

## PERAN SILIKON SEBAGAI UNSUR BERMANFAAT PADA TANAMAN TEBU

Edo Yukamgo\* dan Nasih Widya Yuwono\*\*

\*Mahasiswa dan \*\* Dosen, Jurusan Tanah Fakultas Pertanian UGM

### ABSTRAK

Unsur bermanfaat merupakan unsur yang berguna bagi pertumbuhan tanaman tetapi tidak memenuhi kaidah unsur hara esensial karena jika unsur ini tidak ada, pertumbuhan tanaman tidak akan terganggu. Unsur-unsur yang termasuk menguntungkan bagi tanaman adalah Natrium (Na), Cobalt (Co), Chlor (Cl), dan Silikon (Si). Silikon (Si) merupakan unsur kedua terbanyak setelah oksigen (O) dalam kerak bumi dan Si juga berada dalam jumlah yang banyak pada setiap tanah.

Beberapa kajian menjelaskan bahwa Si memiliki beberapa peran penting terhadap tanaman tertentu seperti padi (*Oryza sativa*), jagung (*Zea mays*), dan tebu (*Saccharum officinarum*). Tebu merupakan salah satu monokotil akumulator Si yaitu tanaman yang serapan Si-nya melebihi serapannya terhadap air. Selama pertumbuhan (1 tahun), tebu menyerap Si sekitar 500-700 kg per ha lebih tinggi dibanding unsur-unsur lainnya.

Si dapat memberikan efek positif bagi tanaman tebu melalui dua hal yaitu pengaruh tak langsung pada tanah dengan meningkatkan ketersediaan P dan pengaruh langsung pada tanaman, seperti meningkatkan efisiensi fotosintesa, menginduksi ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik seperti hama dan penyakit, keracunan Fe, Al, dan Mn, mengurangi kerobohan dan memperbaiki *erectness* (ketegakan) daun dan batang, serta memperbaiki efisiensi penggunaan air. Untuk kedepannya, diharapkan pengetahuan tentang peranan unsur-unsur bermanfaat lainnya, seperti Natrium (Na), Cobalt (Co), Selenium (Se), dan Vanadium (Va), perlu dikembangkan dan disebarluaskan agar dapat meningkatkan produksi tanaman pertanian.

**Kata kunci :** unsur bermanfaat, silikon, tebu

### PENDAHULUAN

Tebu merupakan tanaman *Graminae* atau rumput-rumputan yang ditanam untuk bahan baku pembuatan gula. Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi sebagian besar penduduk dunia. Dari waktu ke waktu, industri gula selalu menghadapi berbagai masalah, sehingga produksinya belum mampu mengimbangi besarnya permintaan masyarakat (rumah tangga) dan industri. Meningkatnya konsumsi gula dari tahun ke tahun disebabkan oleh pertambahan penduduk, peningkatan pendapatan penduduk dan bertambahnya penduduk yang memerlukan bahan baku berupa gula (Anonim, 1994).

Indonesia pernah menjadi eksportir nomor dua terbesar di dunia di tahun 1930-an (Tabel 1), namun sekarang menjadi importir kedua terbesar di dunia dengan biaya produksi yang tinggi (Tabel 2). Rendahnya produksi ini, bukan hanya diakibatkan dari tuanya mesin produksi pada hampir 90% pabrik-pabrik gula yang ada di Indonesia, tetapi juga karena berkurangnya produksi tebu baik dari segi lahan yang tersedia maupun dari produktivitas atau budidaya (Anonim, 2004).

Beberapa negara di luar negeri sudah menerapkan banyak hal untuk meningkatkan produksi tebu, seperti perbaikan sistem tanam,

pengairan, pengendalian hama penyakit, dan pemupukan. Tanaman tebu termasuk tanaman yang sangat membutuhkan pupuk untuk dapat menghasilkan tebu dan gula yang lebih baik. Untuk memecahkan masalah ini diperlukan pupuk yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman tebu dan kandungan gula didalamnya.

Dalam arti luas, pemupukan adalah pemberian bahan kepada tanah dengan maksud memperbaiki atau meningkatkan kesuburan tanah. Pemberian bahan yang ditujukan untuk memperbaiki kondisi tanah baik fisika, kimia maupun biologi disebut amandemen (ameliorasi). Pemupukan menurut pengertian khusus ialah pemberian bahan untuk menambah unsur hara tersedia dalam tanah. Jadi pemupukan bertujuan memberi unsur hara yang cukup bagi kebutuhan tanaman dan atau memperbaiki atau memelihara kondisi tanah dalam hal potensi pengikatan unsur hara. Pemupukan yang tepat dan benar dapat mempercepat dan memperkuat pertumbuhan serta perkembangan tanaman, menambah daya tahan terhadap hama dan penyakit tertentu, maupun meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian (Thompson and Troeh, 1978).

Dalam pertumbuhannya tanaman membutuhkan unsur hara yang cukup banyak, baik hara makro maupun hara mikro, yang berasal

dari alam atau melalui penambahan pupuk ke dalam tanah. Selain pupuk makro atau mikro dan pupuk organik, dapat juga diterapkan pemberian pupuk Si. Beberapa kajian menjelaskan bahwa Si memiliki beberapa peranan penting pada tebu. Pemberian Si dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan P dan mengurangi aktifitas logam-logam beracun seperti Al, Fe dan Mn. Selain itu Si juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Semua peranan ini diharapkan secara langsung dapat meningkatkan produksi tanaman tebu sehingga kebutuhan gula nasional terpenuhi.

### TEBU (*Saccharum officinarum*)

Tebu adalah tanaman yang hanya dapat tumbuh di daerah beriklim subtropis dan tropis. Pada awalnya orang menduga bahwa tanaman tebu berasal dari India yaitu di wilayah sungai Gangga dan Indra. Hal ini diperoleh berdasarkan tulisan-tulisan dalam buku-buku kuno bangsa Hindu yang menyebutkan adanya tanaman tebu di daerah-daerah tersebut. Namun ada pula dugaan bahwa tanaman tebu berasal dari kepulauan Polynesia termasuk pulau-pulau di Indonesia bagian timur, karena di daerah ini lebih banyak ditemukan jenis tanaman tebu. Belum ada kepastian dari dua dugaan tersebut, yang dapat dipastikan adalah bahwa tanaman tebu sudah berabad-abad dikenal orang Indonesia. Seorang bangsa Tiong Hoa yang singgah di Jawa pada tahun 400 menuliskan di buku perjalanannya tentang penduduk Jawa yang sudah menanam tebu (Adisewojo, 1971).

Tanaman tebu termasuk golongan tanaman yang tumbuh di daerah beriklim sedang sampai panas, yaitu terletak di antara 40° LU dan 38° LS. Selama masih dalam fase pertumbuhan, tanaman tebu membutuhkan banyak air akan tetapi setelah tua (6-8 bulan) dan pada saat proses pemasakan/panen (12-14 bulan) tanaman tebu membutuhkan bulan kering dan ini sebaiknya tiba pada saat berakhirnya pertumbuhan vegetatif. Bila musim kering tiba sebelum pertumbuhan vegetatif berakhir, maka tanaman tebu yang tidak diirrigasi akan mati sebelum mencapai tingkat masak, sebaliknya bila hujan turun terus-menerus maka pertumbuhan vegetatif tebu tetap giat, sehingga tidak mencapai kadar gula tertinggi. Di tempat-tempat yang dekat dengan garis khatulistiwa yang pada umumnya perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau tidak jelas tanaman tebu sulit dibudidayakan (Soepardiman, 1996).

