

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Syarat Tumbuh Tanaman Sawi

Di Indonesia tanaman sawi umumnya ditanam di dataran rendah. Tanaman sawi memiliki kesesuaian yang harus dipenuhi dari segi tanah, iklim dan ketinggian tempat untuk mampu berproduksi secara optimal. Berikut adalah beberapa persyaratan tumbuh tanaman sawi :

a. Tanah

Tanah sebagai media tanam untuk tanaman sawi memiliki peran penting dalam menentukan tingkat produktivitas dari tanaman sawi. Media tanam tanah yang cocok dan dikehendaki tanaman sawi adalah tanah dengan kandungan humus yang tinggi, tanah gembur, memiliki saluran drainase yang baik dan memiliki pH tanah berkisar antara 6-7 (Haryanto *et al.*, 2007).

b. Iklim

Tanaman sawi berasal dari daerah yang beriklim sedang (sub tropis), namun dapat berkembang juga di daerah beriklim tropis seperti Indonesia. Iklim yang dikehendaki tanaman sawi untuk tumbuh secara optimal adalah daerah yang memiliki suhu pada siang hari 21,1°C dan suhu pada malam hari 15,6°C. Intensitas lama penyinaran matahari sebesar 10-13 jam (Rukmana, 2002).

c. Ketinggian tempat

Ketinggian tempat untuk penanaman sawi umumnya dapat ditanam di daerah dengan ketinggian 5 sampai 1200 meter diatas permukaan laut (mdpl), sehingga tanaman sawi dapat dibudidaya dan dikembangkan pada daerah yang memiliki kategori dataran rendah sampai dataran tinggi. Sawi juga dapat tumbuh dan berkembang di daerah yang memiliki suhu tinggi maupun rendah. Untuk memperoleh hasil produksi dan vigor tanaman yang optimal, tanaman sawi yang ditanam di daerah dataran tinggi memiliki tingkat hasil vigor tanaman yang lebih baik. Sawi menghendaki iklim yang sejuk karena tanaman ini berasal dari daerah beriklim sedang (sub tropis). Namun di Indonesia tanaman ini umumnya juga dibudidaya dan dikembangkan di daerah dengan ketinggian lebih dari 100-500 mdpl (Haryanto *et al.*, 2007).

Kebutuhan hara tanaman sawi dapat diberikan dengan pupuk organik maupun anorganik. Kebutuhan hara ini penting karena hara yang diberikan melalui pemupukan merupakan nutrisi bagi tanaman yang digunakan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Berdasarkan penelitian Idris (2015) menyatakan bahwa dosis pemupukan urea 750 kg/ha merupakan dosis pemupukan urea sebagai sumber pupuk nitrogen terbaik. Semakin tinggi dosis pupuk nitrogen maka semakin meningkat pertumbuhan vegetatif dan hasil sawi, karena unsur nitrogen sangat berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif. Menurut BPTP Jakarta (2011) untuk kebutuhan hara P dan K maka dapat diaplikasikan pupuk SP-36 dan KCL diberikan dengan dosis 100 kg/ha dan 75 kg/ha.

2.2 Karakteristik Zeolit

Mineral zeolit telah dikenal sejak tahun 1756 oleh Cronstedt ketika menemukan Stilbit yang bila dipanaskan seperti batuan mendidih (*boiling stone*) karena dehidrasi molekul air yang dikandungnya. Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasi sebagai golongan mineral tersendiri, yang saat itu dikenal sebagai *molecular sieve materials*. Di Indonesia zeolit ditemukan pada tahun 1985 oleh Pusat Penelitian Teknologi Mineral (PPTM) dalam jumlah besar di beberapa daerah di Pulau Jawa dan Sumatra (Las, 2006).

