

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Abu Ketel

Abu ketel merupakan residu bagas yang digunakan sebagai bahan bakar boiler. Umumnya abu ketel digunakan sebagai amelioran tanah di perkebunan tebu. Sementara manfaat lainnya dilaporkan oleh Hussein dkk. (2014) sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan *concrete*. Adapun karakteristik fisika dan kimia dari abu ketel dilaporkan oleh Goyal dkk. (2007) (Tabel 1).

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia abu ketel.

No.	Komposisi	
1.	SiO ₂ (%)	62.43
2.	Al ₂ O ₃ (%)	4.38
3.	Fe ₂ O ₃ (%)	6.98
4.	CaO (%)	11.8
5.	MgO (%)	2.51
6.	SO ₃ (%)	1.48
7.	K ₂ O (%)	3.53
8.	LOI (%)	4.73
9.	Densitas (g/cm ³)	2.52
10.	Luas permukaan (cm ² /g)	5140
11.	Ukuran partikel (µm)	28.90
12.	Warna	Abu – abu kemerahan

Diambil dari Goyal dkk. (2007).

Tabel 1 menunjukkan bahwa abu ketel memiliki silika dalam jumlah besar. Selain itu, abu ketel juga mengandung beberapa unsur hara diantaranya kalium, kalsium dan magnesium dalam jumlah relatif tinggi.

2.2 Silika

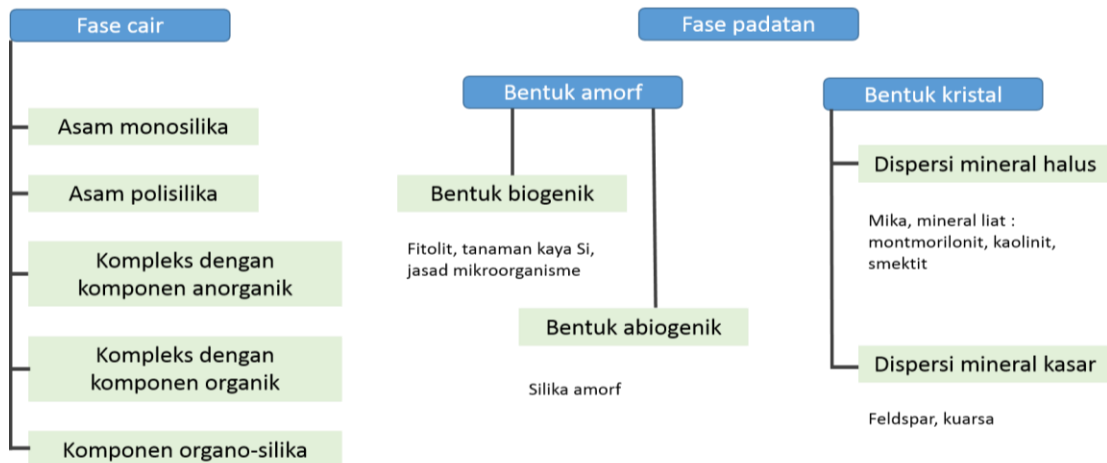
Untuk tumbuh dan berkembang, tanaman memerlukan nutrisi yang terdiri dari unsur – unsur hara makro dan mikro. Di luar unsur – unsur tersebut, masih ada unsur - unsur yang dapat memicu pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada kondisi tertentu, salah satunya adalah silika (Savant dkk., 1999). Di kerak bumi, silika merupakan unsur yang paling banyak dijumpai kedua setelah oksigen (Meyer dan Keeping, 2000). Penelitian mengenai silika telah dimulai sejak tahun 1840, hasilnya menunjukkan bahwa sodium silika direkomendasikan sebagai pupuk silika oleh Justius von Leibig (Snyder dkk., 2006). Pemupukan silika memberi manfaat ganda, yaitu :

- Tanaman : meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, serangan serangga, dan kondisi iklim yang kurang menguntungkan.
- Tanah : memperbaiki sifat fisika, kimia tanah, ketersediaan air, serta memelihara hara dalam bentuk tersedia bagi tanaman.

