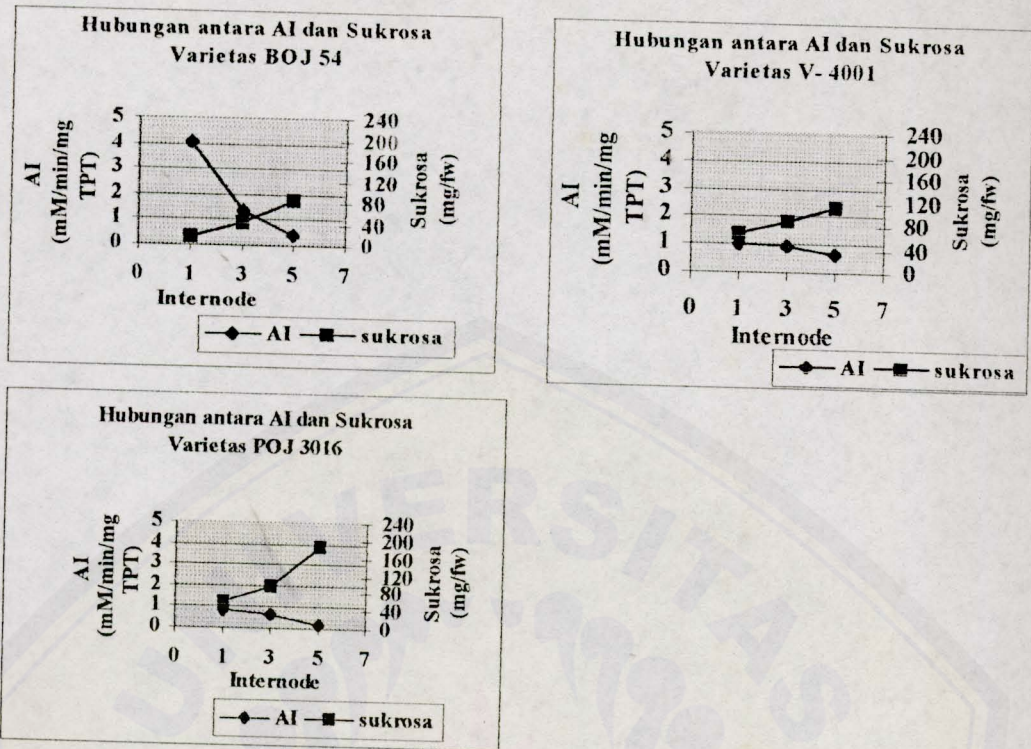
#### 4.1.4 Hubungan antara Aktivitas Enzim AI dengan Kandungan Sukrosa

Hubungan antara aktivitas enzim AI dengan kandungan sukrosa memperlihatkan adanya hubungan yang berbanding terbalik. Artinya semakin bertambahnya umur internode batang kandungan sukrosa semakin meningkat, tetapi aktivitas enzim AI semakin menurun. Hubungan antara aktivitas enzim AI dengan kandungan sukrosa dapat dilihat pada Gambar 7.





