

**Kajian Peran Hara Nitrogen dan Kalium  
terhadap Aktivitas *Phosphoenolpyruvate Carboxylase*  
di dalam Daun Tebu Keprasan Varietas M 442-51 dan Ps 60**

***The Roles of Nitrogen and Potassium  
to Phosphoenolpyruvate Carboxylase Activity  
in the Leaves of Ratoon Crop M 442-51 and PS 60 Sugarcane Varieties***

Suyoto Hadisaputro<sup>1)</sup>, Kusriningrum Rochiman<sup>2)</sup>, Mirzawan PDN<sup>1)</sup>,  
Gunawan Sukarso<sup>1)</sup> & Bambang Sugiharto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Pusat Penelitian Gula Indonesia (P3GI) <sup>2)</sup> Fakultas kedokteran Hewan Universitas Airlangga

<sup>3)</sup> Fakultas MIPA Universitas Jember

**ABSTRACT**

Study on the roles of nitrogen and potassium to phosphoenolpyruvate carboxylase (PEP-Case) activity in the leaves of ratoon crop of M 442-51 and PS 60 cane varieties were conducted in the Indonesian Sugar Research Institute (ISRI) Pasuruan, East Java. The experiment was arranged in a factorial trial using a completely randomized block design with three replicates. The factors used as a treatments in this experiment were: (1) sugarcane variety, i.e. M 442-51 (V<sub>1</sub>) and PS 60 (V<sub>2</sub>), (2) plant category, i.e. plant crop (PC) and second ratoon crop (RC<sub>2</sub>), (3) dosage of nitrogen, i.e. 1 q AS/ha (N<sub>1</sub>) and 8 q AS/ha (N<sub>2</sub>), and (4) dosage of potassium, i.e. 1 q KCl/ha (K<sub>1</sub>) and 5 q KCl/ha (K<sub>2</sub>). PEP-Case activity variable was observed on 0, 1 and 4 weeks after treatment (wat). The results of experiment showed that nitrogen (N) and potassium (K) nutrients as single or mixture treatments were increasing the activity level of PEP-Case in the cane leaves significantly. There was indication that the effect of N is stronger than that the effect of K to PEP-Case activity in the leaves of cane. On the other hand, it was found that the activity of PEP-Case in M 442-51 was higher than that on PS 60. However, when the availability of both nutrients was limited, the decreasing activity of PEP-Case on PS 60 was sharper than that found on M 442-51. Study on plant category showed that the activity of PEP-Case on PC was higher than that found on RC<sub>2</sub>. Reducing of PEP-Case activity on RC<sub>2</sub> was predicted as one factor that caused reducing of RC<sub>2</sub> productivity. Base on these findings, it can be concluded that PEP-Case activity model in the leaves could be used as an early characteristic of cane ratooning ability. There were indications that the ability of both Mn and Cu nutrients affected the increasing of PEP-Case activity better than that influenced by N and K nutrients, but it needs further investigation.

Keywords: Sugarcane, ratooning ability, nitrogen, potassium, phosphoenol pyruvate carboxylase

**PENDAHULUAN**

Pada saat ini sistem keprasan telah diterapkan di semua sentra tebu di dunia. Di Indonesia, luas tanaman keprasan (*ratoon crop*, RC) mencapai lebih dari 70 % total luas pertanaman tebu. Penerapan sistem keprasan dapat menekan biaya pengelolaan tebu, namun menyebabkan penurunan produktivitas lahan. Besarnya penurunan produktivitas RC tersebut sekitar 20 % daripada produktivitas tanaman pertamanya (*plant crop*, PC). Fenomena penurunan produktivitas RC ini selain terjadi di Indonesia (Mirzawan *et al.* 2000), juga terjadi luar negeri seperti di India (Misra & Mathur 1983, Sundara 1987), Afrika Selatan (Meyer 1996, 1999), Mauritius (Soopramanien 1996),

dan Swaziland (Henry & Ellis 1996). Walaupun demikian, sistem keprasan ini masih dipertahankan karena biayanya murah dan secara ekonomi menguntungkan (Rozeff 1988, Meyer 1996). Blackburn (1984) melaporkan bahwa untuk menghasilkan satu satuan unit produksi yang sama, biaya pada RC hanya sekitar 1/4–1/3 dari total biaya yang diperlukan pada PC.

Secara garis besar tanggap tebu terhadap pengeprasan dapat dipilah menjadi dua kelompok, yaitu: tahan dan tidak tahan dikepras. Kriteria pengelompokan sifat ketahanan tebu terhadap pengeprasan tersebut umumnya didasarkan pada hasil komparasi produktivitas tanaman keprasan kedua (RC<sub>2</sub>) terhadap produksi PC-nya (Milligan *et al.* 1996). Salah

satu varietas tebu yang dikenal tahan dikepras di Indonesia adalah M 442-51, sedangkan varietas yang tidak tahan dikepras antara lain Ps 60. Varietas M 442-51 tersebut mempunyai sifat pertumbuhan tunas anakan RC yang baik dan daya adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan yang beragam. Sebaliknya Ps 60 meskipun berbakat rendemen lebih baik, yaitu sekitar 10-15 % lebih tinggi, namun jumlah batang RC-nya lebih rendah daripada M 442-51 (Anonim 1988).

Hasil kajian di luar negeri pada aspek agronomi menunjukkan bahwa penurunan produksi RC, antara lain, disebabkan karena menurunnya populasi batang tebu (Henry & Ellis 1996, Yang & Wang 1996); sedangkan penurunan populasi batang tebu tersebut disebabkan oleh terjadinya kematian tunas (*tillers*) atau rumpun tunas (*stubbles*) yang tinggi (Soopramanien 1996). Sementara itu di Indonesia ditemukan bahwa penurunan produksi RC tersebut karena adanya penurunan jumlah dan diameter batang, serta terhambatnya pertumbuhan tebu (Mirzawan *et al.* 2000).