Tebu termasuk kelompok tanaman C-4 yang memiliki sifat antara lain dapat beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang terik (panas) dan bertemperatur tinggi, fotorespirasinya rendah

dimana sangat efisien dalam menggunakan air serta toleran terhadap lingkungan yang mengandung garam (Elawad *et. al.*, 1982).

Sebagai tanaman berbiji tunggal tanaman tebu memiliki batang yang dalam pertumbuhannya hampir tidak bertambah besar, hanya bertambah tinggi. Tanaman yang pertumbuhannya baik mencapai tinggi rata-rata 2,5-4 m, bahkan ada yang lebih dari 5 m, akan tetapi yang pertumbuhannya buruk, tingginya kurang dari 2 m. Bagian luar batang tebu berkulit keras sedangkan bagian dalamnya lunak, bagian inilah yang mengandung air gula (Adisewojo, 1971).

Air gula pada batang tebu mencapai 20 % mulai dari pangkal sampai ujungnya. Kadar air gula di bagian pangkal lebih tinggi dari pada bagian ujung. Oleh karena itu pada saat pemanenan, batang tebu digali dari tanah sehingga hampir tidak ada yang tersisa. Lain halnya jika akan mengambil hasil beberapa kali maka tanaman tebu dipotong batangnya saja sehingga pangkalnya masih ada dalam tanah (Anonim, 2007b).

Tanaman tebu memiliki akar serabut yang tumbuh dari lingkaran akar di bagian pangkal batang. Di tanah yang subur dan gembur, akar-akar tebu dapat tumbuh menjalar hingga panjangnya dapat mencapai 0,5-1 m. Akar-akar ini tidak tahan terhadap genangan air, bila terlalu lama tergenang maka akar akan membusuk sehingga tanaman layu dan mati. Daun tebu terdiri dari helai dan pelepah daun. Helai daun berbentuk garis yang panjangnya sekitar 1-2 m dan lebarnya 5-7 cm, tepi daun dan permukaan daun kasar. Daun-daun yang pertama keluar dari kuncup mempunyai helai yang kecil dengan pelepah yang membungkus batangnya sampai umur 5-6 bulan (Adisewojo, 1971).

Bunga tanaman tebu berupa bunga majemuk yang berbentuk malai. Waktu berbunga tanaman tebu adalah pada bulan Maret-Mei atau pada permulaan musim kemarau. Umumnya persarian bunga berlangsung dengan bantuan angin (*anemogami*) sehingga pembuahan terjadi karena penyerbukan sendiri atau penyerbukan silang.

Menurut Erwin dan Sastrosasmito (1995), bahwa tanah yang paling sesuai untuk tebu terutama adalah tanah alluvial yang berdrainase baik, bertekstur geluh atau geluh lempungan. Sedang menurut Pawirosemadi (1991), menyatakan bahwa tebu tidak memerlukan suatu tipe tanah khusus asalkan secara fisik sesuai. Oleh Radjagukguk (1995), dikatakan bahwa, tebu pada tanah-tanah masam mempunyai sifat yang toleran terhadap toksisitas aluminium, akan tetapi pertumbuhannya sering terhambat oleh kekurangan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).

Usaha penanaman tebu memerlukan faktor pengelolaan tanah.

Di Indonesia tanaman tebu ditanam di berbagai jenis tanah, misalnya tanah pasir, tanah lempung, tanah masam, dan tanah garaman (pasir pantai) (Adisewojo, 1971). Sifat dan keadaan tanah tentu saja mempunyai pengaruh atas tumbuhnya tanaman dan kadar gulanya dalam batang tebu. Hal yang harus diperhatikan adalah tanah harus subur, gembur, kemampuan menahan air, infiltrasi, dan permeabilitasnya baik. Di dataran yang terlalu tinggi (lebih dari 1300 meter di atas permukaan laut) pertumbuhan tanaman tebu sangat lambat dan produksi gulanya rendah (Richard, 2005).

### **SILIKON (Si) SEBAGAI UNSUR BERMANFAAT**

Dalam terminologi kesuburan tanah, terdapat 13 unsur hara yang diperlukan tanaman yaitu hara makro (N, P, K, Ca, Mg, S) dan hara mikro (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo), hara-hara tersebut dapat meningkatkan dan memelihara hasil tanaman. Hara makro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak, sedangkan hara mikro dibutuhkan dalam jumlah yang lebih sedikit.

Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan metabolisme disebut unsur hara esensial. Unsur hara dapat mempunyai fungsi sebagai konstituen dari suatu struktur organik tanaman, aktifator reaksi enzim atau pembawa muatan (*charge carrier*) dan osmoregulator.

Arnoun dan Stout (1939) dalam Roesmarkam dan Yuwono (2002) mengemukakan konsep unsur hara esensial, yaitu :

1. Tanaman tidak mampu menyelesaikan daur hidupnya tanpa kehadiran unsur tersebut
2. Fungsi dari unsur tersebut tidak mampu digantikan oleh unsur lainnya
3. Unsur tersebut harus secara langsung terlibat di dalam metabolisme tanaman. Sebagai contoh, sebagai komponen dari konstituen tanaman yang penting seperti enzim atau dibutuhkan untuk tahapan metabolik tertentu seperti reaksi enzim.

Kehadiran dan konsentrasi unsur di dalam tanaman bukan merupakan asas esensialitas suatu unsur. Tanaman tidak dapat secara selektif menyerap unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan dan perkembangannya. Tanaman juga menyerap unsur yang tidak diperlukan untuk pertumbuhannya dan bahkan bisa jadi unsur yang meracun. Selain hara esensial, terdapat juga hara non-esensial yang dalam kondisi agroklimat tertentu bisa memperkaya pertumbuhan tanaman

dengan mendorong proses fisiologi. Hara tersebut disebut dengan hara fungsional atau hara bermanfaat (pembangun) (Savant et.al., 1999).

Unsur bermanfaat merupakan unsur yang berguna bagi pertumbuhan tanaman tetapi tidak memenuhi kaidah unsur hara esensial karena jika unsur ini tidak ada, pertumbuhan tanaman tidak akan terganggu. Unsur hara pembangun (fakultatif) dianggap unsur yang tidak penting, tetapi merangsang pertumbuhan tanaman dan juga dapat menjadi unsur penting untuk beberapa spesies tanaman tertentu karena dapat menyebabkan kenaikan produksi. Unsur-unsur yang termasuk menguntungkan bagi tanaman adalah Natrium (Na), Cobalt (Co), Chlor (Cl), dan Silikon (Si).

Silikon (Si) merupakan unsur kedua terbanyak setelah oksigen (O) dalam kerak bumi dan Si juga berada dalam jumlah yang banyak pada setiap tanah (Tabel 3). Porsi terbesar Si tanah dijumpai dalam bentuk kuarsa atau kristal silikon (Buol *et. al.*, 1980). Pada umumnya tanah mengandung 5-40 % Si (Kovda, 1973). Dalam setiap kilogram tanah liat terkandung sekitar 200-320 g Si, sementara dalam tanah berpasir terdapat antara 450-480 g Si (Kovda, 1973). Si merupakan unsur yang *inert* (sangat tidak larut) sehingga selama ini Si dianggap tidak memiliki arti penting bagi proses-proses biokimia dan kimia. Juga, karena jumlahnya yang melimpah dalam tanah peran Si seringkali tidak terlalu diperhatikan atau bahkan tidak teramati.