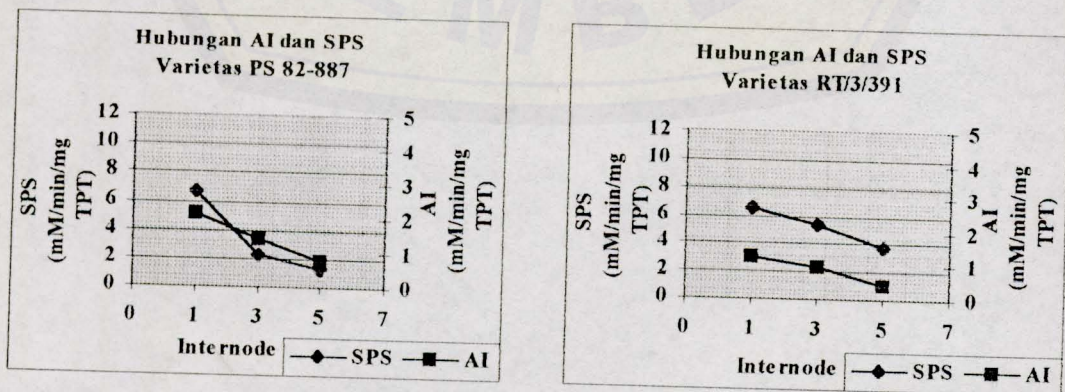




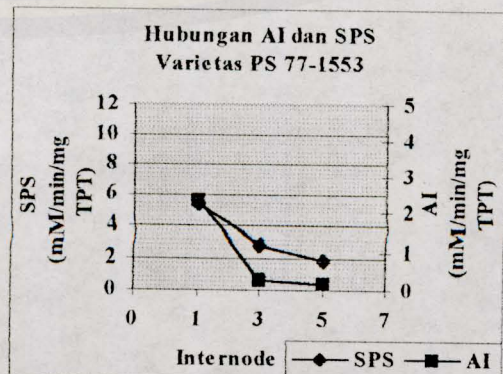
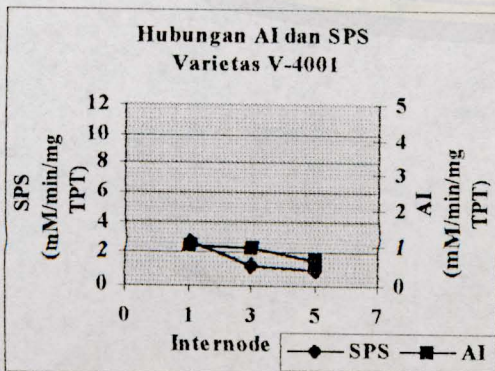
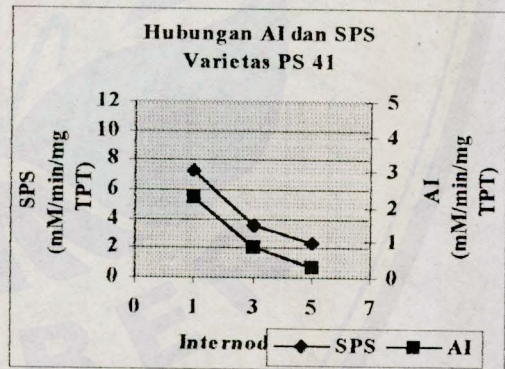
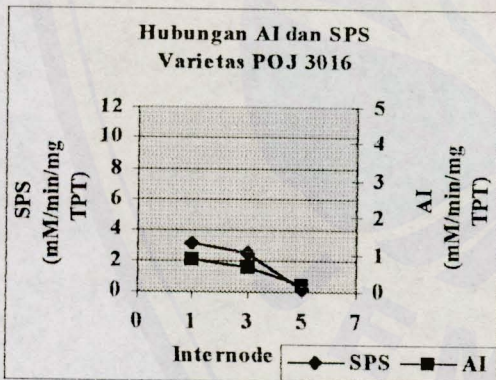
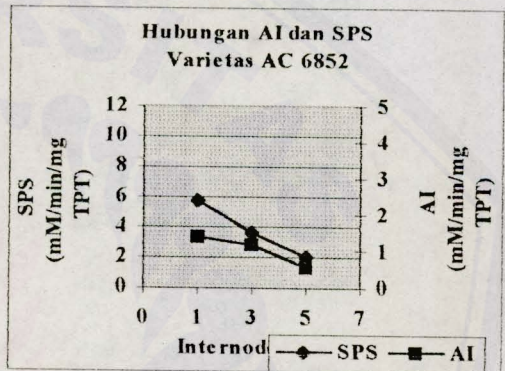
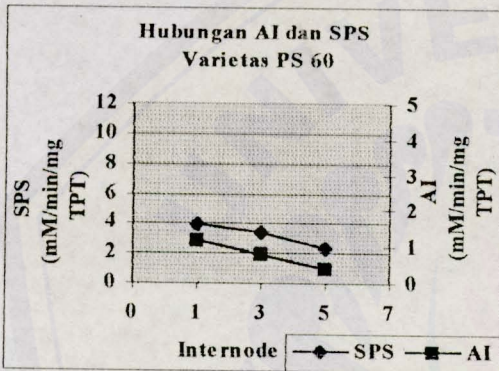
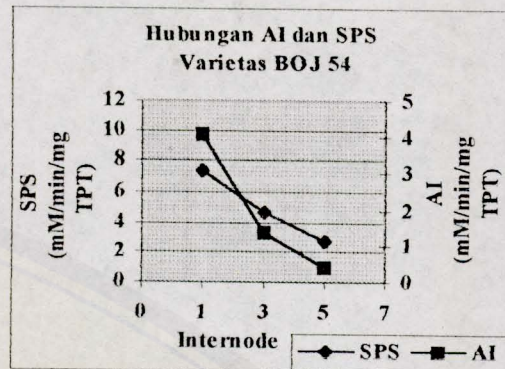
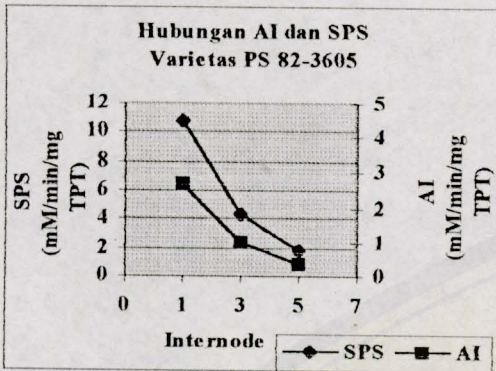
Gambar 7. Hubungan Antara Enzim AI Dan Kandungan Sukrosa Pada Tiap Internode Batang Masing-Masing Varietas.