Di lain pihak, dari aspek fisiologi penyebab utama terjadinya kematian tunas anakan tebu dan terhambatnya pertumbuhan RC tersebut belum diidentifikasi. Soopramanien (1996) menduga bahwa kematian tunas anakan RC tersebut dikendalikan oleh faktor tanaman dan non-tanaman. Sayangnya, peneliti ini tidak menjelaskan secara rinci faktor apa saja yang berperan. Sementara itu, peneliti lain menyatakan bahwa faktor tanaman yang diduga berperan, antara lain: sifat genetik, aktivitas fitohormon dan enzim fotosintesis (Rao & Asokan 1978), dan salah satu enzim yang banyak berperan dalam proses fotosintesis adalah *Phosphoenolpyruvate Carboxylase* (PEP-Case) (Salisbury & Ross 1992).

Di lain pihak, faktor non-tanaman yang berperan, antara lain, ketersediaan hara, terutama kalium (Filho 1985, Anderson & Bowen 1990), dan nitrogen (Hunsigi 1993, Sundara & Tripathi 1999). Peneliti lain, Kwong (2004) melaporkan bahwa di Mauritius untuk mempertahankan produktivitas RC maka dosis pupuk N ditingkatkan sekitar 20% dari baku teknis untuk PC.

Tebu mengkonsumsi N dan K dalam jumlah banyak, jauh melebihi kebutuhan untuk hara makro lainnya (Calcino *et al.* 2000). Kelompok

peneliti ini menyatakan bahwa tebu mengkonsumsi N sekitar 122 – 154 kg/ha dan K sekitar 139-267 kg /ha. Sedangkan untuk hara makro yang lain kebutuhannya jauh lebih rendah, yaitu hanya mencapai  $\leq 55$  kg/ha. Sementara itu, Ismail (1998) melaporkan bahwa tebu membutuhkan unsur K sekitar 120-540 kg/ha.

Hara N dan K mempengaruhi laju pertumbuhan (Alexander 1973) dan perolehan hasil tebu dan gula (Hartt & Burr 1967). Selain itu, kedua hara tersebut juga berperan dalam proses sintesis protein, asam amino, gula, dan aktivitas enzim fotosintesis pada tebu (Hartt & Burr 1967, Calcino 2000). Salah satu enzim fotosintesis yang banyak dipengaruhi oleh N dan K adalah *Phosphoenolpyruvate Carboxylase* (PEP-Case).

Dalam proses metabolisme, hara N banyak berperan dalam regulasi ekspresi gen penghasil beberapa protein pada tanaman tingkat tinggi dan algae melalui mekanisme transkripsi dan translasi, serta menjaga stabilitas mRNA (Sugiharto *et al.* 1992). Protein yang dimaksud, antara lain, PEP-Case, nitrate reduktase (NR), nitrite reduktase (NiR), *light harvesting complex protein* (LHCP), protein pengendali pertumbuhan vegetatif dan klorofil a/b.

K mengendalikan aktivitas lebih dari 60 enzim yang umumnya mempunyai peran penting dalam proses metabolik (Marschner 1986). Hubungan hara, khususnya K, dengan enzim fotosintesis bersifat resiprokal. Selain itu, unsur K juga mempengaruhi status dan aktivitas beberapa enzim pengendali tekanan osmotik, transportasi asimilat, sintesis protein dan pati, perkembangan sel dan pergerakan stomata (Stryer 1988, Salisbury & Ross 1992, Marschner 1986). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji peran hara N dan K dalam mengendalikan aktivitas aparat fotosintesis, khususnya PEP-Case, dan sekaligus untuk mengetahui penyebab penurunan produktivitas RC.

## METODE

### Tempat penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan di lapangan dan di laboratorium. Penelitian lapangan dilaksanakan di emplasemen Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan dalam bentuk percobaan pot. Penelitian laboratorium dikerjakan di Laboratorium Ilmu Tanah, Laboratorium Kimia Analitik, dan di Laboratorium Bioteknologi P3GI dan Laboratorium

Biologi Molekuler Universitas Jember (UNEJ), Jember.

#### Bahan dan alat percobaan

Bahan tanam untuk tanaman percobaan PC berupa bibit tumbuh varietas tebu M 442-51 dan PS 60 yang berasal dari stek batang ('bagal') satu mata yang diambil dari ruas batang nomor 10-16 (Clements, 1980), sedangkan bahan percobaan tanaman keprasan kedua (RC<sub>2</sub>) diperoleh dari tanaman PC yang sebelumnya dipersiapkan kemudian dikepras dua kali. Bibit tebu tersebut ditanam di dalam pot plastik berwarna hitam dengan ukuran volume 50 l yang telah diisi media. Masing-masing pot diisi 50 kg media tumbuh, sedangkan jenis media yang digunakan dalam penelitian diuraikan pada Sub-bab 3. Metode Penelitian.

Sementara itu, bahan kimia yang digunakan, antara lain, ethanol dan nitrogen cair (N<sub>2</sub>), antibodi PEP-Case (Sigma P-2023), Sephadex G25, buffer ekstraksi {100 mM Tris-HCl (pH 7,5), 10 mM MgCl<sub>2</sub>, 1 mM DTT, 0,5 PMSF dan 10% PVC}, buffer penguji {150 mM Tris-HCl (pH 8,0), 60 mM MgSO<sub>4</sub>, 60 mM NaHCO<sub>3</sub>, 2 IU malate dehydrogenase, 2,5 mM PEP, 1 mM DTT dan 0,25 mM NADH}, pasir kuarsa, dan *d*-aquades, pupuk ammonium sulfat (ZA) sebagai sumber hara N, dan pupuk SP<sub>36</sub> sebagai sumber hara P, dan pupuk KCl sebagai sumber K.