Beberapa senyawa Si sebenarnya bisa larut dalam air. Si dapat membentuk senyawa-senyawa baru dengan aktivitas kimia dan biokimia relatif tinggi. Dalam Tabel Susunan Berkala Unsur (biasanya dijumpai dalam buku-buku Kimia Dasar), lokasi Si diapit oleh empat unsur lain. Di sebelah atas dan bawah masing-masing diapit unsur Karbon (C) dan Germanium (Ge), sedangkan di sebelah kiri dan kanannya masing-masing diapit Aluminium (Al) dan Phosor (P). Karakteristik Si agak mirip dengan keempat unsur yang mengapitnya. Si merupakan satu-satunya unsur yang bisa membentuk polimer stabil seperti C. Si berperilaku seperti Al dalam membentuk mineral (Sokolova, 1985). Si dapat menggantikan posisi P dalam DNA (Voronkov *et. al.*, 1978) dan Si memiliki sifat-sifat metalik serupa Germanium (Ge) (Iller, 1979).

Substansi Si yang aktif dalam tanah berbentuk asam monosilikat, asam polisilikat dan organosilikat (Matichenkov and Ammosova, 1996). Asam monosilikat merupakan pusat dari berbagai interaksi dan transformasi Si dan merupakan produk dari pelarutan mineral-mineral kaya Si (Lindsay, 1979). Asam-asam Si yang diadsorpsi

lemah serta larut dalam air dapat diserap langsung oleh tanaman dan mikroba. Mereka juga dapat mengendalikan sifat fisik dan kimia tanah (seperti mobilitas P, Al, Fe, Mn dan logam berat, aktivitas mikroba, stabilitas bahan organik), pembentukan asam polisilikat dan mineral-mineral sekunder dalam tanah. Asam polisilikat memiliki efek nyata terhadap tekstur tanah, kapasitas menahan air, dan erosi (Matichenkov *et. al.*, 1995). Asam polisilikat merupakan mineral yang dapat menstabilkan agregat tanah dan memperbaiki porositas tanah bila berada dalam jumlah yang tinggi sehingga dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Matichenkov and Bocharnikova, 2000).

Di wilayah tropika basah seperti di Indonesia, dimana rata-rata curah hujan dan suhu relatif tinggi, tanah umumnya memiliki kejenuhan basa dan kandungan Si rendah serta mengalami akumulasi aluminium oksida. Proses ini disebut desilikasi. Si dilepaskan dari mineral-mineral yang terlapuk, kemudian terbawa aliran air drainase atau tanaman yang dipanen. Potensi kehilangan Si dari tanah-tanah tropika bisa mencapai 54,2 kg per ha setiap tahun atau 200 kali lebih banyak dibanding Al yang hilang hanya 0,27 kg per ha dalam setahun.

Berbeda dengan unsur hara lainnya, kehilangan Si dari tanah jarang sekali dikompensasi melalui pemupukan. Konsentrasi asam monosilikat (bentuk Si yang tersedia bagi tanaman) cenderung terus berkurang pada lahan-lahan pertanian yang dibudidayakan secara intensif. Degradasi kesuburan tanah akan terjadi seiring dengan penurunan kadar asam monosilikat, terutama karena 2 alasan. Pertama, berkurangnya asam monosilikat akan diikuti dengan dekomposisi mineral Si (fenomena keseimbangan hara tanah), dimana yang terakhir ini memiliki arti penting dalam mengontrol berbagai sifat tanah. Kedua, penurunan asam monosilikat akan menurunkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Oleh karena itu, dalam rangka menjaga kesuburan tanah pemupukan Si sebenarnya diperlukan.

Silikon bukan merupakan unsur yang penting (esensial) bagi tanaman. Tetapi hampir semua tanaman mengandung Si, dalam kadar yang berbeda-beda dan sering sangat tinggi. Walaupun tidak termasuk hara tanaman, Si dapat menaikkan produksi karena Si mampu memperbaiki sifat fisik tanaman dan berpen-garuh terhadap kelarutan P dalam tanah. Tidak ada unsur hara lain yang dianggap non esensial hadir dalam jumlah yang secara konsisten banyak pada tanaman. Pada tanaman padi misalnya, kadar Si sangat tinggi dan melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S). Apabila kadar SiO<sub>2</sub> kurang dari 5% maka tegak

tanaman padi tidak kuat dan mudah roboh. Ro-bohnya tanaman menyebabkan turunnya produksi, dengan demikian pemu-pukan Si dianggap dapat menaikkan produksi tanaman (Roesmarkam dan Yuwono, 2002).

SiO<sub>2</sub> terdapat hampir pada semua batuan tanah. Ketersediaan Si tergantung kecepatan pelapukan batuan tersebut. Kadar Si dalam tanah sering dipengaruhi oleh reaksi adsorpsi, temperatur, air irigasi dan pH tanah (Gambar 1). Air irigasi untuk pertanian sering kali mengandung Si dengan jumlah yang cukup tinggi, sehingga dapat mempengaruhi ketersediaan Si dalam tanah (Tabel 4). Pada tanah asam, kadar Si dalam tanah cenderung tinggi dan pada pH tinggi umumnya kadarnya rendah. Jumlah Si yang terlarut (*dissolved*) dari tanah meningkat seiring meningkatnya suhu. Hal ini berkaitan dengan tingkat pelapukan batuan yang mengandung mineral silikat. Semakin tinggi suhu, maka tingkat pelapukan semakin tinggi. Pengapuran sering menyebabkan turunnya kadar SiO<sub>2</sub> dalam larutan tanah. Ketersediaan Si dipengaruhi oleh perbandingan Si tersedia terhadap seskuioksida tersedia. Makin tinggi ratio Si/Al atau Si/Fe, makin tinggi pula Si yang dapat diserap oleh tanaman padi (Sumida, 2002; Roesmarkam dan Yuwono, 2002).

Pasokan Si yang cukup pada serelia diharapkan mampu memperoleh hasil yang baik, karena dengan penambahan Si dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan sel. Pasokan Si membantu daun untuk lebih tegak dalam pengaruh kondisi pemupukan nitrogen yang tinggi, sehingga bisa meningkatkan tingkat fotosintesis. Penambahan Si yang cukup bisa mengurangi tendensi tanaman serelia untuk layu pada kondisi kekeringan mungkin karena penurunan permeabilitas atas uap air dari dinding sel epidermal daun.

Penyebaran Si dalam tanaman dipengaruhi oleh spesies tanaman. Pada tanaman yang kadar Si-nya rendah, Si terdapat dalam tanaman bagian atas dan bagian bawah hampir sama misalnya pada tanaman tomat dan sawi. Sedangkan pada *clover* (tanaman makanan ternak, legum) Si lebih banyak terdapat akar. Pada tanaman yang kandungan Si tinggi misalnya padi maka sebagian besar Si terdapat pada tanaman bagian atas.

#### **PERAN SILIKON (Si) PADA TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum*)**

Tanaman menyerap Si dalam jumlah banyak, melebihi unsur-unsur lainnya. Tanaman monokotil seperti famili rerumputan (*graminae*) menyerap Si lebih banyak dibanding tanaman kacang-kacangan dan dikotil. Berdasarkan kemampuan menyerap Si,

tanaman dibagi menjadi tiga golongan yaitu (Roesmarkam dan Yuwono, 2002):

- a. Gramineae basah seperti padi sawah, mendong menyerap  $\text{SiO}_2$  sekitar 10-15%,
- b. Gramineae kering seperti tebu dan rumput-rumputan sekitar 1-3% dan,
- c. Tanaman dikotil dan leguminose sekitar hanya 0,5%.

