

## TINJAUAN PUSTAKA

### Mekanisme Penyediaan dan Penyerapan Unsur Hara

Tanaman dapat menyerap unsur hara melalui akar atau melalui daun. Unsur C dan O diambil tanaman dari udara sebagai  $\text{CO}_2$  melalui stomata daun dalam proses fotosintesis. Unsur H diambil dari air tanah ( $\text{H}_2\text{O}$ ) oleh akar tanaman. Dalam jumlah sedikit air juga diserap tanaman melalui daun. Penelitian dengan unsur radioaktif menunjukkan bahwa hanya unsur H dari air yang digunakan tanaman, sedang oksigen dalam air tersebut dibebaskan sebagai gas (Donahue, Miller, Shickluna, 1977). Unsur-unsur hara lain diserap akar tanaman dari tanah. Walaupun demikian banyak unsur hara yang bila disemprotkan sebagai larutan hara dapat diserap tanaman melalui daun. Tanaman menyerap unsur hara dalam tanah umumnya dalam bentuk ion.

Unsur hara N dimulai dari fiksasi  $\text{N}_2$ - atmosfer secara fisik/kimiawi yang menyuplai tanah bersama presipitasi (hujan), dan oleh mikrobia baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik yang menyuplai tanah baik lewat tanaman inangnya menyuplai setelah mati. Sel-sel mati ini bersama dengan sisa-sisa tanaman/hewan akan menjadi bahan organik yang siap didekomposisikan dan melalui serangkaian proses mineralisasi (aminisasi, amonifikasi dan nitrifikasi) akan melepaskan N-mineral ( $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$ ) yang kemudian diimmobilisasikan oleh tanaman atau mikrobia. Gas amoniak hasil proses aminisasi apabila tidak segera mengalami amonifikasi akan segera tervolatilisasi (menguap) keudara, begitu pula dengan gas  $\text{N}_2$ - atmosfer. Kehilangan nitrat dan ammonium melalui

mekanisme pelindian (*leaching*) merupakan salah satu penyebab penurunan kadar N dalam tanah.

Sumber utama P larutan tanah, disamping dari pelapukan bebatuan/bahan induk juga berasal dari mineralisasi P-organik hasil dekomposisi sisa-sisa tanaman yang mengimmobilisasikan P dari larutan tanah dan hewan. Umumnya kadar P dalam tanah bernisbah  $C/N = 10$  (matang) dapat dibebaskan 10 kg P (setara 22 kg TSP). Jika tanah mengandung 1% bahan organik, berarti terdapat 200 kg P-organik/ha, yang dimineralisasi secara perlahan tergantung aktivitas jasad prombak bahan organik tanah, yang tercermin dari penurunan nisbah C/Nnya. Dibanding N, maka P-tersedia dalam tanah relative lebih cepat menjadi tidak trsedia akibat segera terikat oleh kation tanah (terutama Al dan Fe pada kondisi masam atau dengan Ca dan Mg pada kondisi netral) yang kemudian mengalami presipitasi(pengendapan) atau terfiksasi pada permukaan positif koloidal tanah (liat dan oksida Al/Fe atau lewat pertukaran anion (terutama dengan OH<sup>-</sup>). Ketersediaan P optimum pada kisaran pH 6,0-7,0.

Unsur P diambil tanaman dalam bentuk ion orthofosfat primer dan sekunder ( $H_2PO_4^-$  atau  $HPO_4^{2-}$ ). Proporsi penyerapan kedua ion ini dipengaruhi pH area perakaran tanaman, dimana pada pH lebih rendah, tanaman lebih banyak mnyerap ion orthofosfat primer, tetapi pada pH yang lebih tinggi ion orthofosfat sekunder yang lebih banyak diserap tanaman. Bentuk P lain yang dapat diserap tanaman adalah pirofosfat dan metafosfat, dan P-organik hasil dekomposisi bahan organik seperti fofolipid, asam nukleat dan phytin.