Mineral zeolit merupakan mineral yang terbentuk dari bahan tuf vulkanik yang terjadi jutaan tahun lalu. Indonesia kaya akan mineral zeolit karena banyak gunung api yang mengeluarkan bahan piroklastik berbutir halus (tuf) bersifat asam dan berkomposisi riolitik bermasa gelas. Penyebaran batuan ini terutama mengikuti daerah busur dalam vulkanik yang tersebar luas di Pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Maluku. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Teknologi Mineral (1990), lebih dari 50 deposit ditemukan dan jenis mineral zeolit yang ditemukan umumnya adalah klinoptilolit dan mordenit. Lokasi penambangan secara komersial terdapat di Lampung, Bayah, Sukabumi, Bogor, Bandung, Tasikmalaya, Blitar dan Malang. Dari sejumlah besar deposit zeolit, baru sebagian kecil yang sudah dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Jumlah deposit zeolit Indonesia tidak kurang dari 250 juta ton. Dengan tingkat produksi 100-250 ribu ton/tahun, cadangan zeolit Indonesia tidak habis dalam 1000 tahun (Suwardi, 2009). Berdasarkan Suminta (2005) jenis atau

topologi zeolit alam yang ada di Indonesia umumnya adalah topologi mordenit, klinoptilolit dan smectit. Adapun hasil analisis kimia zeolit disajikan dalam Tabel 1:

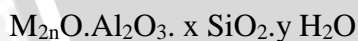
Tabel 1. Komposisi mineral zeolit

Nomor Lab	1076/2001	1076A/2001
Unsur	I-Halus (%)	II-Bongkah (%)
SiO ₂	66,9	72,6 (Metode:SNI-13-3608-1994)
Al ₂ O ₃	11,43	10,55 (Metode:SNI-13-3608-1994)
Fe ₂ O ₃	4,59	2,58 (Metode:SNI-13-3608-1994)
TiO ₂	0,18	0,16 (Metode:SNI-13-3608-1994)
CaO	2,40	1,40 (Metode:SNI-13-3608-1994)
MgO	1,44	1,00 (Metode:SNI-13-3608-1994)
K ₂ O	1,95	2,45 (Metode:SNI-13-3608-1994)
Na ₂ O	1,29	1,29 (Metode:SNI-13-3608-1994)
LOI	9,66	7,82 (Metode:SNI-13-3608-1994)

Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, 2001.

Zeolit sebagai bahan pembenah tanah merupakan mineral dari senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan struktur berongga dan mengandung kation-kation alkali yang dapat dipertukarkan (Al-Jabri, 2010). Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

Menurut Sutopo, 1991 (*dalam* Sutarti dan Rachmawati, 1994) kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO₄ dan SiO₄ yang saling berhubungan melalui atom O dan didalam struktur tersebut Si⁴⁺ dapat diganti dengan Al³⁺, sehingga rumus empiris zeolit menjadi :



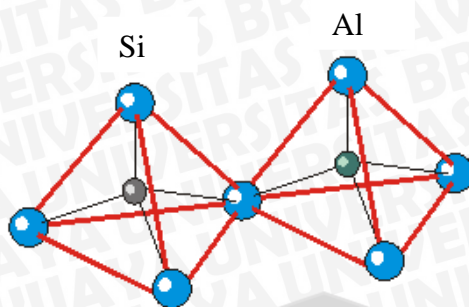
M = kation alkali atau alkali tanah

n = valensi logam alkali

x = bilangan tertentu (2 s/d 10)

y = bilangan tertentu (2 s/d 7)

Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedral (TO₄) disebut Unit Bangunan Primer. Untuk mengidentifikasi stuktur zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan Unit Bangun Sekunder (UBS) berikut Gambar 2 :



Gambar 2. Tetrahedra alumina dan silica (TO_4) pada struktur zeolit (Las, 2006).

Unsur Si dan Al yang terdapat pada zeolit berikatan dengan atom O yang memiliki 4 tangan dan membentuk rongga. Rongga hasil ikatan antara Si, Al dan atom O ini yang disebut sebagai rongga zeolit. Kation-kation alkali tanah yang dibutuhkan oleh tanaman seperti NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} yang dilepaskan oleh pupuk, sebagian akan diserap dan disimpan dalam rongga zeolit. Kation-kation alkali ini disimpan di dalam rongga zeolit dan akan dilepaskan ke tanah untuk diserap tanaman saat tanaman membutuhkan kation tersebut.

