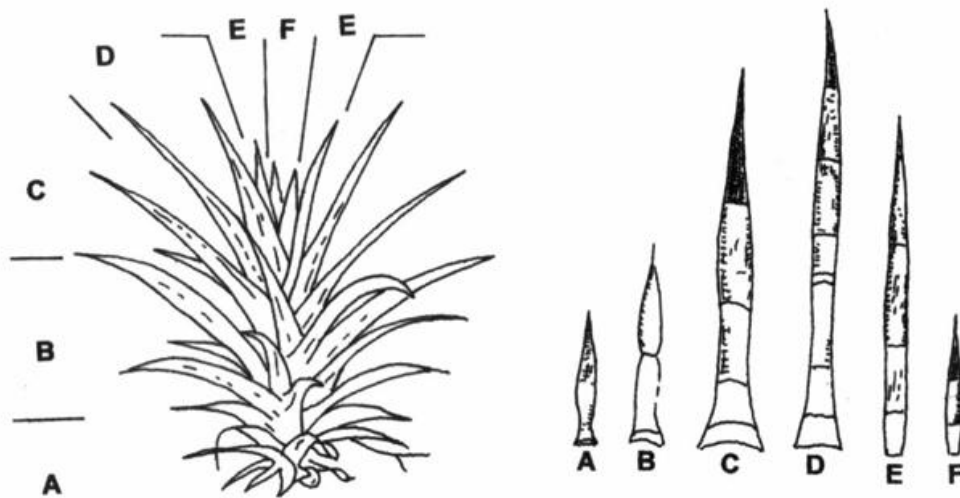


## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Nanas [*Ananas comosus* (L.) Merr.] adalah salah satu tanaman komoditas perkebunan utama di dunia setelah pisang dan jeruk (Bartholomew dkk., 2003). Umumnya nanas dibudidayakan pada daerah 30 ° Lintang Utara hingga 30° Lintang Selatan, dengan suhu 20-30 ° C, dan variasi fotoperiodisme 10-12 jam. Nanas dilaporkan memiliki daya adaptasi pada kondisi tanah pH rendah dengan kandungan Al dan Mn yang tinggi (Bartholomew, 2005).

Perakaran nanas umumnya paling banyak tumbuh hingga kedalaman 30 cm dan agak jarang pada kedalaman 30-60 cm. Tinggi tanaman berkisar 0,8 hingga 1,2 meter dan diameter kanopi 1,0 hingga 1,5 meter. Daun nanas diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan posisinya di tanaman sebagai daun A, B, C, D, E, dan F dari daun tertua di bagian luar dan termuda di bagian tengah tanaman (Gambar 1). Daun D (*'D' leaf*) merupakan daun termuda di antara daun dewasa yang paling aktif secara fisiologi dan digunakan untuk mengevaluasi pertumbuhan dan status nutrisi tanaman. Daun ini mudah diidentifikasi pada tanaman nanas karena merupakan daun terpanjang dengan sudut daun 45° dari permukaan tanah (Souza and Reinhardt, 2001).



Gambar 1. Distribusi daun tanaman berdasarkan umur daun (A - tertua; F – termuda) (Malavolta, 1982 dalam Souza dan Reinhardt, 2001).

Nanas umumnya ditanam pada lahan asam dengan konsentrasi Aluminium (Al) yang tinggi dan sering meracuni perakarannya. Kebanyakan jenis nanas sangat sensitif terhadap toksisitas Al (Lin dan Chen, 2011). Sebagian besar tanah di PT Great Giant Pineapple merupakan jenis tanah Ultisol, dan sebagian lagi berjenis tanah Inceptisol (Sudarminto, 2003). Subandi (2007) menyebutkan bahwa tanah jenis Ultisol tergolong lahan suboptimal karena tanahnya kurang subur, bereaksi asam, mengandung Al, Fe, dan Mn dalam jumlah tinggi sehingga dapat meracuni tanaman. Lahan asam pada umumnya miskin bahan organik dan hara makro N, P, K, Ca, dan Mg. Pemberian bahan ameliorasi kapur, bahan organik, dan pemupukan N, P, dan K merupakan kunci untuk memperbaiki kesuburan tanah kering asam.