#### 4.1.5 Hubungan antara Aktivitas Enzim AI dengan Enzim SPS

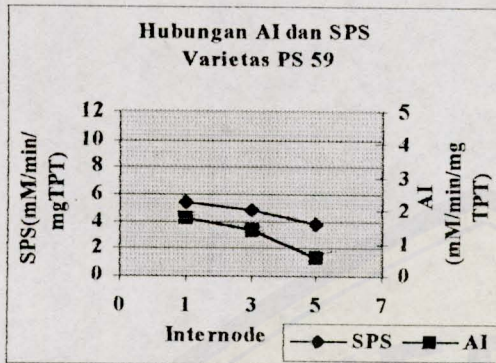
Enzim SPS dan AI merupakan enzim yang berperan dalam akumulasi sukrosa pada tanaman tebu. Hasil penelitian seperti tampak pada Gambar 8 menunjukkan bahwa aktivitas kedua enzim tersebut menurun dengan semakin bertambahnya tuanya umur internode.











Gambar 8. Hubungan Antara Aktivitas Enzim Acid Invertase (AI) Dan Sucrose Phosphate Synthase (SPS) Pada Tiap Internode Batang Masing-Masing Varietas.



#### 4.2 Pembahasan

Kandungan sukrosa pada internode ke-1, ke-3 dan ke-5 selalu memperlihatkan hasil yang berbeda pada semua varietas. Varietas PS 82-3605, menurut Sugiyarta (dalam Sugiharto *et al.*, 1996) mempunyai rendemen yang tinggi. Varietas PS 82-3605 pada penelitian ini juga menunjukkan nilai kandungan sukrosa tertinggi (217,685 mg/fw) pada internode ke-5. Internode ke-3 dan ke-1 varietas PS 82-3605 tidak selalu menunjukkan kandungan sukrosa terbesar pada internode yang sama pada varietas lain. Hal ini menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada internode yang berbeda tidak bisa dijadikan dasar untuk mengetahui besarnya kandungan sukrosa pada keseluruhan batang tanaman tebu.