2.2.1 Silika Dalam Tanah

Secara umum, tanah mengandung 50 – 400 g Si kg⁻¹. Bentuk silika di dalam tanah adalah SiO₂ dan berbagai aluminosilika. Kuarsa, plagioklas, ortoklas, feldspar, smektit, kaolin, vermikulit, serta silika amorf merupakan berbagai bentuk yang umum dijumpai di dalam tanah. Asam monosilikat dan polisilikat merupakan bentuk silika

terlarut di dalam tanah. Komponen silika di dalam tanah secara gamblang dijabarkan oleh Matichenkov dan Bocharnikova (1999) (Gambar 1).

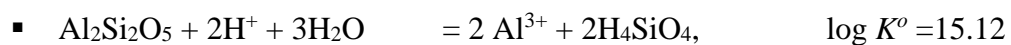


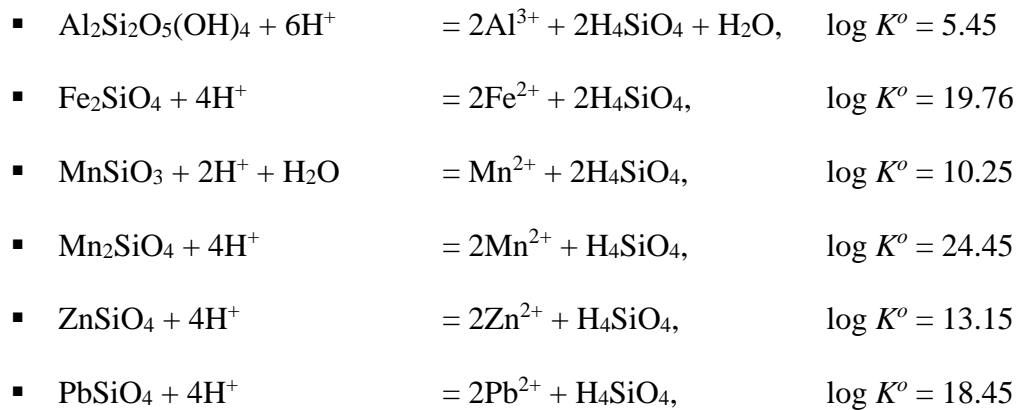
Gambar 1. Klasifikasi komponen silika di dalam tanah (Matichenkov dan Bocharnikova, 1999)

Pemupukan silika merupakan upaya yang ditujukan untuk menyediakan silika dalam bentuk yang dapat diserap tanaman. Bahan – bahan yang digunakan sebagai sumber silikat untuk pemupukan berupa : 1) bahan an-organik meliputi kalsium silika, terak baja, abu terbang pembangkit listrik, kalium silika, kalsium silika hidrat, silika gel, thermo-phosphate. 2) bahan organik : sisa tanaman (jerami, bagas, abu ketel) (Snyder dkk., 2006).

2.2.2 Reaksi Kimia Silika

Beberapa reaksi kesetimbangan silika di dalam tanah dan air adalah sebagai berikut :





Asam monosilika dapat bereaksi dengan aluminum, besi, mangan, dan logam berat seperti Pb dan Zn. Kehadiran ion H^+ dapat mendisposisi ikatan tersebut dan menghasilkan formasi asam monosilika (Snyder dkk., 2006). Kelarutan silika dipengaruhi oleh pH, suhu, dan tekanan. Silika di bawah pH 8 akan berbentuk sebagai asam monosilikat dan pada pH di atas 8, silika akan terionisasi dan membentuk ion silika (Sheikholeslami dkk., 2001).

Anion dari asam monosilikat $[\text{Si}(\text{OH})_3]\text{O}^-$ dapat menggantikan anion fosfat $[\text{HPO}_4]^{2-}$ yang berikatan dengan Ca, Mg, Al, dan Fe. Silika juga dapat menggantikan fosfat dari molekul DNA & RNA yang menyebabkan molekul DNA & RNA, menjadi lebih stabil Snyder dkk. (2006).

2.2.3 Silika Dalam Tanaman

Konsentrasi silika antarspesies tanaman bervariasi antara 1 s.d 100 g Si kg^{-1} berat kering. Silika diserap tanaman dalam bentuk asam monosilikat atau asam orthosilikat (H_4SiO_4). Tanaman penyerap silika dalam jumlah besar di antaranya adalah tebu (300

– 700 kg Si ha⁻¹), padi (150 – 300 kg Si ha⁻¹), dan gandum (50 – 150 kg ha⁻¹). Silika diserap melalui mekanisme difusi atau aliran massa (Meyer dan Keeping, 2000; Savant dkk., 1999; Snyder dkk., 2006).