Al adalah logam yang berlimpah di kulit bumi. Kebanyakan Al menyatu ke dalam mineral aluminosilikat di dalam tanah dan dalam jumlah yang sangat kecil dalam bentuk terlarut yang mampu untuk mempengaruhi sistem biologi (May dan Nordstorm, 1991). Namun kelarutan Al yang terkandung dalam

mineral meningkatkan keasaman tanah. Al yang terlarut dalam tanah asam diketahui akan menyebabkan toksisitas terhadap pertumbuhan tanaman budidaya (Bolan dkk. dalam Van dkk., 1994).  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  atau lebih dikenal dengan  $\text{Al}^{3+}$  dominan ketika pH di bawah 5 dan dalam bentuk toksik. Toksisitas Al menjadi faktor pembatas utama produktivitas tanaman di tanah asam, miskin akan hara Ca dan Mg (Vitorello dkk., 2005).

Gejala awal dari toksisitas Al adalah penghambatan pertumbuhan.

Absorpsi hara dan fungsi sel akan terganggu setelah terpapar konsentrasi Al tinggi. Ujung akar adalah daerah tempat Al dan akar berinteraksi, dinding sel akar memiliki mekanisme untuk melindungi masuknya Al ke dalam akar. Dinding sel akar terbentuk dari bahan pektin yang bermuatan negatif yang berfungsi untuk menarik kation-kation. Ketika ujung akar dijenuhi oleh Al, serapan hara seperti  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{NO}_3^-$  akan menurun untuk memasuki dinding sel akar. Jika ikatan Al ini berlebihan muncul di antara Al dan dinding sel akar, pertumbuhan akar akan terhambat (Lin dan Chen, 2011). Hasil penelitian Yamamoto dkk. (1992) dalam Oktavidiati (2002) mendapatkan bahwa toksisitas Al selain mengakibatkan tanaman kekurangan unsur hara juga mengubah struktur dan fungsi dari membran plasma dan menghalangi pembelahan sel pada ujung-ujung akar. Untuk mengatasi toksisitas Al maka tanaman menunjukkan berbagai respon, di antaranya dengan membangun sistem toleransinya.

Le Van dan Masuda (2004) telah melakukan evaluasi karakteristik beberapa varietas nanas yang toleran terhadap Al dan menemukan bahwa penghambatan terjadi ketika diberi perlakuan  $\text{AlCl}_3$  300 ppm. Setelah terkena konsentrasi Al tinggi dalam 72 jam, ujung akar dari klon yang toleran Al tampak

lebih tahan daripada klon yang sensitif Al. Klon nanas yang toleran menyekresikan asam malat lebih banyak dibandingkan klon yang sensitif. Konsentrasi asam organik lebih tinggi pada daerah apoplast ujung akar daripada rizosfir. Asam organik berinteraksi dengan komponen dinding sel secara fisiologi dan biokimia dan meningkatkan toleransi terhadap toksisitas Al .

PT Great Giant Pineapple saat ini membudidayakan nanas varietas Smooth Cayenne dengan 3 klon utama yang sering digunakan untuk produksi yaitu klon GP1, GP3 dan F180. Keragaan tiga klon ini di lapangan memiliki karakteristik yang khas dari sifat vegetatif dan generatifnya seperti disajikan pada Tabel 1 . Klon GP3 dan F180 umumnya memiliki sifat perakaran yang lebih baik dibandingkan klon lainnya (Trilaksono, 2012). Hal ini diduga berkaitan dengan sifat toleransi klon GP3 dan F180 yang lebih baik terhadap kondisi lahan asam di tanah Ultisol PT Great Giant Pineapple. Informasi mengenai toleransi tiga klon ini terhadap toksisitas Al di tanah Ultisol belum pernah dipelajari secara mendalam.

Al dapat dipertukarkan merupakan kation dominan yang berhubungan dengan keasaman tanah. Ion hidrogen yang dihasilkan dari pelapukan bahan organik tidak mantap dalam mineral tanah karena bereaksi dengan liat silikat dan membebaskan Al dapat dipertukarkan dan asam silikat. Al dapat dipertukarkan sedikit atau tidak ditemukan pada pH yang lebih tinggi dari 5,5. Ukuran keasaman tanah yang berguna adalah persentase kejenuhan Al. Al dalam larutan tanah akan meningkat sangat tajam jika kejenuhan Al > 60%. Terdapat < 1 ppm Al di dalam larutan tanah apabila kejenuhan Al < 60% (Sanchez, 1992).