Penurunan aktivitas enzim SPS seiring dengan semakin bertambah tuanya umur internode yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2. Hubungan aktivitas enzim SPS dengan kandungan sukrosa secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4. Semua aktivitas enzim SPS dengan kandungan sukrosa mempunyai hubungan yang berbanding terbalik. Semakin besar kandungan sukrosa pada internode dewasa, semakin kecil aktivitas enzim SPS yang ada. Hal ini disebabkan karena tanaman tebu termasuk tanaman C4 yang secara anatomis mempunyai 2 tipe sel fotosintesis, yaitu sel mesofil dan sel *bundle sheat*. Asimilasi karbon organik ( $\text{CO}_2$ ) terjadi pada sel mesofil yang kemudian menghasilkan senyawa organik beratom C4 yang selanjutnya dikirim ke sel *bundlle sheat*. Dalam sel *bundle sheat* pada kloroplas terjadi proses pembentukan Triose-P yang selanjutnya dieksport ke sitosol yang akhirnya dibentuk menjadi sukrosa. Sukrosa sendiri merupakan senyawa yang mobil sehingga mudah dieksport ke sel-sel lain atau organ-organ penyimpanan melalui floem dari sel fotosintetik.

Peningkatan kandungan sukrosa, diikuti dengan penurunan aktivitas enzim SPS seiring dengan semakin bertambahnya umur internode yang digunakan. Keadaan ini terjadi karena meningkatnya kandungan sukrosa pada internode yang semakin dewasa bukan disebabkan karena adanya aktivitas enzim SPS yang berfungsi mensintesis sukrosa. Hal ini terjadi karena adanya translokasi hasil



fotosintetik dari sel-sel fotosintesis melalui floem ke batang tebu, tetapi bukan berarti pada batang tersebut tidak terjadi biosintesis sukrosa oleh enzim SPS. Biosintesis oleh enzim SPS pada batang tetap terjadi tetapi aktivitas enzim SPS sangat kecil, sehingga sukrosa yang terbentuk juga sedikit. Aktivitas enzim SPS tinggi pada internode batang yang masih muda (internode ke-1), tetapi kandungan sukrosa menunjukkan nilai terendah dibandingkan dengan internode ke-3 dan ke-5. Berbeda dengan internode batang yang masih muda, aktivitas enzim SPS tinggi, tapi kandungan sukrosa rendah. Hal ini disebabkan hasil pembentukan sukrosa pada sel-sel fotosintetik oleh enzim SPS akan langsung ditranslokasikan ke sel lain atau didegradasi oleh enzim tertentu.

Sifat dari enzim Acid Invertase (AI) sangat berbeda dengan SPS, jika SPS mensintesis sukrosa maka enzim AI akan memecah kembali sukrosa menjadi gula tereduksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim AI dengan semakin bertambahnya umur internode, aktivitasnya semakin menurun (seperti pada Gambar 3 dan 5). Substrat enzim AI adalah sukrosa tetapi keberadaan enzim AI pada internode ke-5 mempunyai nilai terkecil daripada internode ke-3 dan ke-1 pada semua varietas yang digunakan, pernyataan ini didukung oleh Hatch dan Glasziou (dalam Zhu et al., 1997) yang mengatakan bahwa aktivitas AI selalu tinggi pada jaringan yang pertumbuhannya cepat, misalnya ujung tanaman, ujung akar dan internode batang yang masih muda (belum masak). Berdasarkan pernyataan tersebut dapat diuraikan bahwa pada bagian tanaman yang masih mengalami pertumbuhan cepat aktivitas enzim AI semakin besar juga. Internode ke-1 memperlihatkan aktivitas AI lebih besar daripada internode ke-3 dan ke-5 yang pada akhirnya akan berdampak pada keadaan sukrosa yang terbentuk. Sukrosa yang terbentuk oleh aktivitas SPS selain bersifat mobil (mudah dieksport ke bagian lain), ternyata juga didegradasi oleh adanya aktivitas enzim Acid Invertase. Semakin bertambahnya umur internode sifat pendegradasi dari enzim AI tidak begitu berpengaruh pada kandungan sukrosanya, karena aktivitas enzim AI semakin mengalami penurunan. Menurunnya aktivitas enzim AI, berarti menurun pula kemampuan AI untuk mendegradasi sukrosa menjadi gula tereduksi. Kandungan sukrosa tetap tinggi, disebabkan adanya translokasi sukrosa



yang lebih besar daripada degradasi sukrosa oleh enzim AI yang terjadi. Enzim AI juga bersifat reversibel, sehingga bisa memungkinkan terbentuknya kembali sukrosa dari gula tereduksi hasil degradasinya.