Untuk mendapatkan fungsi dan kemampuan zeolit dalam fungsi penyerap (absorpsi), penukar kation maupun sebagai katalisator perlu dilakukan pengolahan untuk mengaktifasi fungsi zeolit dari zeolit alam menjadi zeolit aktif. Adapun pengolahan zeolit untuk memperoleh fungsi dan kemampuan yang diharapkan dengan melakukan preparasi dan aktivasi (Suhala dan Arifin, 1997).

Langkah pengolahan pertama berupa preparasi zeolit bertujuan untuk memperoleh ukuran produk yang sesuai dengan tujuan penggunaan meliputi tahap peremukan (*crushing*) sampai pengerusan (*grinding*). Langkah kedua adalah aktivasi zeolit yang bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori kristal zeolit. Ada dua cara yang umum digunakan dalam proses aktivasi zeolit yaitu pemanasan dalam tungku putar (*rotary kiln*) menggunakan hembusan udara panas yang bersuhu $200\text{-}400^\circ\text{C}$ selama 2-3 jam, dan kimia dengan menggunakan larutan NaOH atau larutan H_2SO_4 dan/atau HCl (Suhala dan Arifin, 1997). Saputra (2006) menambahkan bahwa penambahan bahan kimia aktif dengan NaOH dan H_2SO_4 bertujuan untuk memperoleh temperatur yang dibutuhkan dalam aktivasi. Zeolit yang telah diaktivasi perlu dikeringkan terlebih dahulu, pengeringan ini dapat dilakukan dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari.

2.3 Efisiensi Pemupukan Nitrogen

Efisiensi pemupukan pada dasarnya merupakan nisbah antara jumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah dengan jumlah unsur hara yang diserap tanaman. Dalam proses menuju program pertanian yang berkelanjutan secara produksi, maka peran efisiensi pemupukan merupakan hal yang penting untuk dilakukan. Efisiensi pemupukan yang rendah mengakibatkan jumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah akan tinggi utamanya pupuk anorganik yang sering digunakan oleh petani mengakibatkan jumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah besar, menambah resiko pencemaran lingkungan serta mampu menurunkan kualitas lingkungan yang ada.

Menurut Roehan dan Partohardjono, 1994 (*dalam Gonggo et al., 2006*) menyatakan bahwa efisiensi pemupukan N dapat diartikan presentase akumulasi hara N yang terserap atau yang dimanfaatkan oleh tanaman dari jumlah pupuk N yang diberikan ke tanah. Tingkat efisiensi pemupukan N digolongkan dalam jumlah tinggi apabila jumlah hara N yang diserap tanaman tinggi dengan jumlah pupuk yang diberikan tidak berlebihan. Namun, apabila jumlah pupuk N yang diberikan ke dalam tanah dalam jumlah yang banyak sedangkan tingkat serapan N tanaman rendah maka pemupukan yang diberikan dapat digolongkan memiliki tingkat efisiensi yang rendah. Roehan dan Partohardjono, 1994 (*dalam Gonggo et al., 2006*) menambahkan efisiensi pemupukan N tergantung dari tipe tanah, takaran N, musim dan kombinasi hara lainnya. Tipe tanah erat kaitannya dengan efisiensi, hal ini disebabkan ketersediaan N tergantung dengan tekstur, N total tanah, kandungan liat tanah dan KTK tanah.

Menurut Al-Jabri (2010) zeolit mampu menyerap air dan mengadsorpsi ion NH_4^+ yang sewaktu-waktu dapat dilepas secara perlahan pada saat tanaman memerlukan, sehingga ion NH_4^+ tidak hilang tercuci dan efisiensi pemupukan N dapat meningkat melalui peningkatan serapan hara N tanaman. Al-Jabri (2010) menambahkan bahwa penggunaan zeolit sebagai bahan pendamping pupuk N mampu menghambat konversi NH_4^+ menjadi NO_3^- sebanyak 30-40% dan menjadikan kandungan hara pupuk N lebih lama tersedia di tanah.