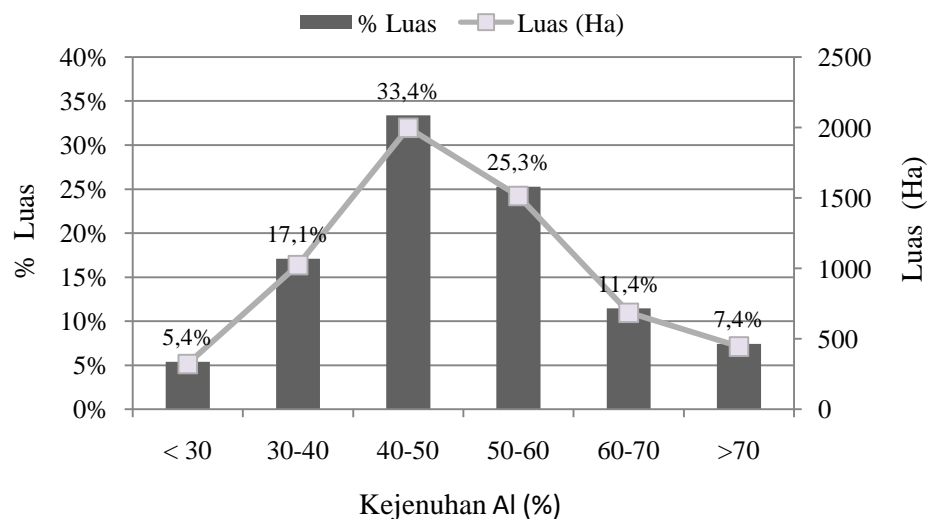
Tabel 1. Deskripsi karakteristik vegetatif dan generatif 3 klon PT GGP.

Klon GP1	Klon GP3	Klon F180
<p><u>Tanaman</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>panjang akar : kurang lebih 25 cm</li> <li>jumlah daun saat forcing: 40 - 60 cm</li> <li>daun-D : panjang 65 - 79 cm, lebar 4,0 - 5,2 cm</li> <li>berat/panjang bonggol: 340 - 400 gr, 40 - 60 cm</li> <li>berat tanaman saat forcing : 2,1 - 2,5 kg</li> <li>peduncle: panjang 20 - 24 cm, diameter 2,2 - 3,0 cm</li> </ul>	<p><u>Tanaman</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>panjang akar : &gt;40 cm</li> <li>jumlah daun saat forcing : 35 - 40 cm</li> <li>daun-D : panjang 79 - 105 cm, lebar 5,1 - 6,2 cm</li> <li>berat/panjang bonggol: 220 - 320 gr, 14 - 20 cm</li> <li>berat tanaman saat forcing : 4 - 8 kg</li> <li>peduncle: panjang 29 - 40 cm, diameter 1,7 - 2,4 cm</li> </ul>	<p><u>Tanaman</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>panjang akar : &gt;40 cm</li> <li>jumlah daun saat forcing : 38 - 42 cm</li> <li>daun-D : panjang 79 - 85cm, lebar 5,4 - 6,2 cm</li> <li>berat/panjang bonggol: 240 gr, 14 - 18 cm</li> <li>berat tanaman saat forcing : 4 - 8 kg</li> <li>peduncle: panjang 28 - 33 cm, diameter 1,9 - 2,2 cm</li> </ul>
<p><u>Buah</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bentuk buah silindris</li> <li>mata buah sedikit menonjol, berwarna hijau gelap</li> <li>warna daging kuning cerah, rasa manis agak masam, kompak dan berserat kasar</li> <li>jumlah mata : lingkaran panjang 12 - 17, pendek 8-10</li> <li>panjang/berat buah: 14 - 17 cm / 1,2 - 1,6 kg</li> <li>diameter core: 2,5 - 3,2 cm</li> <li>brix: 13 - 14,4</li> <li>acidity: 0,3 - 0,5</li> <li>rasio berat buah / tanaman: 0,38 - 0,50</li> </ul>	<p><u>Buah</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bentuk cenderung silindris</li> <li>mata buah rata berwarna hijau tua</li> <li>warna daging agak pucat, rasa manis, kompak dan berserat halus</li> <li>jumlah mata : lingkaran panjang 10 - 13, pendek 7 - 10</li> <li>panjang/berat buah: 14 - 22 cm / 1,3 - 2,2 kg</li> <li>diameter core: 2,1 - 3,0 cm</li> <li>brix: 14 - 15,6</li> <li>acidity: 0,4 - 0,6</li> <li>rasio berat buah / tanaman: 0,48 - 0,65</li> </ul>	<p><u>Buah</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bentuk buah cenderung kerucut</li> <li>mata buah sedikit menonjol berwarna hijau muda</li> <li>warna daging kuning cerah, rasa manis, kompak dan berserat kasar</li> <li>jumlah mata : lingkaran panjang 11 - 14, pendek 7 - 10</li> <li>panjang/berat buah: 15 - 23 cm / 1,5 - 2,2 kg</li> <li>diameter core: 2,5 - 3,4 cm</li> <li>brix: 13 - 16,6</li> <li>acidity: 0,3 - 0,5</li> <li>rasio berat buah / tanaman: 0,44 - 0,60</li> </ul>
<p><u>Crown</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>warna hijau keunguan</li> <li>ukuran : panjang 10 sd 20 cm berat 100 sd 270 gr</li> <li>daun crown : spiral beraturan</li> </ul>	<p><u>Crown</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>warna hijau keunguan</li> <li>ukuran : panjang 13 - 20 cm, berat 100 - 350 gr</li> <li>daun crown: tidak beraturan</li> </ul>	<p><u>Crown</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>warna hijau keunguan</li> <li>ukuran : panjang 19 - 24 cm berat 100 - 400 gr</li> <li>daun crown : tidak beraturan</li> </ul>
<p><u>Produksi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potensi produksi PC : 55-80 ton/ha &amp; RC 20-45 ton/ha dengan distribusi buah besar (grade buah &gt;2T) : PC 35-50%, RC (30-40%).</li> <li>perakaran kurang bagus, tidak tahan kekeringan</li> <li>lebih rentan penyakit virus layu mealybug</li> <li>hasil seleksi klon lokal (konvensional)</li> <li>relatip lebih tahan penyakit busuk hati (<i>Phytophthora sp.</i>)</li> <li>peduncle relatip pendek, buah tidak mudah rebah</li> </ul>	<p><u>Produksi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potensi produksi PC 80 - 125 ton/ha, RC 40-45 ton/ha dengan distribusi buah besar (grade buah &gt;2T) : PC 50-80% , RC (40-50%).</li> <li>potensi suckering yang bagus untuk mendukung penyediaan bibit / RC</li> <li>perakaran yang panjang mencapai &gt;40 cm sehingga tahan terhadap kekeringan</li> <li>rentan terhadap penyakit busuk hati (<i>Phytophthora sp.</i>)</li> <li>brix yang tinggi berpotensi penyakit buah lebih tinggi</li> </ul>	<p><u>Produksi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potensi produksi PC 80 - 125 ton/ha, RC 40-45 ton/ha dengan distribusi buah besar (grade buah &gt;2T) : PC 50-80%, RC (40-50%).</li> <li>potensi suckering yang bagus untuk mendukung penyediaan bibit / RC</li> <li>perakaran bagus, mampu tahan kekeringan</li> <li>rentan terhadap penyakit busuk hati (<i>Phytophthora sp.</i>)</li> <li>brix yang tinggi berpotensi penyakit buah lebih tinggi</li> <li>Rasa kurang disukai konsumen</li> </ul>