Ada tiga model berbeda dalam penyerapan Si oleh tanaman yang menyebabkan perbedaan dalam akumulasi Si yaitu (Mitani dan Ma, 2005):

a. Penyerapan aktif

Tanaman dengan model penyerapan aktif menyerap Si lebih cepat dari pada menyerap air, sehingga menghasilkan penurunan kandungan Si pada larutan.

b. Penyerapan pasif

Tanaman dengan model penyerapan pasif menyerap Si dengan tingkatan yang sama dengan menyerap air, tetapi tidak ada perubahan konsentrasi yang signifikan dalam larutan yang berhasil diamati.

c. *Rejective uptake*

Model *rejective uptake* cenderung untuk mengeluarkan Si yang dibuktikan dengan terjadinya peningkatan konsentrasi Si dalam larutan.

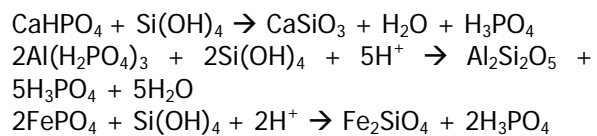
Tebu merupakan salah satu monokotil akumulator Si yaitu tanaman yang serapan Si-nya melebihi serapannya terhadap air. Selama pertumbuhan (1 tahun), tebu menyerap Si sekitar 500-700 kg per ha lebih tinggi dibanding unsur-unsur lainnya. Sebagai pembandingan, dalam kurun waktu yang sama tebu menyerap antara 100-300 kg K, 40-80 kg P, dan 50-500 kg N per ha.

Tebu menyerap Si dalam bentuk  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , yaitu suatu bentuk Si yang tidak bermuatan sehingga relatif tidak mobil dalam tanaman (Fox *et. al.*, 1967). Karena itu, konsentrasi Si dalam tanaman tebu sangat tergantung kepada konsentrasi Si yang larut dalam air tanah. Pergerakan Si dari akar ke batang dan bagian tanaman lainnya mengikuti aliran air. Air diserap akar, masuk ke batang kemudian menguap lewat batang/daun. Si terakumulasi dalam sel epidermis tebu, kemudian berintegrasi ke dalamnya sehingga akan memberikan kekuatan kepada batang dan daun tebu. Distribusi Si dalam batang dan daun tergantung pada laju evapotranspirasi tanaman (Savant *et. al.*, 1999).

Si dapat memberikan efek positif bagi tanaman tebu, dengan mekanisme yang belum sepenuhnya dipahami. Si mempengaruhi pertumbuhan tanaman tebu melalui dua hal, yaitu:

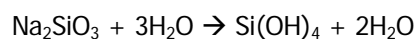
### a. Pengaruh tak langsung pada tanah

Beberapa kajian menjelaskan bahwa pengaruh Asam monosilikat pada sifat-sifat tanah terfokus dalam interaksinya dengan unsur Fosfat (P). Menurut Sudibyo (2008) pemberian Si pada tanah Andisol secara nyata dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah (Tabel 5). Penambahan Si pada tanah akan melalui dua proses. Proses pertama yaitu peningkatan konsentrasi Asam monosilikat pada tanah akan menghasilkan pengubahan P tidak larut menjadi P tersedia bagi tanaman. Fosfor yang tidak tersedia bagi tanaman berhenti pada sisi sematan menyebabkan P tersemat menjadi tersedia bagi tanaman. Hal ini karena  $\text{SiO}_4^{4-}$  memiliki elektronegatifitas lebih besar dibandingkan  $\text{PO}_4^{3-}$  sehingga  $\text{SiO}_4^{4-}$  dapat menggantikan  $\text{PO}_4^{3-}$  yang tersemat. Proses kedua yaitu Si dapat mengikat P sehingga pelindian P berkurang sekitar 40-90 %. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut (Matichenkov and Calvert, 2002) :



Pengaruh lainnya adalah Si dapat mengatasi keracunan tebu akibat kelebihan mangan (Mn) (Tabel 6). Tebu akan tumbuh baik pada rasio Mn/SiO<sub>2</sub> rendah. Bila tersedia Si yang cukup dalam tanah, tebu akan mengambilnya sehingga kadar Si dalam jaringan tanaman sama atau di atas 0,7% (berat kering). Pada kondisi demikian, rasio Mn/SiO<sub>2</sub> dalam jaringan tebu akan turun. Rasio yang rendah ini menyebabkan tanaman tumbuh lebih baik (Clements, 1965). Selain itu, keberadaan Si akan mendorong distribusi Mn yang lebih merata sehingga bisa terhindar dari akumulasi Mn seperti di daun yang berakibat pada nekrosis (Hodson and Sangster, 2002).

Dilain pihak, pemberian Si dalam bentuk natrium metasilikat pada tanah Andisol menyebabkan pH tanah meningkat (Tabel 6). Natrium metasilikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) akan terhidrolisis menurut reaksi berikut (Hanum, 1994) :



Selain itu pemberian Si juga berguna untuk mengurangi keracunan tebu terhadap Al dan Fe pada beberapa jenis tanah masam. Hadirnya  $\text{Si(OH)}_4$  dalam larutan tanah akan meningkatkan reaksi hidrolisis Al sehingga aktifitasnya menurun. Pasokan Si yang cukup meningkatkan efisiensi transpor oksigen dari bagian atas tanaman ke akar melalui pembesaran saluran gas. Sebagai hasilnya akan meningkatkan oksidasi dan kemudian memposisikan (deposition) Al dan Fe pada

permukaan akar, sehingga mengeluarkan unsur-unsur tersebut dari serapan berlebih oleh tanaman. Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa Si memperbaiki keracunan Al terhadap tanaman, tidak hanya dengan menurunkan aktivitas  $Al^{3+}$  dalam larutan tanah, tetapi juga mengurangi keracunan Al pada bagian dalam tubuh tanaman (Savant *et. al.*, 1999).

### b. Pengaruh langsung pada tanaman

Samuel (1969) menyatakan bahwa hara Si memiliki banyak peranan pada tanaman tebu, terutama pada tanah-tanah tropis seperti Oxisol, Ultisol, Entisol, dan Histosol (tanah organik). Beberapa kajian menjelaskan bahwa Si dapat meningkatkan hasil melalui peningkatan efisiensi fotosintesis dan menginduksi ketahanan terhadap hama dan penyakit (Matichenkov and Calvert, 2002).

#### 1. Peningkatan efisiensi fotosintesis

Fotosintesis merupakan kegiatan pembentukan makanan oleh tumbuhan yang dalam prosesnya memerlukan beberapa komponen seperti  $CO_2$ , air, dan cahaya. Fotosintesis akan terhambat bila tumbuhan kekurangan salah satu atau lebih komponen ini. Peningkatan efisiensi fotosintesis setelah pemberian Si dipengaruhi oleh beberapa hal meliputi penurunan cekaman kekurangan air dan peningkatan ketegakan tanaman (daun) serta pencegahan kerobohan.

##### a. Peningkatan ketegakan tanaman (daun) dan pencegah kerobohan

Peningkatan kadar Si dalam tebu dapat meningkatkan kekuatan mekanis jaringan sehingga bisa mencegah terjadinya kerobohan tanaman. Pada kondisi lapang dimana tebu tumbuh lebat biasanya daun dari satu tanaman dengan tanaman lainnya akan saling tumpang tindih bersaing memperebutkan cahaya. Pemberian Si menyebabkan daun tumbuh lebih kuat dan bisa merentang dengan baik, sehingga bisa mengurangi dampak negatif saling menaungi. Dampaknya lebih jauh menyebabkan proses fotosintesis relatif berjalan lancar. Dilaporkan pula, Si dalam daun membantu translokasi karbon hasil fotosintesis. Roesmarkam dan Yuwono, 2002 menyatakan bahwa hasil atau produksi tanaman akan meningkat dengan menguatnya batang dan akar serta lebih efektifnya fotosintesis karena posisi daun (kanopi) menjadi tegak sehingga daun dapat menyerap cahaya matahari lebih banyak.