Hubungan antara aktivitas enzim AI dengan aktivitas enzim SPS memperlihatkan bentuk yang sejajar (Gambar 6). Artinya jika semakin kebawah aktivitas enzim SPS semakin menurun maka aktivitas AI juga akan mengalami penurunan. Penurunan aktivitas kedua enzim tersebut disebabkan adanya perbedaan umur internode pada batang yang digunakan.

Proses kerja SPS kebanyakan terjadi pada sel-sel fotosintetik yang sebagian besar keberadaannya terdapat pada daun, pernyataan ini sesuai dengan Huber dan Huber (dalam Sugiharto, 1995) bahwa dalam beberapa spesies tanaman, aktivitas SPS akan meningkat secara cepat ketika daun disinari dan menurun ketika terkena perlakuan gelap. Pernyataan tersebut mendukung bahwa kerja enzim SPS memang dipengaruhi oleh adanya sinar yang berarti pada bagian yang sering terkena sinar akan terdapat aktivitas enzim SPS yang tinggi.

Menurut Dali *et al.* (1992) pada tanaman tomat diketahui bahwa peningkatan kandungan sukrosa selain berhubungan dengan peningkatan aktivitas enzim SPS, juga berhubungan dengan penurunan aktivitas enzim AI. Menurut Hubard (dalam Miron dan Scaffer, 1990) bahwa enzim SPS berperan dalam sintesa sukrosa dan apabila aktivitas enzim SPS meningkat maka AI yang berperan dalam pendegradasian sukrosa akan menurun. Aktivitas enzim SPS dan enzim AI pada internode yang semakin dewasa akan mengalami penurunan. Hubungan yang sejajar antara aktivitas enzim SPS dengan AI yang dimaksudkan adalah kecenderungan aktivitas pada tiap internodenya. Nilai persatuan unit ( $\text{mMmenit}^{-1}\text{mg}^{-1}\text{TPT}$ ) aktivitas enzim tersebut, tetap terlihat bahwa aktivitas enzim SPS masih lebih besar daripada aktivitas enzim AI.

Semua uraian yang ada memperlihatkan bahwa aktivitas enzim Acid Invertase tidak akan terlalu mengganggu keberadaan dari kandungan sukrosa yang ada, yang memang merupakan hasil utama dari tanaman tebu sebagai tanaman yang menghasilkan gula untuk memenuhi kebutuhan konsumsi gula yang kita butuhkan.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Aktivitas Sukrosa Phosphate Synthase (SPS) lebih tinggi dibandingkan dengan Acid Invertase pada masing-masing internode pada semua varietas yang digunakan.
2. Internode batang pada umur yang lebih muda menunjukkan aktivitas SPS dan AI tertinggi dibandingkan dengan internode yang semakin dewasa, tetapi kandungan sukrosa pada internode batang yang masih muda menunjukkan nilai terendah.