Trilaksono (2012)

Kendala utama bagi pertumbuhan tanaman di tanah asam adalah keracunan Al, Fe, dan Mn yang akan menghambat pertumbuhan akar serta translokasi P dan Ca ke bagian tanaman sehingga tanaman mengalami defisiensi hara P karena terikat kuat pada partikel tanah seperti mineral liat dan oksida-oksida besi dan Al membentuk Al dan Fe fosfat sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Tanah ultisol memiliki produktivitas lahan yang rendah karena sifat-sifat tanah seperti: pH dan KTK tanah yang rendah, miskin kation basa, Al-dd tinggi yang dapat meracuni tanaman, fiksasi unsur N, P, K, dan Ca serta mudah tererosi (BBPPL, 2015).

Hasil analisa tanah di lahan produksi nanas aktif PT Great Giant Pineapple tahun 2013 memperlihatkan bahwa kejenuhan Al > 60% mencapai luasan 1129,7 Ha atau 18,8% luasan (Gambar 2), yang menurut klasifikasi kesesuaian lahan untuk nanas (Tabel 2) tanah jenis ini termasuk dalam kelas tanah tidak sesuai ( $N_1$  dan  $N_2$ ) dan sesuai dengan ameliorasi ( $S_3$ ).



Gambar 2. Sebaran kejenuhan Al di lahan produksi nanas aktif PT Great Giant Pineapple tahun 2013.

Tabel 2. Klasifikasi kesesuaian lahan untuk tanaman nanas untuk karakteristik kejenuhan Al.