Alat yang digunakan, antara lain: *Spectrophotometer* dan perangkat pendukungnya, *sentrifuge*, tabung *sentrifuge*, kuvet, vortex, *ependorf*, timbangan (elektronik dan manual), botol timbang, gelas ukur, lumpang porselin, mortar, meteran, thermos es, tabung N<sub>2</sub> cair, pisau, gunting, polibag dan pot plastik.

#### Rancangan percobaan

Percobaan dilaksanakan dalam bentuk percobaan pot dan disusun dalam pola faktorial (empat faktor) menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga jenis media tumbuh sebagai kelompok. Media tumbuh yang digunakan, yaitu: M<sub>1</sub>, tanah Pasuruan (tanah sawah/alluvial); M<sub>2</sub>, campuran tanah Madiun, pasir dan pupuk kandang dengan perbandingan volume 2:2:1, dan M<sub>3</sub>, tanah Madiun (kahat K), sedangkan faktor perlakuan terdiri atas 4 jenis perlakuan, yaitu:

- (1) **Varietas tebu (V)**, terdiri dua varietas tebu, yaitu: V<sub>1</sub>, varietas tahan kepras (M 442-51), dan V<sub>2</sub>, varietas tidak tahan kepras (Ps 60).
- (2) **Kategori tanaman (T)**, terdiri dua kategori tanaman, yaitu: T<sub>1</sub>, tanaman pertama (PC), dan T<sub>2</sub>, tanaman keprasan kedua (RC<sub>2</sub>).

(3) **Dosis pupuk nitrogen (N)**, terdiri dua aras dosis, yaitu: N<sub>1</sub>, dosis N rendah setara 1 ku ZA / ha, dan N<sub>2</sub>, dosis N tinggi setara 8 ku ZA / ha.

(4) **Dosis pupuk kalium (K)**, terdiri dua aras, yaitu: K<sub>1</sub>, dosis K rendah setara 1 ku KCl/ ha, dan K<sub>2</sub>, dosis K tinggi setara 5 ku KCl / ha.

#### Persiapan dan pelaksanaan penelitian

Tanaman tebu percobaan (PC dan RC<sub>2</sub>) ditumbuhkan di dalam pot plastik yang bagian bawahnya diberi lubang drainase 4 buah per pot. Pemupukan dilakukan dua kali, yaitu: (a) **pupuk dasar**, merupakan campuran pupuk P setara 2 ku SP<sub>36</sub>/ha dan pupuk N setara 3 ku ZA/ha diberikan bersamaan dengan saat tanam tebu, dan (b) **pupuk perlakuan**, merupakan campuran pupuk N setara 5 ku ZA/ha dan pupuk K setara 2 ku KCl/ha dilakukan pada saat tebu berumur 8 minggu. Sementara itu, air pengairan diberikan dengan menyiram pot tanaman sampai jenuh dan dilakukan sekali dalam sehari.

#### Parameter dan waktu pengamatan

Parameter penelitian yang dikaji yaitu aktivitas *Phosphoenolpyruvate carboxylase* (PEP-Case) di dalam daun tebu, sedangkan waktu pengamatan 0, 1 dan 4 minggu setelah pemberian pupuk perlakuan (minggu setelah perlakuan). Ekstraksi dan pengukuran aktivitas PEP-Case dari daun tebu menggunakan metode Sugiyama *et al.* (1984), sedangkan sampel daun diambil dari daun batang tebu contoh nomor 5-7 (metode Clements 1980).

#### Analisis data

Data penelitian diuji dengan analisis ragam (*Analysis of Variance*) pada taraf kepercayaan 5 %. Pengujian lanjutan dengan uji kontras orthogonal akan dilakukan hanya apabila terdapat interaksi nyata antara dua atau lebih faktor perlakuan dan untuk perbedaan tiga atau lebih aras perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi nyata antara perlakuan N x K pada parameter aktivitas enzim PEP-Case. Selain itu, ada indikasi bahwa semua faktor perlakuan yang diberikan (V, T, N dan K) dan M sebagai kelompok mempengaruhi aktivitas PEP-Case. Namun demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa faktor perlakuan secara nyata berperan untuk masing-masing waktu pengamatan berbeda.

Pada 0 minggu setelah perlakuan ditemukan bahwa hanya perlakuan T dan N yang secara nyata mempengaruhi aktivitas PEP-Case. Pada 1 minggu setelah perlakuan (minggu setelah perlakuan) ditemukan T, N dan K, sedangkan pada 4 minggu setelah perlakuan semua faktor perlakuan yang diberikan dan jenis M secara nyata mempengaruhi aktivitas PEP-Case di dalam daun (Tabel 1). Hasil uji kontras orthogonal terhadap aktivitas PEP-Case per waktu pengamatan secara rinci diuraikan berikut ini.

**Interaksi N dan K terhadap aktivitas PEP-Case**

Indikasi adanya interaksi nyata antara N dan K pada aktivitas PEP-Case ditemukan pada 0 dan 4 minggu setelah perlakuan. Selain itu, ditemukan bahwa kombinasi antara perlakuan dosis N dan K tersebut memberikan dampak yang berbeda terhadap aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu. Tampaknya pengaruh N dalam mengendalikan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu lebih dominan dibanding dengan pengaruh K. Lebih dominannya

pengaruh N tersebut karena hara ini tidak hanya berperan sebagai aktivator enzim PEP-Case (Sugiharto *et al.* 1992), tetapi juga berfungsi sebagai penyusun atau konstituen enzim tersebut (Salisbury & Ross 1992). Data dan hasil analisis data pengamatan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu pada kombinasi perlakuan dosis N dan K pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk N (N2) pada tebu yang kahat unsur K (K1) ternyata memberikan nilai peningkatan aktivitas PEP-Case ( $\Delta$ ) lebih besar daripada apabila peningkatan dosis N tersebut diberikan pada tebu yang kecukupan unsur K (K2). Hal serupa juga ditemukan pada kombinasi perlakuan K2 dan N1, yaitu peningkatan dosis pupuk K (K2) pada tebu yang mengalami defisiensi N (N1) memberikan dampak peningkatan aktivitas PEP-Case lebih besar dibanding dengan apabila penambahan K tersebut diberikan pada tebu yang berkecukupan hara N (N2).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan dosis N dan K terhadap aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan (minggu setelah perlakuan).