Di dalam tubuh tanaman, asam monosilikat bergerak dari akar menuju daun secara pasif melalui xylem. Silika terkonsentrasi pada jaringan epidermis sebagai lapisan membrane silika-selulosa serta berasosiasi dengan pektin dan ion kalsium. Peningkatan konsentrasi silika menyebabkan terjadinya polimerisasi asam monosilikat yang dikenal sebagai *silicon gel* atau *biogenic opal*, SiO₂ amorf yang terhidrasi dengan sejumlah molekul air. Sebanyak 90 % silika di jaringan tanaman berada dalam bentuk *phytoliths* atau struktur silika-selulosa. Struktur ini menguatkan sistem tubuh tanaman (Meyer dan Keeping, 2000; Savant dkk., 1999; Snyder dkk., 2006).

2.2.4 Manfaat Silika Bagi Tanaman

Aplikasi silika dilaporkan oleh banyak penelitian memberikan pengaruh positif terhadap tumbuh kembang tanaman, di antaranya dalam menghadapi cekaman baik biotik maupun abiotik dan meningkatkan produktivitas tanaman (Snyder dkk., 2006). Silika memberi manfaat pada berbagai jenis tanaman seperti padi, tebu, gandum, barley, tanaman hortikultura (Meyer dan Keeping, 2005) dan kapas (Gogi dkk., 2010).

2.2.4.1 Pengaruh terhadap cekaman biotik

Akumulasi silika pada jaringan epidermis menyebabkan penebalan membran silika-selulosa, berasosiasi dengan pektin dan ion kalsium sehingga terbentuk lapisan ganda

yang melindungi serta menguatkan tanaman secara mekanik. Silika dapat juga berikatan dengan kompleks organik di dinding sel epidermis sehingga meningkatkan ketahanan terhadap degradasi oleh enzim yang dilepaskan jamur, seperti jamur blas padi (*Magnaporthe grisea* M.E. Barr). Silika juga berasosiasi dengan kompleks lignin-karbohidrat pada dinding sel epidermis padi. Silika merangsang aktivitas kitinase dan mempercepat aktivasi peroksidase dan polipenoksidase setelah infeksi oleh jamur (Snyder dkk., 2006).

Aplikasi amelioran tanah yang mengandung silika menekan kerusakan jaringan tanaman akibat serangan hama penggerek pucuk (Saeroji dkk., 2010). Hama mealybug yang menyerang tanaman kapas mengalami kematian nimfa 10 – 61 kali lebih tinggi pada perlakuan silika (Gogi dkk., 2010).

2.2.4.2 Pengaruh terhadap cekaman abiotik

Akumulasi silika pada dinding sel dan jaringan xylem menyebabkan tanaman lebih tahan terhadap tekanan transpirasi tinggi yang disebabkan oleh cekaman kekeringan atau suhu tinggi. Membran silika-selulosa pada jaringan epidermis melindungi tanaman dari kehilangan air berlebihan akibat transpirasi. Hal ini disebabkan adanya pengecilan ukuran stomata (Snyder dkk., 2006). Silika juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi salin dalam penurunan efek toksisitas logam berat (Meyer dan Keeping, 2000). Tanaman gandum yang diaplikasi silika lebih tahan terhadap cekaman kekeringan yang ditunjukkan dengan kebocoran elektrolit yang menurun (Karmollachaab dkk., 2013).

2.2.4.3 Produktivitas Tanaman

Optimasi hara silika menghasilkan peningkatan biomassa dan volume akar, serta memperlebar luas area penyerapan. Aplikasi pupuk silika pada padi meningkatkan bobot bulir bernas (Savant dkk.,1999). Sementara pada jeruk, terjadi percepatan pertumbuhan sebesar 30 – 80 % dan jumlah buah dihasilkan meningkat akibat hara silika (Snyder dkk., 2006). Saeroji dkk. (2010) mencatat peningkatan hasil tebu per hektare sebesar 39.9 % lebih tinggi dari kontrol pada aplikasi bahan amelioran yang mengandung silika sebesar 7.97 %. Aplikasi kalsium silikat di Australia pada dosis 12 t/ha meningkatkan hasil panen tebu sebesar 32, 35, dan 23 % lebih tinggi dari kontrol berturut – turut untuk wilayah Innisfail, Mossman dan Bundaberg (Berthelsen dkk., 2003).