### 5.2 Saran

Perlu adanya suatu penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana hubungan keberadaan SPS, AI dan kandungan sukrosa antara daun dan batang pada tanaman tebu, sehingga dapat lebih menyempurnakan penelitian yang ada sebelumnya.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. 1999. Rumusan Diskusi Panel prospek Industri Gula Tebu Nasional Dalam Era Globalisasi Abad XXI. **Gula Indonesia**.
- Anderson, J.W dan J.Beardall. 1991. Molecular Activities of Plant Cell. An Introduction of Plant Biochemistry. **Blackweel Sci. Publ.** London. 384p.
- Bradford M M. 1976. A Rapid and Sensitive Method fo The Determination of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. **Anal Biochem.** 72:248-254.
- Dali, N. D. Michard dan S. Yelle. 1992. Evidence for Involvement of Sucrose Phosphate Synthase in The Pathway of Sugar Accumulation in Sucrose Accumuating Tomato Fruit. **Plant Physiol.** 99: 434-438.
- Djarwanto, P.S dan P. Subagiyo. 1993. **Statistik Induktif.** BPFE. Yogyakarta.
- Gayler, K.R. Glasziou, K.T. 1972a. Physiological Functions of Acid and Neutral Invertase in Growth and Sugar Storage in Sugarcane. **Plant Physiol.** 27: 25-31.
- Hubard, NI., S.C. Huber and D. M. Pharr. 1989. Sucrose Phosphate Synthase and Acid Invertase at Determinant of Sucrose Concentration in Developng Musk Melon (Cucumis melon) fruits. **Plant Physiol.** 91: 1529-1534.
- Hawker, J.S. C.R, Jenner. C.M,Niemietz. 1991. Sugar Metabolism and Compartmentation. **Aust J Plant Physiol.** 18: 227-237.
- Huber, S.C. 1989. Biochemical Mechanism for Regulation of Sucrose Accumulation in Leaves During Photosynthesis. **Plant Physiol.** 91: 656-662.
- Huber, S.C. and J.L. Huber. 1992. Role of Sucrose Phosphate Synthase in Sucrose Metabolism in Leaves. **Plant Physiol.** 99: 1275-1278.
- Kohler ,J.E. KOMOR. M Thom and A. Maretzki. 1988. Activity of Sucrose Phosphate Synthase in Sugarcane Leaves. **Phytochemistry.** 77: 1605-1608.



- Miron D. and A.A. Schaffer. 1990. Sucrose Phosphate Synthase, Sucrose Synthase and Invertase Activities in Developing Fruit of *Lycopersicon esculentum* Mill. and the Sucrose Accumulating *Lycopersicon hirsutum* Humb. and Bonpl. **Plant Physiol.** 95: 623-627.
- Michaud, D. N. Dali dan Yelle. 1992. Evidence for Involvement of Sucrose Phosphate Synthase in the Pathway of Sugar Accumulation in Sucrose Accumulating Tomato Fruits. **Plant Physiol.** 99: 434-438.
- Ranwala, A.P. S.S Iwanami dan H. Masuda. 1991. Acid and Neutral Invertase in The Mesocarp of Developing Musk Melon (*Cucumis melo*. L. cv Prince) Fruit. **Plant Physiol.** 96: 881-886.
- Rocher J.P. J.L. Prioul . A. Lecharny. A. Reyss and M. Joussaume. 1989. Genetic Variability in Carbon Fixation, SPS and ADP Glucose Phosphorylase in Maize Plants of Differing Growth Rate. **Plant Physiol.** 89: 416-420.
- Sacher, J.A. M.D, Hatch dan K.T Glasziou. 1963. Sugar Accumulation Cycle in Sugarcane. III. Physical and Metabolic Aspects of Cycle in Immature Storage Tissues. **Plant Physiol.** 39: 348-354.
- Salisbury, F.B dan C.W, Ross. 1995. **Plant Physiology**. Wadsworth. Belmont. Calif.
- Sugiharto, B. T. Handoyo dan Sumadi. 1996. Variasi dan Korelasi Enzim Fotosintetik dan enzim Metabolisme Sukrosa pada Beberapa Genotipe Tebu. **Zuriat.** 7: 76-78.
- Sugiharto, B. 1992. **Pengaruh Dosis Umur Nitrogen Terhadap Kandungan Enzim Utama Assimilasi Karbon dan Biomassa Tanaman Jagung**. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI. Universitas Jember.
- Supriyadi, A. 1992. **Rendemen Tebu dan Liku-liku Permasalahannya**. Kanisius. Yogyakarta. 72p.
- Sonnewald, U dan L. Willmitzer. 1992. Molecular Approaches to Sink-Source Interaction. **Plant Physiol.** 99: 1267-1270.
- Walker J.L and S.C Huber. 1989. Purification and Preliminary Characterization of Sucrose Phosphate Synthase Using Monoclonal Antibodies. **Plant Physiol.** 89: 518-524.