Kadar unsur K dalam larutan tanah merupakan hasil keseimbangan antara suplai dari hasil pelarutan mineral-mineral K (terutama feldspar dan mika), K

tertukar dari permukaan koloid-koloid tanah dan K hasil mineralisasi bahan organik/pupuk dengan kehilangan akibat adanya serapan tanaman (immobilisasi), K-terfiksasi akibat terperap oleh ruang dalam koloid-koloid dan pelindian.

Kerak bumi mengandung kalium dengan rerata 2,6% sedangkan bahan induk dan tanah-tanah muda umumnya mengandung 2,2,5% K/ha. 95-99% K terdapat pada kisi-kisi tiga jenis mineral utama, yaitu feldspar yang paling lambat lapuk, lalu mika relatif sedang dan liat yang relatif mudah lapuk. Pelapukan bebatuan terjadi akibat adanya pengaruh peristiwa fisik, seperti hantaman air hujan/angin, guncangan dan beraturan yang memperluas permukaan terlapukkan, kemudian melalui proses pergantian basah-kering dan panas-dingin yang merangsang terjadinya perubahan struktur fisik-kimiawi, dimulai dari permukaan terluar ke arah dalam struktur menyebabkan terjadinya pelepasan ion-ion baik secara langsung atau lewat pertukaran ion pada kisi-kisi struktur koloidal, menghasilkan berbagai mineral tanah. Mika yang mengalami pelapukan secara perlahan akan berubah menjadi vermikulit yang lebih cepat lapuk akan melepaskan ion-ion K ke dalam larutan tanah. Kadar K dalam larutan tanah ini sebagian diserap tanaman/mikrobia, sebagian akan terikat secara lemah pada muatan pertukaran koloidal tanah (fraksi liat tanah atau bahan organik) (K-tertukar). K-tertukar ini kemudian dapat lepas ke larutan tanah atau terikat lebih kuat (K-terfiksasi) pada permukaan dalam koloidal tanah.

Penyediaan Ca dan Mg mirip dengan K, perbedaannya hanya terletak pada fiksasi. Karena kedua unsur ini tersedia dalam bentuk kation bervalensi dua, maka fiksasi kedua unsur ini lebih lemah dibandingkan K, sehingga tiga bentuk utamanya adalah kation terlarut, kation tertukar dan dalam mineral tanah. Mineral

sumber Ca meliputi feldspar, apatit, kalsit, dolomit, gipsum dan amphibol, sedangkan mineral Mg meliputi biotit, dolomite, augit, serpentin, hornblend dan olivin. Kedua unsure ini merupakan kation penyusunan kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dan dolomit ( $\text{CaMg}-(\text{CO}_3)_2$ ) yang terkait dengan upaya pengapuran tanah masam.

Ketersediaan Ca dan Mg terkait dengan kapasitas tukar kation (KTK) dan persen kejenuhan basa-basa (Ca, Mg, K dan Na) (KB). Kejenuhan basa yang rendah mencerminkan ketersediaan Ca dan Mg yang rendah. Jika dibandingkan, keterikatan Mg pada situs pertukaran kation lebih lemah dibanding Mg. Oleh karena itu, kehilangan lewat pelindian dan defisiensi Mg lebih sering menjadi masalah. Hal ini terkait dengan lebih besarnya BA (berat atom) Ca (= 40) dibanding Mg (= 24).

Defisiensi Ca umumnya dijumpai pada kondisi sangat masam dengan kejenuhan Ca rendah. Defisiensi Mg pada jagung yang ditanam pada tanah berpasir terjadi jika kadar Mg-tertukar lebih rendah dari 84 kg/ha. Ketersediaan unsure Ca identik Mg, karena tinggi pada pH 7,0-8,5, kemudian menurun pada pH dibawah 7,0 maupun di atas 8,5.