| Perlakuan                    | Aktivitas PEP-Case pada 0 minggu setelah perlakuan ( <i>PEP-Case activity on 0 wat</i> ) (unit/g fw) |        |                       |
|------------------------------|--|--------|-----------------------|
|                              | N1 <sup>1)</sup>   | N2     | N2 – N1 <sup>3)</sup> |
| K1 <sup>2)</sup>             | 0,048  | 0,051  | 0,003 *               |
| K2                           | 0,052  | 0,050  | - 0,002               |
| Rata-rata ( <i>average</i> ) | 0,050  | 0,0505 | 0,0005                |
| Perlakuan                    | Aktivitas PEP-Case pada 1 minggu setelah perlakuan ( <i>PEP-Case activity on 1 wat</i> ) (unit/g fw) |        |                       |
|                              | N1   | N2     | N2 – N1               |
| K1                           | 0,040  | 0,042  | 0,002                 |
| K2                           | 0,042  | 0,043  | 0,001                 |
| Rata-rata                    | 0,041  | 0,0425 | 0,0015                |
| Perlakuan                    | Aktivitas PEP-Case pada 4 minggu setelah perlakuan ( <i>PEP-Case activity on 4 wat</i> ) (unit/g fw) |        |                       |
|                              | N1   | N2     | N2 – N1               |
| K1                           | 0,039  | 0,051  | 0,012 *               |
| K2                           | 0,047  | 0,054  | 0,007 *               |
| Rata-rata                    | 0,043  | 0,0525 | 0,0095                |

Keterangan :

<sup>1)</sup> N1: Dosis pupuk N setara 1 ku ZA/ha; N2: Dosis pupuk N setara 8 ku ZA/ha

<sup>2)</sup> K1: Dosis pupuk K setara 1 ku KCl/ha; K2: Dosis pupuk K setara 5 ku KCl/ha

<sup>3)</sup> Angka yang diikuti tanda bintang (\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 5 %

Tabel 2. Aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu varietas M 442-51 dan PS 60 pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan (minggu setelah perlakuan).

| Waktu pengamatan                 | Aktivitas PEP-Case (PEP-Case activity) (unit/g fw) |       |                       |
|----------------------------------|--|-------|-----------------------|
|                                  | V1 <sup>1)</sup>                                   | V2    | V2 – V1 <sup>2)</sup> |
| 0 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,050  | 0,049 | - 0,001               |
| 1 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,057  | 0,055 | - 0,002               |
| 4 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,049  | 0,046 | - 0,003 *             |

Keterangan :

<sup>1)</sup> V1: M 442-51 (*good ratooning ability*), V2: PS 60 (*bad ratooning ability*)<sup>2)</sup> Angka yang diikuti tanda bintang (\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 5 %

Sebaliknya, perlakuan N2 dan K2 tidak memberikan peningkatan aktivitas PEP-Case sebesar yang terjadi pada dua kombinasi perlakuan sebelumnya. Rendahnya selisih nilai ( $\Delta$ ) aktivitas PEP-Case pada kombinasi perlakuan N2  $\times$  K2 tersebut diduga disebabkan oleh dua hal, yaitu: (1) aktivitas enzim ini pada aras ketersediaan setara perlakuan N2 atau K2 secara tunggal sudah tinggi, dan (2) sifat sinergitas kedua hara tersebut terhadap peningkatan aktivitas PEP-Case tidak bersifat penjumlahan namun lebih bersifat hasil resultante dari pengaruh masing-masing hara tersebut.

#### Aktivitas PEP-Case pada perlakuan varietas tebu (V)

Data pada semua waktu pengamatan menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case V1 (M 442-51) lebih tinggi daripada V2 (PS 60). Walaupun demikian, aktivitas PEP-Case ( $\Delta$ ) antara kedua varietas uji tersebut yang secara nyata berbeda hanya ditemukan pada 4 minggu setelah perlakuan (0,003 unit/g fw). Sementara itu, data pengamatan pada masing-masing varietas tebu uji menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case tertinggi dicapai pada 1 minggu setelah perlakuan, sedangkan pada 4 minggu setelah perlakuan aktivitas enzim ini menurun. Hasil analisis data aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu varietas M 442-51 dan PS 60 pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Data pada Tabel 2 mengisyaratkan bahwa terjadinya peningkatan aktivitas PEP-Case pada 1 minggu setelah perlakuan tersebut karena adanya pemberian perlakuan pupuk N dan K. Sebaliknya, terjadinya penurunan aktivitas PEP-Case pada 4 minggu setelah perlakuan merupakan dampak dari terjadinya

penurunan ketersediaan kedua hara tersebut di dalam media tumbuh karena adanya penyerapan hara oleh akar tebu.

Di lain pihak, diketahuinya aktivitas PEP-Case V1 yang lebih tinggi daripada V2, dan sebaliknya laju penurunan aktivitas PEP-Case pada V2 yang lebih tajam daripada yang terjadi pada V1 mungkin dapat dimanfaatkan sebagai penanda dini sifat ketahanan tebu terhadap pengeprasan. Varietas uji V1 (M 442-51) yang mempunyai aktivitas PEP-Case tinggi namun ketika menderita cekaman kekurangan hara tingkat penurunan aktivitas enzim tersebut relatif lebih kecil mungkin dapat dimanfaatkan sebagai penanda varietas tebu tahan kepras. Sebaliknya, V2 (PS 60) yang tingkat aktivitas PEP-Case relatif rendah namun ketika menderita cekaman kekurangan hara tingkat penurunan aktivitas enzim tersebut cukup tajam mungkin dapat dimanfaatkan sebagai penanda varietas tebu tidak tahan kepras.

