

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Perkembangan Tanah Masam di Indonesia

Ultisol bersifat masam karena bahan induk masam yang telah mengalami pelapukan intensif dan disertai pencucian yang hebat dengan kadar bahan organik dan kejenuhan basa rendah serta reaksi tanah yang masam hingga sangat masam (pH 4.2 – 4.8) (Notohadiprawiro, 2006).

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti di Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara (53.000 ha). Tanah ini dapat dijumpai pada berbagai relief, mulai dari datar hingga bergunung (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Luas Ultisol di Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan kecenderungan semakin meluas, seiring dengan meningkatnya intensitas penebangan hutan dan pembukaan lahan. Selain itu ladang berpindah juga ikut menyumbang perluasan Ultisol. Akibatnya lahan tersebut menjadi terbuka dan meningkatkan erodibilitasnya. Meningkatnya erodibilitas tanah tentu akan meningkatkan tingkat pencucian pada tanah tersebut dan pada akhirnya menyebabkan tanah tersebut menjadi masam (Munir, 1996).

### 2.2. Tanah Masam dan Faktor yang Mempengaruhinya

#### 2.2.1 Terbentuknya Tanah Asam

Beragamnya bahan induk, fisiografi, elevasi, iklim, dan lingkungan, menjadikan daya dukung lahan menjadi beragam, baik potensi maupun tingkat kesesuaiannya untuk pertanian. Perbedaan iklim dan curah hujan yang relatif tinggi di sebagian besar wilayah Indonesia mengakibatkan tingkat pencucian basa dari tanah meningkat dan meninggalkan unsur-unsur stabil yang kaya Aluminium (Al) dan Besi (Fe) oksida (Subagyo *et al.*, 2004). Hal ini yang menyebabkan sebagian besar tanah bereaksi masam (pH 4,6-5,5) dan miskin unsur hara, yang umumnya terbentuk dari tanah mineral.

## 2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi

### a. Curah Hujan dan Pencucian

Hujan merupakan sarana paling efektif yang dapat menyebabkan tanah menjadi masam, jika air dalam jumlah banyak masuk kedalam tanah secara cepat akan mencuci kation dalam tanah. Tanah berpasir seringkali lebih cepat menjadi masam karena perkolasi air yang cepat. Ketika air berada dalam keseimbangan dengan karbon dioksida, yang dihasilkan adalah ion Hidrogen. Hasilnya adalah peningkatan jumlah ion Hidrogen dalam larutan tanah dengan demikian akan menurunkan pH tanah, Seperti ilustasikan pada reaksi berikut :



Pengaruh dari hujan sangat lambat terhadap perkembangan tanah masam, maka akan memakan waktu yang lama ratusan hingga ribuan tahun agar bahan induk tanah tersebut menjadi asam karena curah hujan yang tinggi (Uciha dan Hue, 2000).

### b. Bahan induk

Mineral batuan mempunyai beragam ketahanan terhadap pelapukan, sehingga mineralogi bahan induk akan sangat berpengaruh pada laju perkembangan tanah, selain itu mineralogi dari bahan induk akan mempengaruhi hasil pelapukan dan komposisi mineral dari tanah. Komposisi elemen dari bahan induk akan berpengaruh terhadap kesuburan kimia tanah. Dengan demikian, tanah yang berkembang dari bahan induk granit akan menjadi lebih masam daripada tanah yang berkembang dari batu kapur (Harter, 2002).

### c. Dekomposisi Bahan Organik

Berbagai bentuk bahan organik mampu menjadikan tanah menjadi masam, tergantung dari tanaman apa bahan organik tersebut. Beberapa tanaman mengandung beberapa asam organik, seperti residu hasil dekomposisi yang secara alami mempengaruhi keasaman tanah. jika tanaman tidak mampu memenuhi kebutuhan basa mikroba, dekomposisi bahan organik oleh mikroba tidak hanya menghasilkan karbon dioksida, tetapi juga akan menghapus nutrisi seperti Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dari tanah.