Unsur sulfur (belerang) merupakan unsur hara makro esensial yang diserap tanaman dalam jumlah yang hampir sama dengan unsur P (0,1% – 0,3%). Unsur ini diambil tanaman dalam bentuk  $\text{SO}_4^{2-}$  dan sedikit dalam bentuk gas belerang ( $\text{SO}_2$ ) diserap melalui daun dari atmosfer. Bentuk kedua ini dalam jumlah yang sedikit berlebihan telah menjadi racun bagi tanaman. Sumber S bagi tanaman berasal dari pelapukan mineral tanah, gas belerang atmosfer dan dekomposisi bahan organik.

Masalah penyediaan S dalam tanah tidak sepenting masalah penyediaan P, karena apabila P merupakan unsur tak mobil maka S merupakan unsur yang mobil di dalam tanah, sehingga ion sulfat lebih mudah tersedia di dalam tanah dan kemampuan tanaman untuk menyerap gas SO<sub>2</sub> secara langsung dari atmosfer (sumber emisi ini melimpah). Namun defisiensi unsure ini juga dapat terjadi terutama pada tanah berpasir dan tanah-tanah yang tinggi kandungan bahan organik.

Ketersediaan unsur S identik dengan kalium, yaitu menurun pada pH di bawah 6,0 dan tinggi pada pH 6,0 ke atas, terkait dengan adanya muatan positif pada koloid dengan menurunnya pH, terutama pada tanah-tanah berliat oksida seperti Gipsit dan Goethit yang masing-masing berKTA (kapasitas tukar kation) 5 dan 4 me/100g tanah, juga sedikit pada Kaolinit dan montmorillonit (KTA masing-masing 2 dan 1 me/100g tanah).

### **Abu Vulkanik**

Abu vulkanik atau pasir vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhnya yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Abu maupun pasir vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan kilometer bahkan ribuan kilometer dari kawah disebabkan oleh adanya hembusan angin. (Sudaryo dan Sutjipto 2009).

Abu vulkanik ini pada awalnya menutupi daerah pertanian dan merusak tanaman yang ada. Namun dalam jangka waktu setahun atau dua tahun saja, tanah

ini menjadi jauh lebih subur. Kesuburan ini dapat bertahan lama bahkan bisa puluhan tahun. Selain itu tanah hancuran bahan vulkanik sangat banyak mengandung unsur hara yang menyuburkan tanah. (Anwas,1994).

### **Nitrogen (N)**

Ketersediaan Nitrogen erat hubungannya dengan kandungan bahan organik dan kecepatan mineralisasi dipengaruhi oleh ketersediaan organisme heterotop aerob. Kehilangan nitrogen dari tanah disebabkan oleh penguapan, pencucian, denitrifikasi, pengikisan dan penyerapan oleh akar tanaman. Keadaan iklim terutama suhu dan curah hujan sangat mempengaruhi banyaknya unsur N yang terdapat didalam tanah, disamping aspek tersebut dipengaruhi juga tekstur tanah. (Buckman *dan* Brady, 1982).

Mineralisasi bahan organik tanah merupakan sumber utama nitrogen yang tersedia bagi tanaman. Mineralisasi 50 pon nitrogen per akre setiap tahun adalah realistis bagi banyak tanaman sebaliknya, sebanyak 150 busen jagung (dikurangi akar) mengandung 235 pon nitrogen jelaslah bahwa sumber-sumber alami nitrogen dalam tanah itu kecil bila dibanding dengan keperluan hasil panen 150 busel jagung. Biosfer sekarang setiap tahunnya menerima kira-kira 9 juta metrik ton nitrogen lebih banyak per tahun daripada hilang. (Foth, 1994).

### **Pospor (P)**

Pospor memainkan peran yang tidak dapat dikesampingkan sebagai bahan bakar universal untuk kegiatan biokimia dalam sel hidup. Ikatan adenosin trifosfat (ATP) yang berenergi tinggi melepaskan energi untuk kegiatan bila diubah menjadi adenosin difosfat (ADP). Hubungan pospor yang terdapat dalam tanah dan ditanaman dengan kesehatan hewan dan terdapatnya difisiensi pospor

secara luas pada hewan-hewan pemakan rumput telah diketahui dengan baik. Perbedaan utama antara daur nitrogen dan daur pospor dalam tanah adalah bahwa bentuk nitrogen yang tersedia (amonium dan nitrat) merupakan ion-ion yang relatif stabil yang tetap digunakan tanaman. Sebaliknya  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  cepat bereaksi dengan ion-ion yang lain dalam larutan tanah untuk menjadi sangat kurang larut atau tidak tersedia bagi tanaman. (Foth, 1994)