##### b. Menurunkan cekaman kekurangan air

Air merupakan penyusun 85 – 95 % berat tumbuhan. Dalam sel, air diperlukan sebagai pelarut unsur hara sehingga dapat digunakan

untuk mengangkutnya, selain itu air diperlukan juga sebagai substrat atau reaktan untuk berbagai reaksi biokimia misalnya proses fotosintesis dan air dapat menyebabkan terbentuknya enzim dalam tiga dimensi sehingga dapat digunakan untuk aktivitas katalisnya. Tanaman yang kekurangan air akan menjadi layu, dan apabila tidak diberikan air secepatnya akan terjadi layu permanen yang dapat menyebabkan kematian.

Selama siklus hidup tanaman, mulai dari perkecambahan sampai panen selalu membutuhkan air. Tidak satupun proses kehidupan tanaman yang dapat bebas dari air. Besarnya kebutuhan air setiap fase pertumbuhan selama siklus hidupnya tidak sama. Hal ini berhubungan langsung dengan proses fisiologis, morfologis dan kombinasi kedua faktor di atas dengan faktor-faktor lingkungan. Air seringkali membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman budidaya. Respon tanaman terhadap kekurangan air itu relatif terhadap aktifitas metabolisme, morfologinya, tingkat pertumbuhannya, dan potensial hasil panennya (Gardner *et. al.*, 1991).

Kekurangan air bisa berakibat fatal pada tanaman tebu. Penambahan Si dapat menurunkan laju transpirasi air dari daun tebu. Lewin dan Reimann (1969) menyatakan bahwa laju transpirasi pada tebu yang kekurangan Si 30 %, lebih tinggi dibanding yang berkecukupan Si. Okuda dan Takahashi (1964) juga menyatakan hal yang sama, yaitu bahwa laju transpirasi pada tanaman tebu yang kekurangan Si 10 %, lebih tinggi dibanding yang berkecukupan Si.

Transpirasi pada tanaman terjadi melalui stomata. Stomata merupakan celah yang dibatasi oleh dua sel penjaga. Sel penjaga mempunyai penebalan dinding khusus (bagian tertentu menebal sedangkan bagian lainnya tidak menebal) dan di dalam selnya terdapat kloroplas. Ketika celah stomata terbuka maka molekul air akan bergerak dari konsentrasi tinggi (di dalam daun) ke konsentrasi rendah (lingkungan luar).

Pemberian Si dapat diasosiasikan dengan peningkatan kadar silika gel ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ) yang berasosiasi dengan selulosa pada sel epidermis dari dinding sel daun (Gambar 2). Akibatnya, lapisan silika gel yang tebal membantu menahan atau memperlambat kehilangan air akibat penguapan. Sedangkan pada dinding sel epidermis yang tidak terdapat lapisan silika gel yang tebal akan terjadi pelolosan air yang sangat cepat. Selain itu Si juga memperkuat dinding sel epidermis sehingga dapat menekan kegiatan transpirasi dan cekaman air dapat berkurang. Sintesis klorofil dibatasi pada kekurangan air yang lebih besar. Defisit air pada saat proses

fotosintesis berlangsung, berakibat pada kecepatan fotosintesis. Defisit air akan menurunkan kecepatan fotosintesis. Dari suatu penelitian disimpulkan bahwa perluasan daun dibatasi oleh ketersediaan air sehingga menurunkan efisiensi fotosintesis. Dengan tercukupinya kebutuhan air maka kegiatan fotosintesis dapat berjalan dengan lancar (Gardner *et. al.*, 1991).

Penggunaan terak silikat sebagai sumber Si bagi tebu telah banyak dilakukan di Hawaii, Mauritius dan Florida. Secara umum respon tebu terhadap pemupukan Si akan terlihat terutama pada tanah-tanah yang kekurangan Si. Pemupukan Si secara rutin pada tanah-tanah berkadar Si rendah di Hawaii dapat meningkatkan hasil tebu dan gula antara 10-50% (Tabel 7). Hasil serupa juga diperoleh di Mauritius dan Puerto Rico (Birowo *et. al.*, 1992).

Efek positif pemupukan Si biasanya akan terbawa hingga tanaman keprasan. Pemberian 6,2 ton per ha terak Si di Hawaii memberikan hasil tebu dan gula 20% lebih banyak hingga keprasan keempat (Ayres, 1966). Pemberian bahan serupa di Mauritius bahkan bisa meningkatkan hasil tebu hingga keprasan keenam, sementara di Florida hingga keprasan ketiga (Alvarez dan Gascho, 1979). Pemberian terak baja sebanyak 1-3 ton per ha dapat meningkatkan hasil tebu dan gula baik pada tanaman pertama (PC) maupun keprasan (Allorerung, 1989). Di Malaysia, pemberian abu ketel Pabrik Gula sebagai sumber Si antara 12-48 ton per ha dapat meningkatkan hasil tebu dan gula masing-masing hingga 20% dan 15% di atas kontrol (Birowo *et. al.*, 1992).

Peningkatan hasil tebu dan gula di atas sebagian besar terjadi karena kenaikan bobot tebu dan bukan oleh kenaikan rendemen. Hal ini mengindikasikan bahwa Si memperbaiki efisiensi fotosintesa tanaman tebu.

## 2. Ketahanan terhadap Hama dan Penyakit

Beberapa tanaman Graminae membutuhkan Silikon (Si) untuk mencapai kondisi kesehatan maksimum dan ketahanan terhadap hama dan penyakit (Zeyen, 2002). Pemberian Si dapat meningkatkan ketahanan tebu pada beberapa serangan penyakit seperti karat pada daun tebu (*sugarcane rust*), bintik-bintik hitam/coklat (*leaf freckle*), dan noda cincin (*sugarcane ringspot*) (Matichenkov and Calvert, 2002). Penyakit karat disebabkan oleh jamur *Puccinia kuehnii*, bintik hitam oleh *Dimeriella sacchari*, sedangkan penyakit noda cincin disebabkan oleh jamur *Helminthosporium sacchari* (Gambar 3) (Handoyo, 1982).

Karat daun yang membentuk bintik warna coklat dapat menyebabkan daun mati lebih awal dan menurunkan hasil tebu. Daun yang terserang karat memiliki efisiensi fotosintesa rendah (Ricard *et. al.*, 1989). Berbagai penelitian melaporkan bahwa penyakit karat berkurang atau hilang setelah pemberian Si (Tabel 8). Mekanisme fenomena tersebut tidak diketahui secara pasti. Deposit Si pada sel epidermis daun secara mekanis menghalangi serangan *hifa* jamur penyebab karat. Si juga mendorong asimilasi ammonium dan menjaga peningkatan kadar nitrogen larut seperti asam-asam amino dan amino yang dibutuhkan untuk propagasi *hifa* (Clements, 1965). Si dihipotesakan bergabung dengan selulosa di daun membentuk membran Si-selulosa, yang dapat melindungi daun dari serangan penyakit (Bollich and Matichenkov, 2002).

Tanaman tebu dapat diserang bermacam-macam hama, baik dari golongan serangga maupun non serangga. Hama-hama dari golongan serangga tidak kurang dari 131 jenis, tetapi yang kerap merugikan adalah penggerek pucuk (top borer) yang disebabkan oleh *Scirpophaga nivella* F. (Gambar 4) dan penggerek batang (stalk borer) yang disebabkan oleh *Chillo sacchariphagus* (Gambar 5) (Williams *et. al.*, 1989). Couhault (2008) melaporkan serangan penggerek pucuk pada tanaman tebu berumur 2 bulan dapat menurunkan hasil gula hingga 97 %.