Zinselmeier, C.B.R. Jeong dan J.S. Boyer. 1999. Starch and The Control of Kernel Number in Maize at Low Water Potentials. **Plant Physiol.** 121:25-35.

Zhu, Y.J. E, Komor dan P.H, Moore. 1997. Sucrose Acumulation in The Sugarcane Stem is Regulation by The Defference between The Activities of Soluble Acid Invertase and Sucrose Phosphate Shynthase. **Plant Physiol.** 115: 609-616.





## DISKRIPSI TEBU

### I. Varietas PS 82-3605

**Asal** : dihasilkan dari persilangan PS 52 x CP 51-21 pada tahun 1982.

**Sifat Agronomi** :

- Diameter batang 2,5-3,0 cm
- Kerapatan 8-10 batang/meter
- Tidak tahan keprasan
- Cocok untuk lahan tegalan dan sawah
- Memiliki kemampuan rendemen sedang (8,47 %)
- Berbunga sedang
- Tahan terhadap semua penyakit penting dan hama penggerek Pucuk/batang

### II. Varietas PS.60

**Asal** : dihasilkan dari persilangan BL 562 x PS 46 pada tahun 1976.

**Sifat Agronomi** :

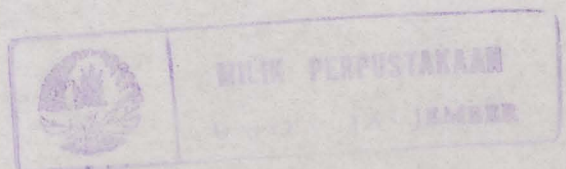
- Diameter batang sedang 2,5-3,0 cm
- Kerapatan Batang 70.000 – 80.000/ ha
- Cocok untuk lahan sawah dan tegalan
- Memiliki rendemen untuk  
Lahan sawah : 9,82-11,14%  
Lahan tegalan : 10,90-12,62 %
- Tidak berbunga sampai berbunga sedang
- Agak tahan terhadap hama penggerek batang dan pucuk, dan Peka terhadap pokahbung.

### III. Varietas PS 77-1553

**Asal** : dihasilkan dari persilangan BI 602 x BO 107

**Sifat Agronomi** :

- Pertumbuhan sedang
- Tipe kemasakan lambat
- Tidak berbunga
- Hasil produksi :  
Lahan tegalan : 990-1263 kw/ha dengan rendemen 8,43-10,39%  
Lahan sawah : 900-1.148kw/ha dengan rendemen 8,67-10,39%
- Tahan terhadap mozaik, tetapi peka terhadap blendok dan pokahbung.
- Tahan keprasan





**IV. Varietas PS 41**

**Asal** : dihasilkan dari persilangan jenis seri A.S.456 x POJ 3016

**Sifat Agronomi** :

- Pertumbuhan memanjang cepat
- Tinggi batang mencapai 3,0 - 3,5 m.
- Populasi batang 60.000-70.000/ ha
- Berbunga agak lebat dan berumur genjah
- Hasil produksi 95-135 ton/ha dengan rendemen 10-12 %
- Peka terhadap penggerek pucuk dan agak peka terhadap penggerek batang.
- Tahan terhadap mozaik dan blendok.

**V. PS 59**

**Asal** : dihasilkan dari persilangan antara CP 47-193 x BO 129 pada Tahun 1973 di Pasuruan

**Sifat agronomi** :

- Pertumbuhan meninggi lambat
- Tinggi batang mencapai 2,6-2,8 m
- Populasi batang 70.000-100.000/ha
- Masak tengahan
- Tidak berbunga sampai berbunga jarang
- Hasil produksi :  
Lahan tegalan: 903-1.396 kw/ha dengan rendemen 7,74- 12,36%  
Lahan sawah : 327-647 kw/ha dengan rendemen 6,85-10,98%
- Tahan terhadap penggerek batang dan pucuk, mozaik dan blendok
- Peka terhadap pokahbung
- Tahan keprasan