Karakteristik	Kualitas Lahan				
	Sesuai			Tidak Sesuai	
	S <sub>1</sub> (sesuai)	S <sub>2</sub> (agak sesuai)	S <sub>3</sub> (sesuai dengan ameliorasi)	N <sub>1</sub> (kurang sesuai)	N <sub>2</sub> (tidak sesuai)
Kejenuhan Al (%)	<30	30-60	61-85	>85	

Sudarminto (2003)

## 1.2 Tujuan

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah yang telah disusun maka ditetapkan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menentukan klon nanas di PT GGP yang toleran dan sensitif terhadap toksisitas Al.
2. Mempelajari batas kritis kejenuhan Al terhadap 3 klon nanas di tanah Ultisol PT GGP.
3. Mempelajari pengaruh pemberian kapur dan atau bahan organik tanah terhadap pengendalian toksisitas Al di tanah dan tanaman dalam upaya meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Penjelasan teoritis terhadap pertanyaan yang telah dikemukakan di atas adalah sebagai berikut :

Nanas adalah tanaman yang dapat beradaptasi dan tumbuh baik dalam lingkungan tanah asam dengan pH optimal 4,5 – 5,5. Nanas termasuk tanaman yang toleran terhadap tanah yang memiliki Al dapat ditukar tinggi dan mengandung Mn yang umum terjadi pada tanah yang sangat asam (Souza dan Reinhardt, 2001).

Setiap spesies dan genotip tanaman memperlihatkan variasi toleransi dan sensitivitas terhadap toksisitas Al. Beberapa studi membuktikan bahwa apoplast akar berperan penting dalam mekanisme toleransi dengan memproduksi asam-asam organik seperti asam malat dan asam sitrat. Pada kultivar padi yang sensitif Al, ion Al dapat menimbulkan terbentuknya formasi *callose* yang mengindikasikan terjadinya pelukaan akibat Al di akar (Alvim dkk., 2012).

Studi Lin dan Chen (2011) menemukan bahwa pada kultivar yang toleran Al seperti Cayenne ditandai pemanjangan akar yang lebih baik dan dapat menekan adsorpsi Al ke dalam dinding. Kultivar Cayenne dapat tumbuh baik dalam lingkungan sangat masam yang mengandung konsentrasi  $AlCl_3$  hingga 300  $\mu M$ . Karakteristik ketahanan tanaman terhadap Al terlihat dari sifat metabolisme karbohidrat, produksi asam organik, kemampuan menekan kerusakan akar dan perubahan fenotip akar (Chen dan Lin, 2010).

Ketika terjadi proses pertumbuhan awal tanaman yang dimulai dengan munculnya akar maka saat yang bersamaan tanaman akan menghasilkan menghasilkan senyawa kimia berbentuk gula, asam amino, dan senyawa metabolit sekunder seperti flavanoid, asam-asam organik, enzim, lektin, dan glikoprotein yang dieksudasi ke tanah dan dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah maupun sebagai pelumas bagi akar untuk menembus lapisan tanah yang lebih



dalam, melindungi permukaan akar dari kondisi kering yang ekstrim, meningkatkan daya adaptasi terhadap tanah masam dan menjadi senyawa sinyal pada interaksi tanaman-mikroorganisme tanah khususnya untuk mekanisme pertahanan tanaman (Timotiwu, 2010).

Kejenuhan aluminium di atas 60% merupakan indikasi potensial problem terhadap toksisitas. Kandungan Al di jaringan dewasa tanaman mencapai di atas 200 ppm (mg/kg). Gejala keracunan Al ditandai pembentukan akar yang malformasi seperti akar yang mengurus, membelit dengan ujung akar yang membengkak, warna akar menjadi coklat dan minim perakaran serabut. Penampakan bagian atas terlihat daun yang menguning dan pertumbuhan yang terhambat. Gejala ini akan lebih terlihat ketika terjadi cekaman suhu dan kelembaban di permukaan tanah (Koenig dkk., 2011).

Strategi untuk menjaga produktivitas tanaman di lahan-lahan asam di antaranya adalah aplikasi kapur untuk meningkatkan pH tanah dan penggunaan tanaman toleran lahan asam (Ojima, 1989). Walaupun toksisitas Al dapat dikendalikan dengan aplikasi kapur di permukaan tanah, namun cara ini sering tidak efisien secara ekonomi sehingga kombinasi pengapuran dan penggunaan kultivar toleran Al menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas tanaman di lahan asam (Hede dkk., 2001).