Serangan hama penggerek batang dan pucuk dapat berkurang dengan pemberian Si (Tabel 9). Larva penggerek sebelum memulai serangan ke batang, terlebih dulu memakan jaringan epidermis penutup daun atau batang. Adanya kristal Si dalam jaringan tersebut menghindari terjadinya serangan, karena pada saat itu serangga penyebab penggerek masih memiliki rahang yang rapuh. Rahang serangga akan rusak bila menggigit kristal Si. Mekanisme ini terjadi juga pada hama penggerek pucuk (Anonim, 2006).

Sebaliknya, jaringan epidermis akan menjadi lunak apabila kebanyakan pupuk N sehingga mendorong kerentanan tebu terhadap serangan penggerek. Karena itu, kombinasi N dan Si tampaknya cukup baik dalam mendorong pertumbuhan tebu dan sekaligus meningkatkan ketahanan tebu terhadap penggerek (Elawad *et. al.*, 1982).

## 3. Inversi Sukrosa

Alexander *et. al.* (1971) menemukan peran Si dalam inversi sukrosa. Inversi sukrosa pada contoh nira tebu dapat dicegah hingga beberapa hari setelah penambahan natrium metasilikat. Bukti secara kromatografi menunjukkan metasilikat

secara fisik membentuk kompleks dengan sukrosa yang dapat mencegah menempelnya enzim invertase ke sukrosa. Invertase adalah enzim yang mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Selain itu, dikemukakan pula bahwa Si bergabung dengan gugus fruktosa dari sukrosa sehingga mencegahnya dari metabolisme mikroba.

## PENUTUP

Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa unsur bermanfaat memiliki peranan yang tak kalah pentingnya dari unsur hara makro lainnya yang memenuhi kaidah esensialitas. Seperti halnya Silikon (Si) bagi tebu yang memiliki banyak peranan dalam pertumbuhan dan metabolisme tanaman. Hal yang menguntungkan dari segi ekonomi adalah pemupukan Si dapat menghemat pemupukan P karena pemberian Si dapat meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman.

Pemupukan Si pada tanaman tebu di Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Namun demikian, studi yang lebih komprehensif penggunaan Si pada tebu masih perlu dilakukan. Penentuan dosis aplikasi yang tepat dengan didahului oleh analisis tanah dapat mengurangi dampak negatif pupuk Si. Bagaimanapun, di negara-negara penghasil gula utama dunia pemupukan Si sudah menjadi rutinitas dan tentu saja hal ini didasarkan pada argumen-argumen logis dan pertimbangan ekonomis.

Pengetahuan tentang peranan unsur-unsur bermanfaat lainnya, seperti Sodium (Na), Cobalt (Co), Selenium (Se), dan Vanadium (Va), perlu dikembangkan dan disebarluaskan agar dapat meningkatkan produksi tanaman pertanian. Produksi yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan ketahanan pangan nasional dan mendukung pertanian yang berkelanjutan (*sustainable agriculture*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisewojo, R. S. 1971. Bercocok Tanam Tebu. Sumur Bandung. Bandung.
- Alexander, A.G, Acin-Diaz, N., and Montalvo-Zapata, R. 1971. Inversion control in sugarcane juice with sodium metasilicate. *Proceedings International Society Sugar Cane Technologist*. 14:794-804.
- Allorerung, D. 1989. Influence of steel slag application to red/yellow podzolic soils on soil chemical characteristics, nutrient content and uptake, and yield of sugarcane plantations (*Saccharum officinarum* L.). *Bull. Pusat Penelitian Perkebunan Gula. Indonesia*. 136:14 -42.
- Alvarez, J. and Gascho, G.J. 1979. Calcium silicate slag for sugar cane in Florida. Part II-Economic response. *Sugar y Azucar*. 74:32-35.
- Anonim. 1994. Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Anonim. 2004. *Deklarasi oleh Serikat-Serikat Buruh Gula: Menuju Satu*. (<http://www.kompas.com>). Diakses tanggal 25 Desember 2007.
- \_\_\_\_\_. 2006. *Fighting a sugarcane pest with silicon applications*. (<http://www.innovations-report.de>). Diakses tanggal 25 Desember 2007.
- \_\_\_\_\_. 2007a. *Tebu (Sacharum officinarum, Linn.)*. (<http://www.portaliptek.net>). Diakses tanggal 25 Desember 2007.
- \_\_\_\_\_. 2007b. *Tebu*. (<http://www.id.wikipedia.org>). Diakses tanggal 25 Desember 2007.
- Ayres, A.S. 1966. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils. *Soil Science*. 101(3): 216-227.
- Birowo, A. T., Prabowo, D., Djojonegoro, P. 1992. Perkebunan Gula. Lembaga Pendidikan Perkebunan. Yogyakarta.
- Bollich, P. K. and V. V. Matichenkov. 2002. Silicon Status of Selected Louisiana Rice and Sugarcane Soils. Rice Reseach Station, Louisiana Agricultural Experiment Station and Indian River Research and Education Center. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata. Japan. 22: 50-53.
- Buol, S. W., F. D. Hole, and R. J. Mc Cracken. 1980. Soil Genesis and Classification. The IOWA State University Press. Ames.
- Clements, H. F. 1965. Effects of silicate on the growth and freckle of sugarcane in Hawaii. Puerto Rico. *Proceedings International Society Sugar Cane Technologist*. 12:197-215.
- Couhault, L. P. 2008. Penerapan Kebijakan Pengelolaan Hama Terpadu di Sugar Group Companies (SGC) Lampung. Seminar Perolehan Gelar Doktor di Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.