#### Aktivitas PEP-Case pada perlakuan kategori tanaman (T)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada semua waktu pengamatan ditemukan adanya perbedaan aktivitas PEP-Case antara T1 dan T2 secara nyata. Selain itu, data pengamatan menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case pada T1 (PC) lebih tinggi daripada T2 (RC<sub>2</sub>). Perbedaan aktivitas PEP-Case tertinggi ( $\Delta$ ) antara T1 dan T2 tersebut ditemukan pada 1 minggu setelah perlakuan (0,004 unit/g fw), sedangkan pada 4 minggu setelah perlakuan terlihat menurun kembali sehingga nilai perbedaannya sama dengan yang dicapai pada 0 minggu setelah perlakuan (0,003 unit/g fw).

Di lain pihak, hasil pengamatan pada masing-masing kategori tanaman (T1 dan T2) menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case

teringgi dicapai pada 1 minggu setelah perlakuan, sedangkan pada 4 minggu setelah perlakuan aktivitas enzim tersebut mengalami penurunan. Terjadinya peningkatan aktivitas PEP-Case pada 1 minggu setelah perlakuan tersebut memperkuat temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan dosis pupuk N dan K dapat meningkatkan aktivitas PEP-Case (Tabel 1). Sebaliknya, terjadinya penurunan aktivitas PEP-case pada 4 minggu setelah perlakuan tersebut diduga disebabkan oleh menurunnya ketersediaan hara, khususnya N, di dalam media tumbuh dan di dalam daun tebu. Penurunan N di dalam media karena sebagian besar unsur hara N telah diserap tebu, sedangkan penurunan N di dalam daun karena sebagian besar unsur ini sudah digunakan dalam proses metabolisme dan untuk pertumbuhan tebu. Menurunnya ketersediaan unsur N dicurigai sebagai salah satu penyebab penurunan aktivitas PEP-Case karena unsur ini merupakan aktivator dan pengendali aktivitas PEP-Case utama di dalam tanaman C<sub>4</sub> (Sugiharto *et al.* 1992). Hasil analisis data tentang aktivitas PEP-Case pada T1 dan T2 pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case T1 pada semua waktu pengamatan lebih tinggi daripada aktivitas PEP-Case T2. Ini berarti perlakuan pengeprasan akan menyebabkan penurunan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu. Temuan ini mungkin merupakan jawaban mengapa

produktivitas tanaman keprasan (RC) lebih rendah sekitar 20% dibanding dengan produktivitas PC-nya (Misra & Mathur 1983, Sundara 1987, Meyer 1996, Soopramanien 1996, Henry & Ellis 1996).

Dugaan tersebut didasarkan pada pendapat yang menyatakan bahwa PEP-Case adalah merupakan aparat fotosintesis utama yang menghasilkan asimilat yang merupakan sumber energi untuk pertumbuhan dan membentuk biomasa (Alexander 1973, Salisbury & Ross 1992).

**Aktivitas PEP-Case pada perlakuan N**

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada 1 dan 4 minggu setelah perlakuan ditemukan ada perbedaan aktivitas PEP-Case antara N1 dan N2 secara nyata. Selisih nilai aktivitas PEP-Case ( $\Delta$ ) antara N1 dan N2 tertinggi dicapai pada 1 minggu setelah perlakuan, sedangkan pada 4 minggu setelah perlakuan meskipun selisih nilai perbedaan aktivitas PEP-Case antara dua perlakuan tersebut mulai menurun namun masih lebih tinggi daripada yang ditunjukkan pada 0 minggu setelah perlakuan.

Data aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan menurut kelompok perlakuan N disajikan pada Tabel 4. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case pada N2 lebih tinggi daripada aktivitas PEP-Case pada N1. Temuan ini memperkuat dugaan bahwa salah satu peran fisiologis N adalah meningkatkan aktivitas PEP-case di dalam daun tebu.

Tabel 3. Aktivitas PEP-Case dalam daun tebu T1 dan T2 pada 0, 1 dan 4 minggu setelah tanam.

| Waktu pengamatan                 | Aktivitas PEP-Case (PEP-Case activity) (unit/g fw) |       |                       |
|----------------------------------|--|-------|-----------------------|
|                                  | T1 <sup>1)</sup>                                   | T2    | T2 – T1 <sup>2)</sup> |
| 0 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,051  | 0,048 | - 0,003 *             |
| 1 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,058  | 0,054 | - 0,004 *             |
| 4 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,049  | 0,047 | - 0,003 *             |

Keterangan :

<sup>1)</sup> T1 : Tanaman pertama (*Plant Crop*, PC), T2 : Tanaman keprasan kedua

<sup>2)</sup> Angka yang diikuti tanda bintang (\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 5 %

Tabel 4. Pengaruh hara N terhadap aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan.

| Waktu pengamatan                 | Aktivitas PEP-Case (PEP-Case activity) (unit/g fw) |       |            |
|----------------------------------|--|-------|------------|
|                                  | N1 1)  | N2    | N2 – N1 2) |
| 0 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,049  | 0,051 | 0,002      |
| 1 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,046  | 0,065 | 0,019 *    |
| 4 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,043  | 0,053 | 0,010 *    |

Keterangan :

N1: Dosis N setara 1 ku ZA/ha, N2: Dosis N setara 8 ku ZA/ha

Angka yang diikuti tanda bintang (\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 5 %