Fageria (2008) mengatakan bahwa ketika pH naik maka serapan Ca dan Mg akan meningkat terutama pada tanah yang kaya akan Fe dan Al oksida. Kejenuhan Ca di tanah merupakan indikator penting untuk penentuan kebutuhan kapur di tanah. Di tanah tropis kandungan Ca dd harus lebih dari 2 cmol/kg. Produksi tertinggi kacang buncis didapat pada kejenuhan Ca 48%. Kejenuhan Al

berperan dalam perkembangan akar, penggunaan air dan serapan hara. Ideal rasio kejenuhan kompleks kation dapat ditukar adalah 65% Ca, 10% Mg, 5% K dan 20% H. Tanaman toleran Al dihubungkan dengan lebih besarnya serapan Mg pada kultivar kentang dan jagung.

Pemberian kapur pada tanah asam bertujuan untuk menurunkan atau meniadakan pengaruh Al terhadap pertumbuhan tanaman, meniadakan selaput Al pada akar tanaman, sehingga tanaman dapat mengambil hara dengan optimum. Pengapuran juga dapat meningkatkan ketersediaan hara P dan K dalam tanah dan meningkatkan aktivitas biologi tanah. Batas toleransi tanaman jagung dan kedelai terhadap kejenuhan Al adalah 30 dan 15%, sehingga kapur untuk jagung dan kedelai sebaiknya diberikan apabila kejenuhan Al lebih dari 30 dan 15%. Dengan demikian, pada tanah yang sama kebutuhan kapur untuk tanaman kedelai lebih tinggi dibandingkan jagung. Bahan kapur yang dapat digunakan untuk pertanian adalah kapur pertanian ( $\text{CaCO}_3$ ), kapur tohor ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), dan dolomit ( $\text{Ca Mg(CO}_3)_2$ ) (Anonim, 2005).

Uchida dkk. (2000) mengatakan bahwa tanah asam umumnya terjadi di daerah tropika basah, di mana curah hujan mencuci profil tanah dan meninggalkan material yang stabil yang kaya Fe dan Al dan menghasilkan tanah asam dan miskin hara untuk tanaman. Kehilangan tanah karena pencucian menyebabkan hara kation mudah terbawa ke bawah lapisan daerah perakaran. Sementara hara anion seperti P dan Mo akan terikat kuat oleh Al dan Fe dan menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi persoalan defisiensi hara pada tanah mineral masam berkadar Al tinggi adalah melalui

penambahan bahan organik (Hairiah dkk., 2000 dalam Isrun, 2010). Aplikasi bahan organik pada tanah asam akan mengurangi toksisitas Al, menurunkan kebutuhan kapur dan meningkatkan ketersediaan P. Selama dekomposisi bahan organik akan meningkatkan pH dan menurunkan Al dapat ditukar dalam larutan tanah (Haynes dan Mokolobate, 2001).

Sumarsono dkk. (2011) menyebutkan bahwa bahan organik mampu menetralkan pengaruh racun dari Al sehingga menjadi tidak beracun lagi bagi akar tanaman. Kualitas bahan organik berkaitan dengan kemampuan dalam mendetoksifikasi ditentukan dengan tolok ukur total konsentrasi kation K, Ca, Mg dan Na. Pelepasan kation-kation tersebut dari hasil dekomposisi bahan organik dapat menekan kelarutan Al melalui peningkatan pH tanah. Bahan organik yang mempunyai total konsentrasi kation  $> 60$  cmol/kg merupakan bahan organik yang berpotensi untuk tujuan pengurangan efek beracun Al. Semakin tinggi nilai total konsentrasi kation suatu bahan organik semakin kuat kemampuannya dalam mengurangi efek beracun Al.

Kompos secara nyata akan meningkatkan kimia tanah dengan meningkatkan pH tanah, N total tanah dan serapan N serta menurunkan Al dd (Isrun, 2010). Namun besar pengaruh kapur dan pemberian kompos sisa tanaman terhadap ion Al dapat ditukar (Al dd) di dalam tanah dan terhadap produksi tanaman kedelai masih belum banyak diketahui (Wahyudin, 2006).

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Terdapat klon nanas yang toleran terhadap toksisitas Al.
2. Terdapat batas kritis kejenuhan Al di tanah Ultisol PT GGP terhadap 3 klon nanas.
3. Terdapat dosis bahan organik dan kapur optimal yang mampu mengendalikan toksisitas Al di tanah Ultisol PT GGP.