- Davidson, M. W. 2005. Leaf Tissue Organization. (<http://www.micro.magnet.fsu.edu>). Diakses tanggal 25 Desember 2007.
- Elawad, S. H., L. H. Allen Jr., G. J. Gascho. 1985. Influence of UV-B radiation and soluble silicates on the growth and nutrient concentration of sugarcane. *Soil Crop Science Society*. 44:134-141.
- Elawad, S. H., L. H. Allen Jr., G. J. Gascho. 1982. Response of Sugarcane to Silicate Source and Rate: I. Growth and Yield. II. Leaf Freckling and Nutrition. *Agronomy Journal*. 74(3) : 481-484.
- Erwin dan M. Sastromito. 1995. Evaluasi Kesuburan Tanah dan Pemupukan di areal Kebun Konversi PG Kuala Madu PT Perkebunan IX Medan. Dalam : Risalah hasil penelitian Areal kebun konversi PG Kuala Madu PT Perkebunan IX Medan. Medan.
- Fox, R. L., J. A. Silva, O. R. Younge, D. L. Flucknett and G. D. Sherman. 1967. Soil and Plant Silicon and Silicate Response by Sugar Cane. *Soil Science Society American Proceedings*. 31: 775-779.
- Gardner, F. P. , R. Brent pearce, and Goger L. Mitchell. 1991. The Physiologi of Cultivated Plants (Fisiologi Tanaman Budidaya). Universitas Indonesia Press.
- Handoyo, H. 1982. Penyakit Tebu di Indonesia. Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula. Pasuruan.
- Hanum, H. 1994. Pengaruh Pemberian Silikon (Si) terhadap Sifat Kimia Tanah Andisol. *Buletin Perkebunan*. 7(1) : 35-47.
- Hodson, M. J. and A. G. Sangster. 2002. Silicon and Abiotic Stress. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata. Japan. 41: 99-104.
- Iller, R. K. 1979. The Chemistry of Silica. Wiley, New York.
- Kumagai, K., F. Nakagawa, M. Morioka, and Kazuhiro N. 2002. The concentration of Silica in rice plant with reference to the Silica status in paddy field and river water in Yamagata Prefecture. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata. Japan. 30 : 72-75.
- Legaspi, J. C., Robert R. S and N. Rozef. 1997. Identifying and Managing Stalkborers on Sugarcane. Texas Agricultural Extension Service, The Texas A and M University System. (<http://www.insects.tamu.edu/extension/bulletins>). Diakses tanggal 25 Desember 2007.
- Lewin, J. and B.E.F. Reimann. 1969. Silicon and plant growth. *Annual Rev. Plant Physiology*. 20 : 289-304.
- Lindsay, W. L. 1979. Chemical Equilibra in Soil. John Wiley and Sons. New York.
- Matichenkov, V.V., D. L. Pinsky, and E. A. Bocharnikova. 1995. Influence of Mechanical Compaction of Soils on the State and Form of Available Silicon. *Eurasian Soil Science*. 27 (12) : 58-67.
- Matichenkov, V.V., and E. A. Bocharnikova. 1995. The Relationship of Silicon to Soil Physical and Chemical Properties. *Proceeding International Conference Silicon in Agriculture*, in press.
- Matichenkov, V. V and D. V. Calvert. 2002. Silicon as a Beneficial Element for Sugarcane. *Journal American Society of Sugarcane Technologist*. 22 : 21-30.
- Mitani, N. and J. F. Ma. 2005. Uptake System of Silicon in Different Plant Species. *Journal of Experimental Botany*. 56 (414) : 1255-1261.
- Nizuma, S., Shoko Kubo and H. Morikuni. 2002. Effect of Silica Gel Application on Growth and Silicon Contents of Rice Seedling in Nursery Bed With Different Available Silicon Contents. *Proceedings of Silicon in Agriculture*. Yamagata Japan (II). 66 : (198-109).
- Pawirosemadi, M. 1991. Himpunan Diktat Khusus Tanaman Tebu. P3GI. Pasuruan.
- Preez, P. 1970. The effect of silica on cane growth. *The South African Sugarcane Technologist Association Proceedings*. 44:183-188.
- Radjagukguk, B. 1985. Ketenggangan Tanaman Budidaya Terhadap Kemasaman Tanah Dengan Penekanan Khusus Pada Tebu. Seminar Hasil Mingguan P3GI (Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula). Pasuruan.
- Raid, R.N, Anderson, D.L., and Ulloa, M.F. 1992. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugarcane. *Crop Protection*. 11(1):84-88.
- Ricard, C., B. T. Egan, A. G. Gillaspie Jr., and C. G. Hughes. Disease of Sugarcane : Major Diseases. Elsevier Publishing Company. New York.

- Richard, M. J. 2005. Sugarcane Yield, Sugarcane Quality and Soil Variability in Louisiana. *Agronomy Journal*. 97(3) :760-771.
- Roesmarkam, N. W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius. Yogyakarta.
- Samuels, G. 1969. Silicon and sugar. *Sugar y Azucar*. 66(4): 25-29.
- Savant, N. K, Korndorfer, G. H., Datnoff, L. E. and Snyder, G. H. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal Plant and Nutrition*. 22 (12):1853-1903
- Soepardiman. 1996. Bercocok Tanam Tebu. LPP. Yogyakarta.
- Sokolova, T. A. 1985. The Clay Mineral in the Humid Regions of USSR. Novosibirsk, Nayka.
- Sumida, H. 2002. Plant Available Silicon in Paddy Soil. National Agricultural Research Center for Tohoku Region Omagari. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata. Japan. 21: 43-49.
- Sudibyo, B. S. B. 2008. Pengaruh Pemberian Si terhadap Serapan Si dan hasil Jagung (*Zea mays*, L) pada Andisol. Skripsi Sarjana S1 Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Thompson, L.M., and F.R. Troeh. 1978. Soil and Soil Fertility. Mc graw-Hill Book.Co. New York.
- Voronkov, M. G., G. I. Zelchan, and A. Y. Lykevic. 1978. Silicon and Life. Riga, Zinatne.
- Williams, J. R., J. R. Metcalfe, R. W. Montgomery, and R. Mathes. 1989. Pest of Sugarcane, Chapter 9 : The Top Borer and Stalk Borer of Sugarcane. Elsevier Publishing Company. New York.
- Zeyen, R. J. 2002. Silicon in Plant Cell Defense Against Cereal Powdery Mildew Disease. Departement of Plant Pathology University of Minnesota. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata. Japan. 11: 15-21

**Tabel 1. Sugar production, consumption, imports and exports Indonesia**

Year	Production	Consumption	Imports	Exports
1931	2.845.641	395.428	0	2.004.184
1932	2.611.451	357.311	0	1.490.570

Sumber : Indonesian Sugar Research Institute, 1984

**Tabel 2. Proyeksi impor gula tebu di dunia**

Negara	Impor 2001/02 Volume (Juta ton)	Impor 2002/03 Volume (Juta ton)	Pertumbuhan 2002-2003 (%)	Impor 2003/2004 Volume (Juta ton)
Eropa Timur	8,161	8,223	0.76	7,610
Uni Eropa	2,087	2,100	0.62	2,150
Indonesia	1,600	1,600	0	1,600
China	1,375	540	-60.73	580
Jepang	1,407	1,466	4.19	1,402
Amerika Serikat	1,385	1,510	9.03	1,457
Canada	1,239	1,190	-3.95	1,175
Timur Tengah	6,704	7,086	5.7	6,907
Afrika	4,932	5,421	9.91	5,675
Total Dunia	37,817	38,048	0.61	37,436

Sumber : USDA: Sugar Market and Trade (2002)

**Tabel 3. Kadar 8 unsur dalam kerak bumi**

No	Unsur	% berat atom	% jumlah atom
1	O (Oksigen)	46.60	62.55
2	Si (Silikon)	27.72	21.22
3	Al (Aluminium)	8.13	6.47
4	Fe (Besi)	5.00	1.92
5	Mg (Magnesium)	2.09	1.84
6	Ca (Calcium)	3.63	1.94
7	Na (Natrium)	2.83	2.64
8	K (Kalium)	2.59	1.42
Jumlah		98.59	100.00

Sumber : Buol *et. al.*, 1980

**Tabel 4. Konsentrasi Si pada air irigasi di Yamagata, Jepang**

Distrik	SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	
	1956	1996
Murayama	30,4 ± 4,2	10,6 ± 2,6
Saihoku	22,6 ± 5,5	11,7 ± 4,5
Okitama	19,4 ± 11,9	8,9 ± 1,7
Shonai	19,7 ± 4,2	9,8 ± 3,0
Rata-rata	23,9 ± 9,7	10,2 ± 3,2

Sumber : Kumagai, 2002

**Tabel 5. Pengaruh pemberian Si terhadap P tersedia pada tanah Andisol**

No.	Dosis Si (gram Si/m <sup>2</sup> )	P tersedia (mg/kg)
1.	0	1,174
2.	50	2,029
3.	100	2,348
4.	200	2,031

Sumber : Sudibyo, 2008

**Tabel 6. Pengaruh pemberian Si terhadap peningkatan pH dan penurunan logam berat Mn**

Tanah yang digunakan	CaSiO <sub>3</sub> (ton/ha)	pH tanah	Kandungan Mn (g/kg)	Rasio Mn/SiO <sub>2</sub>
Lempung 71 %	0	4,67	360	79
	4,5	4,7	278	47
	9,0	4,8	263	41
	18,0	5,0	223	25
Lempung 63 %	0	4,5	338	61
	4,5	5,0	230	24
	9,0	5,1	128	13
	18,0	5,4	57	4