Tabel 5. Pengaruh dosis pupuk K terhadap aktivitas PEP-Case pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan.

| Waktu pengamatan                 | Aktivitas PEP-Case (PEP-Case activity) (unit/g fw) |       |            |
|----------------------------------|--|-------|------------|
|                                  | K1 1)  | K2    | K2 – K1 2) |
| 0 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,050  | 0,049 | - 0,001    |
| 1 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,051  | 0,060 | 0,009 *    |
| 4 minggu setelah perlakuan (msp) | 0,045  | 0,051 | 0,006 *    |

Keterangan (notes) :

K1: Dosis pupuk K setara 1 ku KCl/ha, K2: Dosis pupuk K setara 5 ku KCl/ha

Angka yang diikuti tanda bintang (\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 5 %

Pada N1 ditemukan bahwa aktivitas PEP-Case tertinggi ditemukan pada 0 minggu setelah perlakuan, diikuti 1 minggu setelah perlakuan dan 4 minggu setelah perlakuan yang terendah, sedangkan pada N2 aktivitas PEP-Case tertinggi ditemukan pada 1 minggu setelah perlakuan, diikuti 4 minggu setelah perlakuan dan 0 minggu setelah perlakuan yang paling rendah.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemberian tambahan hara N setara 1 ku/ha belum mampu meningkatkan aktivitas enzim PEP-Case, bahkan aktivitas enzim tersebut cenderung terus menurun. Sebaliknya, pada N2 meskipun tanaman tidak menunjukkan gejala malnutrisi N, namun jumlah hara ini tidak cukup untuk terus mempertahankan aktivitas PEP-Case pada aras seperti yang dicapai pada 1 minggu setelah perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa tebu memerlukan jumlah unsur N cukup tinggi (Calcino *et al.* 2000), dan sekaligus memperkuat temuan Sugiharto *et al.* (1992) yang menyatakan bahwa ketersediaan hara N mempengaruhi aktivitas PEP-Case pada tanaman C4.

#### Aktivitas PEP-Case pada perlakuan K

Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan hara K secara nyata dapat meningkatkan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu pada 1 dan 4 minggu setelah perlakuan. Selain itu, ditemukan baik pada perlakuan K1 maupun K2 bahwa aktivitas PEP-Case tertinggi dicapai pada 1 minggu setelah perlakuan, namun pada 4 minggu setelah perlakuan menurun kembali. Data pengamatan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan menurut kelompok perlakuan K disajikan pada Tabel 5.

Data Tabel 5 mengindikasikan bahwa sebelum perlakuan K tebu menderita cekaman K, meski derajat cekaman pada tebu tidak separah cekaman N seperti ditunjukkan pada perlakuan N1 (Tabel 4). Pendapat ini didasarkan pada temuan yang menunjukkan bahwa pemberian tambahan hara K setara dengan 1 ku KCl/ha (K1) cenderung meningkatkan aktivitas PEP-Case dari 0,050 unit/g fw menjadi 0,051 unit/g fw, namun pada

4 minggu setelah perlakuan tinggal 0,045 unit/g fw. Pola aktivitas PEP-Case yang mirip juga ditemukan pada K2. Perbedaannya adalah bahwa pada K2 aktivitas PEP-Case pada 4 minggu setelah perlakuan (0,051 unit/g fw) lebih tinggi daripada 0 minggu setelah perlakuan (0,49 unit/g fw). Temuan ini memperkuat pendapat Salisbury & Ross (1992) dan Marschner (1986) yang menyatakan bahwa unsur K umumnya berfungsi pemicu (trigger) aktivitas suatu enzim namun tidak pernah ditemukan menjadi salah satu konstituen penyusun suatu enzim.

**Aktivitas PEP-Case pada jenis media tumbuh**

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan aktivitas PEP-Case antar media (M) yang digunakan secara nyata. Data pengamatan menunjukkan bahwa aktivitas PEP-Case tertinggi ditemukan pada M2 diikuti M1 dan M3, dan urutan tingkat aktivitas PEP-Case seperti ini ditemukan pada semua waktu pengamatan (0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan), hal ini dapat dilihat pada Tabel 6. Diduga, urutan aktivitas PEP-Case tersebut dipengaruhi oleh kandungan unsur hara di dalam media tumbuh yang digunakan dalam penelitian ini. Ditinjau dari kualitas atau kandungan unsur hara di dalam media maka

urutan tingkat kesuburan media yang tertinggi adalah M1 diikuti M2 dan M3 yang paling miskin kandungan haranya. Satu-satunya keunggulan dalam kandungan hara M2 terhadap M1 maupun M3 adalah Mn dan Cu. Kandungan Mn dan Cu pada M1 yaitu: 36 ppm dan 12 ppm, pada M2 yaitu: 63 ppm dan 12,85 ppm, dan pada M3 adalah 12,50 ppm dan 11,50 ppm (Tabel 7).

Temuan ini mengindikasikan bahwa peran Mn dan Cu dalam memacu aktivitas PEP-Case pada tebu lebih dominan dari hara N dan K. Peran fisiologis Mn adalah mengendalikan proses fotosintesis, pembentukan klorofil, dan pembentukan senyawa organik terutama enzim. Cu berperan dalam pembentukan klorofil dan sebagai katalis reaksi kimia pada tanaman (Stryer 1988, Salisbury & Ross 1992, Calcino *et al.* 2000). Sementara itu, temuan bahwa peran fisiologis Mn dan Cu dalam mengendalikan aktivitas PEP-Case lebih menaripada peran N dan K adalah merupakan temuan baru. Karena itu, penelitian lanjutan untuk mengkaji lebih dalam peran kedua hara tersebut terhadap aktivitas PEP-Case dan proses fotosintesis pada tebu perlu dilakukan. Data pengamatan aktivitas PEP-Case antar M pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu M1, M2 dan M3 pada 0, 1 dan 4 minggu setelah perlakuan.