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh dekomposisi bahan organik akan bereaksi dengan air di dalam tanah untuk membentuk asam lemah yang

berupa asam karbonat. Beberapa asam organik juga diproduksi dalam dekomposisi bahan organik, yang termasuk dalam asam lemah. Seperti hujan, kontribusi dekomposisi bahan organik dalam keasaman tanah umumnya sangat kecil, dan itu juga memerlukan waktu yang cukup lama (Uciha dan Hue, 2000).

#### d. Praktik Budidaya Tanaman

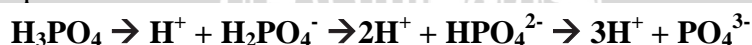
Pertumbuhan tanaman ikut berkontribusi terhadap keasaman tanah, unsur hara makro diserap menggantikan pertukaran ion Hidrogen pada permukaan akar yang dibutuhkan oleh kation basa seperti Kalsium, Magnesium dan Potasium. Selain itu aplikasi pupuk juga berperan dalam peningkatan keasaman tanah. Dalam manajemen tanah, umumnya menggunakan pupuk Urea yang mengandung Amonim ( $\text{NH}_4^+$ ) sebagai sumber nitrogen, namun pada akhirnya akan dikonversi menjadi Amonium Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) disertai dengan pelepasan ion Hidrogen, seperti pada reaksi berikut :



Selain dari Urea, monokalsium fosfat [ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ] juga sering menyebabkan tanah menjadi asam. Ketika bereaksi dengan air akan membentuk dikalsium fosfat ( $\text{CaHPO}_4$ ) dan asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), seperti pada reaksi berikut :



Asam fosfat akan melepaskan ion hidrogen yang nantinya akan menurunkan pH tanah, seperti pada reaksi berikut :



Dengan meningkatnya jumlah ion Hidrogen dalam tanah tentu akan menyebabkan tanah tersebut menjadi semakin asam (Harter, 2002)

### 2.3. Dampak Kemasaman Tanah Terhadap Ketersediaan P, Keracunan Al dan Perakaran Tanaman

#### 2.3.1. Ketersediaan P

Ketika keasaman tanah meningkat, permukaan tanah menjadi bermuatan negatif dan mekanisme pengikatan kation yang ditukar dengan basa menjadi kurang efektif. Dengan demikian, nutrisi dari kation mudah dipindahkan oleh air ke luar zona akar, sebaliknya muatan dari anion seperti P sangat terikat kuat oleh

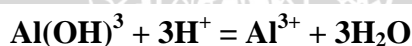
Aluminium (Al) dan Besi (Fe) yang termasuk dalam komponen tanah asam sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Uchida dan Hue, 2000). Seperti di ilustasikan pada reaksi berikut :



### 2.3.2. Keracunan Al

Mengetahui besarnya pH tanah dapat membantu mengidentifikasi jenis reaksi kimia yang mungkin terjadi. Umumnya berhubungan dengan kelarutan senyawa dalam tanah, dalam hal ini pengaruh pH terhadap ketersediaan nutrisi dan unsur beracun bagi tanaman.

Pada saat pH dibawah 5,5 , jumlah Aluminium (Al) di tanah akan mengambil alih peran buffer yang disebut dengan reaksi hidrolisis. Senyawa Aluminium misal  $\text{Al(OH)}^3$  pada saat pH dibawah 5,5 akan bereaksi dengan ion Hidrogen dan melepaskan Aluminium. Seperti pada reaksi berikut :



Tingginya konsentrasi Aluminium pada tanah dapat menjadi racun bagi tanaman dan menyebabkan beberapa unsur hara menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Uchida dan Hue, 2000).

### 2.3.3. Perakaran Tanaman

Tingkat konsentrasi Aluminium (Al) yang tinggi berbahaya bagi tanaman. Al pertama merusak sistem akar tanaman, akar tanaman yang terkena Al cenderung pendek dan bengkak, memiliki tampilan yang gemuk. Hasilnya, tanaman tidak dapat menyerap air dan nutrisi secara normal akhirnya akan terlihat kerdil dan menunjukkan gejala kekurangan nutrisi, terutama untuk p. Sering di lahan akan muncul gejala stress seperti terserang hama, gulma dan penampilan yang buruk karena ketidakmampuan untuk bersaing dengan tanaman lain. Efek terakhir adalah gagal panen total atau kehilangan hasil yang signifikan (Uchida dan Hue, 2000).