### **Belerang (S)**

Belerang (S) terdapat didalam mineral tanah dan dimobilisasi kedalam senyawa-senyawa tanaman yang penting dan akhirnya tertimbun didalam bahan organik tanah. Belerang, serupa dengan pospor tersedia dalam tanah melalui pengikisan dan mineralisasi tanaman memperoleh belerangnya dari tanah sebagai sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), tetapi sebagian diserap melalui daun sebagai  $\text{SO}_2$ . sulfat direduksi dalam tanah yang tergenang menjadi hidrogen sulfida (Gas  $\text{H}_2\text{S}$ ) dan belerang unsur. (Foth 1994)

Unsur Sulfur ( belerang ) merupakan unsur hara makro esensial yang diserap tanaman dalam jumlah yang hampir sama dengan unsur P ( 0,1 – 0,3% ). Unsur ini diambil tanaman dalam bentuk  $\text{SO}_4^{2-}$  dan sedikit dalam bentuk gas belerang ( $\text{SO}_2$ ) diserap melalui daun dari atmosfer. Bentuk kedua ini dalam jumlah yang sedikit berlebihan telah menjadi racun bagi tanaman. Sumber S bagi tanaman berasal dari pelapukan mineral tanah, gas belerang atmosfer dan dekomposisi bahan organik. (Hanafiah 2004)

Masalah penyediaan S dalam tanah tidak sepenting masalah penediaan P, karena apabila P merupakan unsur tak mobil maka S merupakan unsur yang mobil di dalam tanah, sehingga ion sulfat lebih mudah tersedia di dalam tanah dan

kemampuan tanaman untuk menyerap gas SO<sub>2</sub> secara langsung dari atmosfer (sumber emisi ini melimpah). Namun defisiensi unsur ini juga dapat terjadi terutama pada tanah berpasir dan tanah-tanah yang tinggi kandungan oksida Fe dan Al atau alofan, dan rendah kandungan bahan organik.

Ketersediaan unsur S identik dengan kalium, yaitu menurun pada pH di bawah 6,0 dan tinggi pada pH 6,0 ke atas, terkait dengan adanya muatan positif pada koloid dengan menurunnya pH, terutama pada tanah-tanah berliat oksida seperti Gipsit dan Goethit yang masing-masing berKTA (kapasitas tukar kation) 5 dan 4 me/100g tanah, juga sedikit pada Kaolinit dan montmorillonit (KTA masing-masing 2 dan 1 me/100g tanah).

### **Kalium (K)**

Unsur kalium merupakan unsur yang paling mudah mengadakan persenyawaan dengan unsur atau zat lainnya, misalnya klor dan magnesium. Unsur kalium berfungsi untuk tanaman yaitu untuk (a). mempercepat pembentukan zat karbohidrat dalam tanaman; (b). memperkokoh tubuh tanaman; (c). mempertinggi resistensi terhadap serangan hama dan penyakit dan kekeringan; (d). meningkatkan kualitas biji. Sifat K yaitu mudah larut dan terbawa hanyut dan mudah pula terfiksasi dalam tanah. Sumber K adalah beberapa jenis mineral, sisa-sisa tanaman dan jasad renik, air irigasi, larutan dalam tanah, abu tanaman dan pupuk anorganik (Sutedjo *dan* Kartasapoetra, 1988).

Hakim *dkk* (1986) mengatakan bahwa pada saat sekarang ini permasalahan kalium tanah belum mendapat perhatian yang serius. Namun, terjadinya kekurangan unsur ini dapat terjadi sewaktu-waktu. Dengan meningkatnya pemakaian pupuk N dan P maka keperluan K akan meningkat pula. Akibatnya



serapan kalium tanah akan meningkat. Bersamaan dengan itu juga, terjadi kehilangan akibat pencucian, sehingga penambahan kalium kedalam tanah akan terasa ketersediaanya.