| Media            | Aktivitas PEP-Case             | Beda aktivitas PEP-Case antar M pada 0 msp (unit/g fw) |         |           |
|------------------|--------------------------------|--|---------|-----------|
|                  |                                | M1-M2 <sup>2)</sup>                                    | M2-M3   | M3-M1     |
| M1 <sup>1)</sup> | 0,050                          | - 0,001  | -       | -         |
| M2               | 0,051                          | -  | 0,002 * | -         |
| M3               | 0,049                          | -  | -       | -0,001    |
| Media            | Aktivitas PEP-Case (unit/g fw) | Beda aktivitas PEP-Case antar M pada 1 msp (unit/g fw) |         |           |
| M1               | 0,055                          | - 0,004 *  | -       | -         |
| M2               | 0,059                          | -  | 0,005 * | -         |
| M3               | 0,054                          | -  | -       | - 0,001   |
| Media            | Aktivitas PEP-Case (unit/g fw) | Beda aktivitas PEP-Case antar M pada 4 msp (unit/g fw) |         |           |
| M1               | 0,050                          | - 0,001  | -       | -         |
| M2               | 0,051                          | -  | 0,009 * | -         |
| M3               | 0,042                          | -  | -       | - 0,008 * |

Keterangan :

M1: Tanah Pasuruan, M2: Campuran tanah Madiun, pasir dan pupuk kandang (2:2:1), M3: Tanah Madiun kahat unsur K.

Angka yang diikuti tanda bintang (\*) berbeda nyata pada selang kepercayaan 5 %



Tabel 7. Kandungan unsur hara dalam tiga jenis media yang digunakan untuk penelitian

| No. | Kandungan Unsur hara<br>(Nutrient contents) | Jenis / Asal Media Tumbuh<br>(Kind of Growth Medias) |         |        |
|-----|---|--|---------|--------|
|     |   | I  | II      | III    |
| 1.  | % H <sub>2</sub> O (105°C)                  | 5,04   | 5,79    | 8,60   |
| 2.  | pH (H <sub>2</sub> O)                       | 7,16   | 6,49    | 5,31   |
| 3.  | Bahan Organik (Organic matters):            |  |         |        |
|     | N (%)                                       | 0,11   | 0,11    | 0,06   |
|     | Humus (%)                                   | 3,50   | 3,04    | 1,46   |
| 4.  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen (ppm)   | 187,00   | 86,00   | 38,50  |
| 5.  | NH <sub>4</sub> .Oac. pH 7 :                |  |         |        |
|     | K <sub>2</sub> O (ppm)                      | 437,50   | 342,00  | 21,13  |
|     | Na <sub>2</sub> O (ppm)                     | 292,00   | 278,50  | 40,42  |
|     | CaO (ppm)                                   | 3532,00  | 2515,00 | 167,06 |
|     | MgO (ppm)                                   | 926,00   | 773,58  | 152,37 |
| 6.  | NH <sub>4</sub> .Oac. pH 4,8 :              |  |         |        |
|     | SO <sub>4</sub> (ppm)                       | 105,00   | 58,00   | 46,50  |
|     | Fe (ppm)                                    | 16,00  | 14,50   | 12,50  |
|     | Mn (ppm)                                    | 36,00  | 63,00   | 12,50  |
| 7.  | HCl 0,1 N :                                 |  |         |        |
|     | Cu (ppm)                                    | 12,00  | 12,85   | 11,50  |
|     | Zn (ppm)                                    | 181,00   | 142,00  | 22,50  |
| 8.  | KTK – CEC (me/100 9)                        | 33,00  | 14,33   | 12,00  |
| 9.  | BJ  | 1,10   | 1,05    | 1,39   |

Keterangan :

I : Tanah Pasuruan (Pasuruan soil)

II : Tanah Campuran, terdiri atas tanah Madiun kahat K, pasir dan pupuk kandang dengan perbandingan volume 2:2:1

III : Tanah Madiun - kahat K

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengeprasan menyebabkan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu menurun, dan menurunnya aktivitas PEP-Case ini diduga sebagai salah satu penyebab turunnya produktivitas RC.
2. Hara N dan K --baik diberikan secara tunggal maupun secara bersama-sama-- dapat meningkatkan aktivitas PEP-Case di daun tebu PC dan RC<sub>2</sub> secara nyata, namun ada indikasi peran N dalam memacu aktivitas enzim fotosintesis ini lebih dominan dibanding dengan K.
3. Varietas tebu tahan kepras (M 442-51) mempunyai aktivitas PEP-Case lebih tinggi daripada varietas tidak tahan kepras (PS 60), namun ketika terjadi penurunan ketersediaan hara di dalam media, khususnya N dan K, penurunan aktivitas PEP-Case yang terjadi pada PS 60 lebih

besar dibanding dengan penurunan aktivitas enzim tersebut pada M 442-51.

4. Hara Mn dan Cu dapat berperan meningkatkan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu. Bahkan, ada indikasi pengaruh kedua hara ini dalam memacu aktivitas enzim fotosintesis tersebut lebih kuat dibanding dengan N dan K. Kajian lebih lanjut tentang peran fisiologis kedua unsur ini dalam memacu aktivitas PEP-Case perlu dilakukan.
5. Ada kemungkinan pola hubungan antara ketersediaan hara, khususnya N dan K, dan aktivitas PEP-Case di dalam daun tebu mungkin dapat dimanfaatkan sebagai penanda diri sifat ketahanan tebu terhadap perlakuan pengeprasan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alexander AG. 1973. *Sugarcane physiology; a comprehensive study of the Saccharum source to sink system*. Elsevier, Amsterdam.