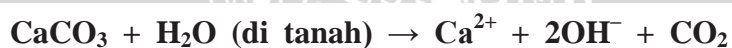
## 2.4. Manajemen Lahan pada Lahan Masam untuk Menangani Ketersediaan P, Ca, dan Mg serta Keracunan Al.

### 2.4.1. Mengatasi Ketersediaan Ca dan Mg serta Mengganggu Keracunan Al.

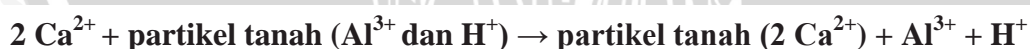
Langkah pertama dalam pengelolaan tanah asam adalah mengidentifikasi dan menentukan tingkat kemasaman dari tanah tersebut, dengan menggunakan metode sampling yang benar, analisis dapat menunjukkan tingkat kemasaman tanah, kebutuhan kapur dan tanaman apa yang sesuai. Kapur dapat mengoreksi keasaman tanah, persediaan Kalsium(Ca) atau Magnesium(Mg), atau keduanya dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, meningkatkan aktifitas biologis dan memperbaiki struktur tanah. Pengapuran yang tepat dan dikombinasikan dengan praktik manajemen yang lain bisa meningkatkan hasil dan kualitas tanaman. Meskipun terdapat tanaman yang toleran, praktik pengapuran tetap dilaksanakan untuk meningkatkan produktivitas tanah.

Pada Umumnya unsur dasar pengapuran adalah oksida, hidroksida, karbonat, dan silikat Ca atau campuran Ca - Mg. Ketika kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) ditambahkan ke tanah yang lembab, terjadi reaksi sebagai berikut:

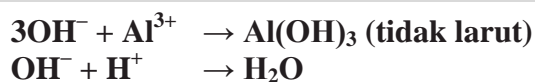
- Kapur perlahan diuraikan oleh air di tanah untuk menghasilkan  $\text{Ca}^{2+}$  dan hidroksida ( $\text{OH}^-$ )



- Baru diproduksi  $\text{Ca}^{2+}$  yang akan tukar dengan  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$  pada permukaan tanah asam



- Kapur akan menghasilkan  $\text{OH}^-$  yang akan bereaksi dengan  $\text{Al}^{3+}$  menjadi senyawa tidak larut yaitu  $\text{Al(OH)}_3$ , atau akan bereaksi dengan ion  $\text{H}^+$  membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ .



Dengan demikian, pengapuran menghilangkan unsur beracun  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$  melalui reaksi dengan  $\text{OH}^-$ . Kelebihan ion  $\text{OH}^-$  dari kapur akan meningkatkan pH tanah, yang merupakan efek paling umum dari pengapuran. Manfaat lain dari pengapuran adalah menambah suplai  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  jika dolomit [ $\text{CaMg(CO}_3)_2$ ]

digunakan. Kalsium dan Magnesium adalah nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman, namun sering tidak tersedia pada tanah asam (Uchida dan Hue, 2000).

#### 2.4.2. Mengatasi Ketersediaan P

Penambahan fosfat ke tanah merupakan salah satu cara manajemen tanah masam seperti tanah Ultisol, di samping kadar P yang rendah juga terdapat unsur-unsur yang dapat meretensi fosfat. Kekurangan P pada tanah Ultisol dapat disebabkan oleh kandungan P dari bahan induk tanah yang rendah atau kandungan P sebenarnya tinggi tetapi tidak tersedia untuk tanaman karena dijerap oleh unsur lain seperti Al dan Fe. Ultisol pada umumnya memberikan respons yang baik terhadap penambahan fosfat. Penggunaan pupuk P dari SP-36 lebih efisien dibanding P alam (Subagyo *et al.*, 2004), namun pengaruh dosis pupuk P terhadap hasil tidak nyata.