Banyak tanah mempunyai kelimpahan kalium yang dapat digunakan dan tanaman tidak tanggap terhadap pupuk kalium meskipun tanaman biasanya menggunakan lebih banyak kalium dari tanah dibandingkan dengan hara lain kecuali nitrogen. Pada dasarnya, kalium dalam tanah berada dalam mineral yang melapuk dan melepaskan ion-ion kalium. Ion-ion tersebut diserap pada pertukaran kation dan siap tersedia untuk diambil oleh tanaman. Kalium yang tersedia menumpuk dalam tanah dengan rejim ustik atau berkelembaban lebih kering tanpa adanya pencucian. Pada umumnya tanah-tanah seperti itu netral atau basa, tidak membutuhkan kapur dan memerlukan pupuk kalium bahkan untuk hasil panen yang tinggi. Pencucian di kawasan basah menghilangkan kalium tersedia dan menciptakan keperluan akan pupuk kalium bila dikehendaki hasil-hasil panen yang sedang atau tinggi. Tanah organik terkenal miskin kalium karena tanah tersebut mengandung sedikit mineral yang mengandung kalium (Foth, 1994).

Dalam Hakim *dkk* (1986) juga dikatakan bahwa kalium yang tersedia hanya meliputi 1-2 % dari seluruh kalium yang terdapat pada kebanyakan tanah mineral. Ia dijumpai dalam tanah sebagai kalium dalam larutan tanah dan kalium yang dapat dipertukarkan dan diadsorpsi oleh permukaan koloid tanah. Sebagian besar dari kalium tersedia ini berupa kalium dapat dipertukarkan (90%). Kalium larutan tanah lebih mudah diserap oleh tanaman dan juga peka terhadap pencucian. Pada keadaan tertentu, misalnya pada pertanaman intensif atau pada

tanah muda yang banyak mengandung mineral kalium dengan curah hujan tinggi, kalium tidak dapat dipertukarkan dapat juga diserap oleh tanaman.

### **Kalsium (Ca)**

Kalsium berasal dari pelapukan dari sejumlah mineral dan batuan yang sangat dominan, meliputi feldspar, apatit, limestone, dan gypsum. Mineral-mineral tersebut sangat banyak jumlahnya, sehingga kebanyakan tanah mengandung kalsium yang cukup untuk kebutuhan kalsium tanaman. Tanah terbentuk dari bahan induk yang berkadar kapur tinggi yang mungkin memiliki tingkat kandungan kapur yang lebih tinggi dari kapur bebas (Plaster, 1992).

Kalsium berfungsi bagi tanaman untuk (a). pengatur kemasaman tanah dan tubuh tanaman, (b). penting bagi pertumbuhan akar tanaman, (c). penting bagi pertumbuhan daun, dan (d). dapat menetralkan akumulasi racun dalam tubuh tanaman. Menurut Mehlich dan drake dalam Sutedjo dan Kartasapoetra (2002), Ca seperti halnya dengan unsur K berperan mengatur proses fisika-kimia. Ion Ca menyebabkan dehidrasi, mempengaruhi rumah tangga air tanaman yang sifatnya antagonik dengan ion K. Ion Ca berperan penting pula bagi pertumbuhan tanaman ke arah atas dan pembentukan kuncup.

Kalsium merupakan kation yang sering dihubungkan dengan kemasaman tanah, disebabkan ia dapat mengurangi efek kemasaman. Disamping itu ia juga memberikan efek yang menguntungkan terhadap sifat dari tanah. Pada tanah daerah basah, kalsium bersama-sama dengan ion hidrogen merupakan kation yang dominan pada kompleks adsorpsi (Hakim *dkk*, 1986).