- Anderson DL. & Bowen, JE. 1990. *Sugarcane nutrition. Potash and Phosphate Institute*, Atl., Georgia, USA.
- Anonim. 1988. Varietas tebu unggul Ps 60, *Brosur*, P3GI Pasuruan.
- Blackburn F. 1984. Sugar-Cane. *Tropical Agriculture Series*. Longman, London and New York.
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for quantitaion of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**:248-254.
- Calcino D, Kingston G, & Hayson M. 2000. Nutrition of the plant. *Dalam*: Hogarth, M and P Allsopp (Eds) *Manual of Cane Growing*. BSES, Indooroopilly, Brisbane: 153-193.
- Clements HF. 1980. *Sugarcane Crop Logging and Crop Control, Principles and Practice*, Pitman Publishing, London.
- Dillewijn VC. 1952. *Botany of Sugarcane*. Chronica Botanica, Waltham, Mass. USA.
- Effendi H, & Laoh B. 1984. Nomor mata tebu sebagai petunjuk untuk memilih bibit yang baik. *Pros. Pert. Teknis Tengah Tahunan Th. 1984*. P3GI, Pasuruan:230-246 .
- Filho JO. 1985. Potassium nutrition of sugarcane. *Dalam* : Munson, R.D. (Ed.). Potassium in agriculture. SSSA, Madison, Wisconsin, USA : 1045-1065.
- Hartt CE & Burr GO. 1967. Factors affecting photosynthesis in sugarcane. *Proc. Itn. Sugar Cane Technol.*, **12**:625-638.
- Henry PC & Ellis RD. 1996. Soils as a factor in sugarcane ratoon yield decline on an irrigated estate in Swaziland. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol Cong.*, **XXII (2)**:84-91.
- Hunsigi G. 1993. Production of sugarcane, Theory and practice. *Adv. Series in Agricultural Sci.* **21**. Springer-Verlag, Berlin.
- Ismail I. 1998. Peranan Na dan substitusi parsial KCl dan NaCl dalam pertumbuhan dan produksi tebu (*Saccharum officinarum* L) serta pengaruhnya terhadap ciri kimia tanah. *Disertasi Doktor*. Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor. Tidak Dipublikasikan.
- Marcshner H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. Acad. Press, London.
- Meyer JH. 1996. Soil management research for sustainable ratoon cane production in the South African Sugar Industry. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Cong.*, **XXII (2)**:14-21.
- Meyer JH. 1999. Monitoring long term soil sustainability in the South African Sugar Industry using a nutrient information retrieval system (NIRS). *Proc. Itn. Soc. Sugar Cane Technol. Cong. (Agric.)*:32-40
- Milligan SB, Gravois KA & Martin FA. 1996. Inheritance of sugarcane ratooning ability and the relationship of younger crop trait to older crop traits. *Crop Sci.*,**36**:45-50
- Mirzawan PDN, Ismail I, Hadisaputro S, Martoyo, Soemarno M, Saechu S, Bahri, Wahyudi KA, Soeparmono, Santosa BE, Pudjiarso, Soedjarwo O & Suwandi. 2000. *Evaluasi Pabrik Gula Rejo Agung Baru Tahun 2000*. P3GI Pasuruan, Tidak dipublikasikan.
- Misra A & Mathur PS. 1983. Ratooning sugarcane in India, retrospect and prospect. *The Ind. Sugar Crop J.*, **9 (3)**:1-4
- Rao KC & Asokan S. 1987. Studies on free proline association to drought resistance in sugarcane. *The sugar J.*, **40 (8)**:23-24.
- Rozeff N. 1988. Texas' 1988 sugarcane varieties census. *Sugar YAzucar*, **84 (7)**:27-29
- Salisbury FB & Ross CW. 1992. *Plant Physiology*. Fourth Edn. Wadsworth Publ. Co., Belmont, C.A.
- Soopramanien GC. 1996. Agronomic and physiological aspects of sugarcane ratooning. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Cong.*, **XXII (2)**:1-6.
- Soopramanien GC & Hunsigi G. 1996. Ratooning nutrition and environment: An overview. *Co-operative Sugar*, **22 (11)**:831-849.
- Stryer L. 1988. *Biochemistry. Third Edition*. W.H. Freeman and Co., New York.
- Sugiharto B, Miyata K, Nakamoto H, Sasakawa H & Sugiyama T. 1990. Regulation of expression of carbon assimilating enzyme by nitrogen in maize leaf. *Plant Physiol.*, **92**:963-969.
- Sugiharto B, Burnell JN & Sugiyama T. 1992. Cytokinin is required to induce the nitrogen-dependent accumulation of mRNAs for phosphoenolpyruvate carboxylase and carbonic anhydrase in detached maize leaves. *Plant Physiol* **100**:153-156.
- Sugiyama T, Mizuno M & Hayashi M. 1984. Partitioning of nitrogen among ribulosa-1,5-bisphosphate carboxylase / oxygenase, phosphoenol carboxylase and pyruvate orthophosphate dikinase as related to biomass productivity in mayze seedling. *Plant Physiol.* **75**:665-669.
- Sundara B. 1987. Ratoon management. *Dalam* : K. M. Naidu dan S. Arulraj (Eds.). *Sugarcane Production Technologies*. Sugarcane Breeding Institute (ICAR) (publ.):28-36
- Sundara B & Tripathi BK. 1999. Available N changes and N balance multi ratooning of sugarcane varieties in a tropical vertisol. *Proc. Itn. Soc. Sugar Cane Technol Cong.*, **XXIII (Agric.)**:80-87.
- Sundara B. 2004. *Agro-technology for multiratooning*. *Proc. Internl. Symp, on Sustainable Sugarcane and Sugar Production Technol.*, Nanning, P.R. China: 143-155.
- Yang SJ & Wang CH. 1996. Ratoon Management Practices Under Rainfed Agriculture in Fiji. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Cong.*, **XXII (2)**:207-211.