Berdasarkan Dobermann, 2007 (*dalam Tambunan, Fauzi, Hardy (2014)*) untuk menghitung efisiensi pemupukan dapat dilakukan dengan beberapa

pendekatan, di antaranya: efisiensi serapan, efisiensi fisiologis, dan efisiensi agronomis. Efisiensi serapan merupakan perbandingan antara hara yang diserap dari pupuk dengan jumlah pupuk yang diberikan, dinyatakan dalam satuan persen. Angka efisiensi serapan berguna sebagai faktor koreksi dalam rekomendasi pemupukan. Efisiensi fisiologis berguna untuk menilai respon tanaman dalam mengoptimalkan hara yang berasal dari pupuk untuk menghasilkan produk. Sedangkan efisiensi agronomis berguna untuk menilai seberapa besar peningkatan produksi yang dicapai dari tiap jumlah pupuk yang ditambahkan.

2.4 Serapan Nitrogen Tanaman

Di dalam tanah nitrogen berbentuk organik dan anorganik. Bentuk-bentuk organik meliputi NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO dan unsur N. Berdasarkan aspek kesuburan tanah NH_4^+ , NO_2^- , dan NO_3^- merupakan bentuk ion yang sangat penting berasal dari dekomposisi aerobik yang normal bahan organik tanah atau berasal dari tambahan berbagai pupuk kepadatan tanah (Budi dan Sasmita, 2015)

Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen diserap ke dalam tanah dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ . Kadar nitrogen rata-rata dalam jaringan tanaman adalah 2-4% dari berat kering tanaman (Yuwono dan Rosmarkam, 2002).

Untuk meningkatkan serapan nitrogen pada tanaman dapat dilakukan dengan penambahan bahan amelioran tanah yaitu zeolit. Struktur dari zeolit yang berongga bersaluran ke segala arah sehingga mampu menyimpan NH_4^+ dan gas lainnya serta dapat membatasi volatilisasi dan pencucian N dari pupuk dan atau N hasil mineralisasi N organik (Syarif, 1988 dalam Tim Zeoprima, 2002). Oleh karena itu peran dari zeolit ini penting digunakan untuk meningkatkan serapan hara N tanaman sehingga efisiensi pemupukan N tanaman juga akan meningkat.

2.5 Hubungan Hara Nitrogen dan Tanaman

Nitrogen pada tanaman diserap dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ , kemudian dimasukkan ke dalam semua asam amino dan protein. Hasil produksi suatu tanaman sering dibatasi oleh unsur nitrogen. Beberapa penelitian yang menunjukkan defisit protein yang cukup luas di daerah tropis menandakan kandungan unsur hara N tanamannya rendah. Nitrogen yang ada terbagi antara

nitrogen organik dan anorganik. Nitrogen anorganik mudah berfluktuasi, terutama di daerah dengan tingkat perubahan curah hujan yang sangat nyata. Kadar air ini merupakan faktor penting yang mempengaruhi dinamika nitrogen di dalam tanah (Indranada,1986).

Nitrogen organik (hasil fiksasi N biologis, bahan tanaman dan kotoran hewan) yang dibenamkan kedalam tanah merupakan nitrogen organik tanah yang bentuk kimianya tidak dapat diserap secara langsung oleh tanaman. Nitrogen organik ini harus mengalami proses mineralisasi senyawa N terlebih dahulu agar dapat diserap oleh tanaman.

Berdasarkan Syekhfani (2009) mineralisasi senyawa N terdiri dari terdiri dari aminisasi, amonifikasi dan nitrifikasi.

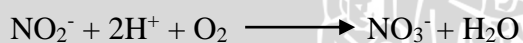
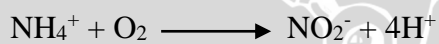
a. Aminisasi adalah proses pelepasan senyawa amina dari perombakan senyawa organik mengandung nitrogen dalam hal ini adalah protein :



b. Amonifikasi adalah proses pelepasan amoniak dari hasil aminisasi protein :



c. Nitrifikasi adalah proses pembentukan nitrit dan nitrat dari hasil amonifikasi :



Nitrogen merupakan hara yang mampu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Hal ini dikarenakan unsur hara ini merupakan unsur hara essensial bagi tanaman. Keberadaan unsur ini mutlak dan tidak dapat digantikan oleh unsur hara lainnya. Menurut Lingga dan Marsono (2013) menyatakan bahwa unsur nitrogen berfungsi sebagai berikut :

- Merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang dan daun.
- Berperan dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis.
- Membentuk protein, lemak dan berbagai persenyawaan organik lainnya.