Dari hasil Penelitian yang dilakukan oleh Holford (1997) mengenai tanah masam di padang rumput di Tablelands Utara Australia antara tahun 1985 dan 1990 meningkatkan pemahaman mengenai hubungan antara ketersediaan P dengan Kapur. Hasil percobaan menunjukkan sebagai berikut :

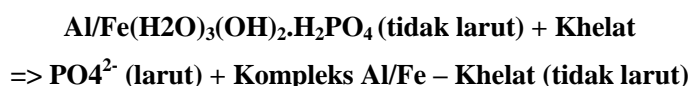
- a. Dimana P tidak ditambahkan, kapur meningkatkan ketersediaan dan penyerapan P oleh tanaman di tanah asam yang mana terdapat toksisitas aluminium dan mangan.
- b. Gejala defisiensi P sering terlihat di tanah asam yang mana akar tanaman pendek disebabkan oleh keracunan aluminium yang membatasi ketersediaan hara.
- c. Pengapuran meningkatkan penyerapan P, mungkin karena peningkatan pertumbuhan akar, meskipun terjadi peningkatan mineralisasi dan pasokan P dari bahan organik.

Pengapuran pada tanah asam memiliki kecenderungan untuk membuat senyawa fosfat dalam tanah lebih tersedia bagi tanaman. Meningkatnya kandungan Ca pada tanah akan mengkonversi sebagian dari fosfor yang terikat oleh Aluminium dan Besi fosfat menjadi lebih tersedia dalam bentuk Kalsium fosfat. Kapur itu sendiri tidak akan memecahkan masalah ketersediaan Phospor tanah, tetapi dengan adanya pengapuran tersebut yang dapat menjadi buffer sehingga ketersediaan Phospor meningkat.

### 2.5. Peran Bahan Organik pada Tanah Masam

Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah terutama dari segi kimia tanah antara lain terhadap kapasitas pertukaran kation, kapasitas pertukaran anion, pH tanah, *buffer* tanah dan ketersediaan unsur hara tanah. Penambahan bahan organik akan meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan kapasitas pertukaran kation (KPK). KPK menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan kation dan mempertukarkan kation tersebut termasuk kation pada unsur hara tanaman. Kapasitas pertukaran kation penting untuk kesuburan tanah (Atmojo, 2003).

Handayanto (1999) juga menambahkan keunggulan bahan organik selain unsur melepaskan unsur makro seperti N, P, K, Ca dan Mg, juga melepaskan beberapa unsur mikro, asam-asam organik, mampu menaikkan pH, memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah yang semuanya sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Asam-asam organik seperti asam sitrat, asam oksalat mempunyai kemampuan mengkhelat Al dan Fe, sehingga melepaskan P. Pelepasan kation tersebut dari hasil dekomposisi bahan organik dapat menekan kelarutan Al dan Fe melalui peningkatan pH tanah, karena asam-asam organik hasil dekomposisi akan mengikat Al dan Fe membentuk senyawa kompleks (Khelat), sehingga Al dan Fe tidak terhidrolisis lagi, dapat dituliskan dalam bentuk persamaan reaksi berikut :



### 2.6. Kebutuhan Fosfor oleh Tanaman Nanas

Fosfor (P) adalah komponen esensial dari beberapa lemak, protein, dan gula. P juga berperan dalam transfer energi dan struktur kromosom. Gejala kekurangan P baru dapat terlihat ketika ketersediaan P di tanah sangat rendah. Pada tanaman yang kekurangan P, daun terlihat hijau gelap dan daun yang tua berwarna ungu kemerah dengan tepi menguning. Pertumbuhan buah terlihat jelek pada saat inisiasi dan *Sucker* tumbuh lambat dan kecil.

Fosfor (P) dibutuhkan oleh tanaman nanas hanya dalam jumlah yang kecil, yaitu hanya sekitar 20 mg kg<sup>-1</sup>. Gejala pertumbuhan karena kekurangan P baru dapat dilihat saat P yang tersedia pada tanah hanya 5 mg kg<sup>-1</sup>. Kriteria

tingkat ketersediaan dan kebutuhan pupuk P oleh tanaman nanas disajikan pada

Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan P oleh Tanaman Nanas (Broadley *et al.*, 1993)

Analisis tanah, mg kg <sup>-1</sup>	Level	Aplikasi pupuk P, kg ha <sup>-1</sup>
100+	Tinggi	Tidak memerlukan aplikasi
20	Baik	Tidak memerlukan aplikasi
15	Sedang	20
10	Rendah	40
5	Sangat rendah	60
0	Ekstrim rendah	80

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