Sumber : Preez, 1970

**Tabel 7. Pengaruh penambahan Si pada pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) dan gula yang dihasilkan**

Jenis tanah	Sumber Si	Dosis Si (ton/ha)	Produksi tebu		Hasil gula	
			ton/ha	%	ton/ha	%
Latosol, Mauritius	Terak baja	0	256,8	96,3	26,7	97,4
		6,177	313,7	117,6	33,8	123,4
Latosol, Hawaii	Terak baja	0	253	100	23,4	100
		4,5	338	133,5	32,7	139,7
Histosol, Florida	CaSiO <sub>3</sub>	0	126	100	12,5	100
		6,7	194	153,9	23,8	190,4

Sumber : Matichenkov and Calvert, 2002

**Tabel 8. Pengaruh pemberian Si pada beberapa varietas tanaman tebu terhadap serangan penyakit karat (*Puccinia kuehnii*)**

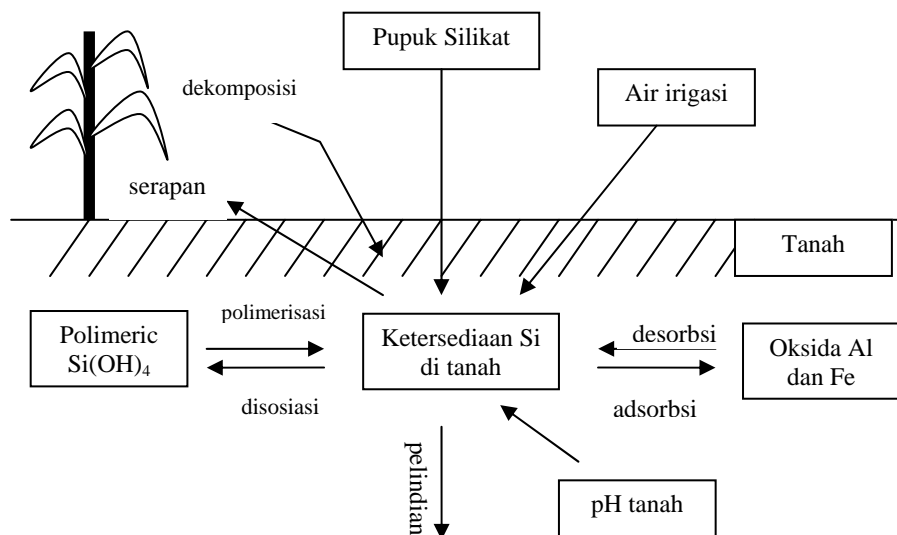
Varietas	Si (ton/ha)	Si pada jaringan (%)	Daun yang terserang penyakit karat (%)
CP72-1210	0	0,28	45,8
	6,7	0,67	17,8
CP74-2005	0	0,29	23,0
	6,7	0,59	7,6
CP72-2086	0	0,25	11,5
	6,7	0,73	2,0

Sumber : Raid *et. al.*, 1992

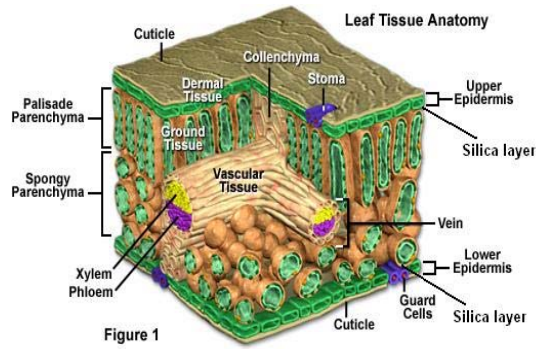
**Tabel 9. Pengaruh pemberian Si pada tanaman tebu berumur 2 bulan terhadap hama penggerek pucuk (*Scirpophaga nivella F.*) dan penggerek batang (*Chillo sacchariphagus*)**

No.	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g Si/pot)	Tanaman yang terserang		Berat kering (g/tanaman)	Si pada jaringan (%)
		Penggerek pucuk (%)	Penggerek batang (%)		
1.	Control (0)	95	73	450	0,29
2.	68	42	20	482	1,39
3.	136	12	7	505	2,39

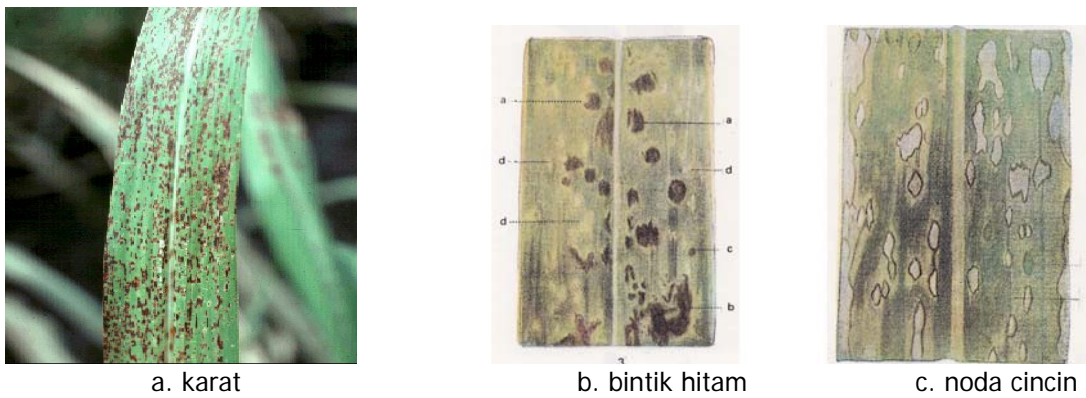
Sumber : Elawad *et. al.*, 1982



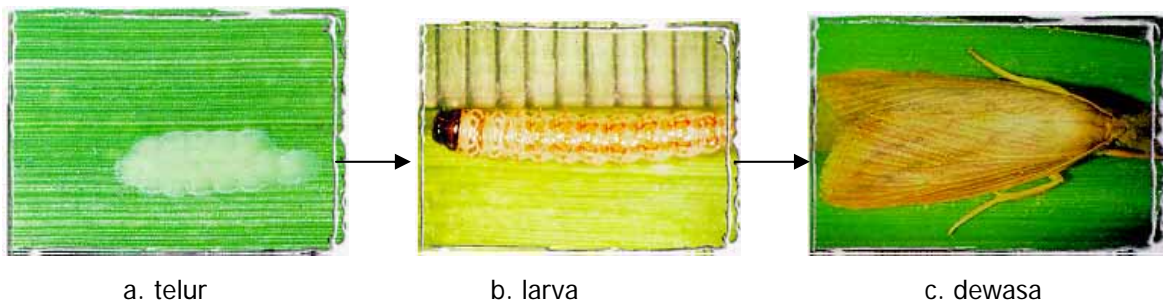
**Gambar 1. Faktor-faktor yang mengontrol ketersediaan Si di tanah (Modifikasi Sumida, 2002)**



Gambar 2. Lapisan silika gel pada dinding sel epidermis (Davidson, 2005)



Gambar 3. Tanaman tebu yang terserang penyakit (Handoyo, 1982)



Gambar 4. Hama penggerek pucuk (*Scirpophaga nivella* F.) (Legaspi et. al., 1997)



Gambar 5. Hama penggerek batang (*Chillo sacchariphagus*) (Legaspi et. al., 1997)