Dalam bentuk NO_3^- , nitrogen mudah keluar dari daerah perakaran. Ion ini mudah tercuci, karena besar muatan positif tanah biasanya sangat kecil. Nitrogen

dalam bentuk NO_3^- juga dapat tereduksi secara mikrobiologis menjadi NO , N_2O atau N_2 (denitrifikasi) yang menguap. Nitrogen juga dapat hilang melalui penguapan berbentuk NH_3 . Senyawa gas ini dihasilkan dari NH_4^+ dalam sebuah proses yang disebut volatilisasi (Indranada, 1986).

Semakin banyak hara nitrogen yang hilang maka tanaman berpotensi mengalami kekurangan unsur hara nitrogen. Lingga dan Marsono (2013) menyatakan bahwa kekurangan unsur hara nitrogen pada tanaman mengakibatkan:

- a. Tanaman tumbuh kurus dan pertumbuhannya terhambat.
- b. Daun menjadi hijau muda, terutama daun yang sudah tua, lalu berubah menjadi kuning. Selanjutnya, daun mengering mulai dari bagian bawah ke bagian atas.
- c. Jika tanaman sempat berbuah, buahnya akan tumbuh kerdil kekuningan dan cepat matang.

2.6 Mekanisme Zeolit dan Pupuk Nitrogen

Penggunaan pupuk anorganik yang tidak rasional dengan takaran lebih kecil atau lebih besar dari takaran anjuran atau takaran pupuk yang diberikan tidak berpedoman pada konsep uji tanah dapat mengakibatkan efisiensi serapan hara rendah. Efisiensi serapan hara yang rendah dapat ditingkatkan dengan pemberian pembenah tanah zeolit. (Al-Jabri, 2008).

Zeolit sebagai bahan pembenah tanah mampu memperbaiki sifat-sifat tanah seperti memperbanyak ruang pori dan meningkatkan KTK tanah sebagai media tumbuh tanaman. Zeolit juga mempunyai sifat penukar ion, sehingga diharapkan unsur hara yang diberikan melalui pemupukan dapat diikat oleh zeolit dan tidak mudah hilang sebelum dimanfaatkan tanaman. Hal ini berakibat meningkatnya efisiensi pemupukan tanaman melalui peningkatan efisiensi serapan hara (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

Zeolit memiliki muatan negatif yang tinggi serta memiliki nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) yang sangat tinggi, mempunyai peran dalam menjerap kation-kation alkali penting dalam tanah seperti NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Dengan fungsi dan peran sebagai penjerap dan penukar kation kation yang kuat ini maka zeolit mampu untuk membantu menjerap kation-kation alkali yang dibutuhkan oleh tanaman untuk menyerap kation tersebut untuk proses metabolismenya.

Mekanismenya adalah penambahan zeolit sebagai bahan campuran pupuk nitrogen akan menjerap NH_4^+ yang dikeluarkan oleh pupuk nitrogen. Jika konsentrasi NO_3^- dalam tanah menurun, maka NH_4^+ yang telah terjerap zeolit tersebut akan dilepaskan kembali ke dalam tanah, dengan cara itu mineral yang diberikan ke dalam tanah dapat tersedia dalam waktu yang lama. Pada pupuk yang tidak ditambahkan zeolit, mineral N akan segera berubah menjadi NO_3^- dan tercuci bersama aliran permukaan. Selain itu N yang berubah menjadi gas amonium akan menguap ke udara (Suwardi, 2000).

Sebagai campuran pupuk, pemberian zeolit telah dipilih banyak petani. Zeolit dapat langsung dicampur dengan pupuk khususnya urea sebelum ditebarkan atau diberikan ke lahan pertanian. Campuran zeolit dan urea 1:1 merupakan perbandingan yang direkomendasikan. Zeolit juga dapat dicampurkan dengan pupuk urea sebelum dibuat pupuk urea granul. Jumlah 30% zeolit merupakan jumlah yang telah dipakai oleh banyak industri pupuk. Cara ini dapat menghemat penggunaan zeolit dengan hasil produksi yang cukup baik. Hasil-hasil penelitian di atas sebagian besar dilakukan dengan cara mencampur zeolit dengan pupuk (Suwardi, 2009).