Kalsium diambil tanaman dalam bentuk ion  $Ca^{2+}$ , berperan sebagai komponen dinding sel, dalam pembentukan struktur dan permeabilitas membran

sel. Kalsium rata-rata menyusun 0,5% tubuh tanaman, banyak terdapat dalam daun dan pada beberapa tanaman mengendap sebagai Ca-oksalat dalam sel-sel. Kekurangan unsur ini akan menyebabkan terhentinya pertumbuhan tanaman akibat terganggunya pertumbuhan pucuk tanaman dan ujung-ujung akar (titik-titik tumbuh), serta jaringan penyimpan. Hal ini sebagai konsekuensi rusaknya jaringan meristematik akibat rusaknya permeabilitas dan struktur membran sel-sel (Hanafiah, 2005).

### **Magnesium (Mg)**

Menurut Mehlich *dan* Drake dalam Hardjowigeno (2002) dikatakan bahwa magnesium merupakan komponen zat khlorofil, yang mungkin memainkan suatu peranan dalam beberapa reaksi enzim. Sumber-sumber Mg yaitu: dolomit limestone ( $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ ), sulfat potas magnesium, epsom salt ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), kieserit, magnesia ( $\text{MgO}$ ) serpentin ( $\text{Mg}_3\text{SiO}_2(\text{OH})_4$ ), magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ), dan lain-lain.

Ketersediaan magnesium dapat terjadi akibat proses pelapukan mineral-mineral yang mengandung magnesium. Selanjutnya, akibat proses tadi maka magnesium akan terdapat bebas di dalam larutan tanah. Keadaan ini dapat menyebabkan (a). magnesium hilang bersama air perkolasi, (b). magnesium diserap oleh tanaman atau organisme hidup lainnya, (c). diadsorpsi oleh partikel liat dan (d). diendapkan menjadi mineral sekunder. Ketersediaan magnesium bagi tanaman akan berkurang pada tanah-tanah yang mempunyai kemasaman tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya dalam jumlah yang sangat besar mineral liat tipe 2:1. Dengan adanya mineral liat ini maka magnesium akan terjat antara kisi-

kisi mineral tersebut, ketika menjadi pengembangan dan pengkerutan dari kisi-kisinya (Hakim *dkk*, 1986).

Kekurangan magnesium akan mengakibatkan perubahan warna yang khas pada daun. Kadang-kadang penguguran daun sebelum waktunya merupakan akibat dari kekurangan magnesium. Klorosis pada tembakau yang dikenal dengan tenggelam pasir disebabkan oleh kekurangan magnesium. Tanaman kapas yang kekurangan unsur ini menghasilkan daun-daun yang merah agak lembayung dengan tulang-tulang yang hijau. Daun-daun sorgum dan jagung menjadi bergaris-garis, tulang-tulang daunnya tetap hijau tetapi daerah diantara tulang-tulang daun pada sorgum menjadi lembayung dan ujung-ujung menjadi kuning (Foth, 1994).

Magnesium diambil tanaman dalam bentuk ion  $Mg^{2+}$ , terutama berperan sebagai penyusun khlorofil (satu-satunya mineral), tanpa khlorofil fotosintesis tanaman tidak akan berlangsung, dan sebagai aktivator enzim. Secara umum magnesium rata-rata menyusun 0,2% bagian tanaman. Sebagian besar terdapat di daun tetapi seringkali dijumpai dalam proporsi cukup banyak pada biji-bijian: jagung, sorgum, kedelai dan kacang tanah (Hanafiah, 2005).

## **BAHAN DAN METODE**

### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Tanah Karo, yakni di lima desa pengambilan contoh tanah, yaitu Desa Naman Kecamatan Simpang Empat, dengan ketinggian 1230 m dpl, titik koordinat 03°09'3.6" LU dan 98°26'59.3" BT, Desa Sukadebi Kecamatan Namanteren, dengan ketinggian 1260 m dpl, titik koordinat 03°09'37.8" LU dan 98°26'51.4" BT, Desa Perteguhan Kecamatan Simpang Empat, dengan ketinggian 1227 m dpl, titik koordinat 03°08'47.6" LU