

**APLIKASI DOLOMIT PADA TANAH MASAM DENGAN
BERBAGAI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH
Eksplorasi Tingkat Keracunan Aluminium pada Perkebunan Nanas**

Oleh

ENDAH SETYORINI

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**

**APLIKASI DOLOMIT PADA TANAH MASAM DENGAN
BERBAGAI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH
Eksplorasi Tingkat Keracunan Aluminium pada Perkebunan Nanas**

Oleh

ENDAH SETYORINI

105040200111050

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2014

Endah Setyorini



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **APLIKASI DOLOMIT PADA TANAH MASAM DENGAN BERBAGAI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH. Eksplorasi Tingkat Keracunan Aluminium pada Perkebunan Nanas**
 Nama Mahasiswa : **ENDAH SETYORINI**
 N I M : 105040200111050
 Jurusan : Tanah
 Program Studi : Agroekoteknologi
 Minat : Manajemen Sumber Daya Lahan
 Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing utama,

Pembimbing pendamping,

Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D
 NIP.19560410 198303 2 001

Ir. Widianto, MSc
 NIP. 19530212 197903 1 004

Mengetahui,
 Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
 NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

Penguji II

Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D
NIP. 19560410 198303 2 001

Penguji III

Ir. Widiyanto, MSc.
NIP. 19530212 197903 1 004

Penguji IV

Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D
NIP. 19730103 199802 1 002

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kupersembahkan kepada yang tercinta :

Ibunda Siti Komariyah dan Ayahanda Sahri,

Serta saudara-saudaraku, Eko Wahyuningtyas dan Dwi Winarti,

RINGKASAN

ENDAH SETYORINI. 105040200111050. APLIKASI DOLOMIT PADA TANAH MASAM DENGAN BERBAGAI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH. Eksplorasi Tingkat Keracunan Aluminium pada Perkebunan Nanas. Dibimbing oleh Prof. Ir. Kurniatun Hairiah Ph.D dan Ir. Widiyanto MSc.

Salah satu usaha dalam menurunkan tingkat keracunan Aluminium pada perkebunan nanas adalah dengan mengaplikasikan dolomit pada tanah yang dikombinasikan dengan pemberian sisa tanaman nanas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak penambahan dolomit terhadap pH tanah, kation basa dapat dipertukarkan (kation-dd) dan konsentrasi Al-dd pada tanah masam dengan kandungan C-organik yang berbeda.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2013 sampai bulan Mei 2014 di *Plantation Group III PT. Great Giant Pineapple (GGP)*, Lampung Tengah pada 8 lahan yang dipilih berdasarkan pada variasi: (a) dosis pemberian dolomit (0, 1,0, 1,5 dan 2,0 Mg ha⁻¹), (b) tingkat kandungan C-organik tanah (rendah dan tinggi), (c) kelas bibit yang sama (bibit sucker besar GP1 varietas Smooth Cayenne, namun pada kontrol bibit crown besar), serta (d) umur bibit yang telah ditentukan (umur 5-6 bulan).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi dolomit ke tanah meningkatkan pH tanah rata-rata dari 4,33 menjadi 4,51, namun demikian nilai pH tanah antar kedalaman tanah masih tetap sama, dengan rata-rata 4,47. Pada tanah dengan kadar C-organik rendah, pemberian dolomit dengan dosis rendah (1,0 Mg ha⁻¹) sudah dapat meningkatkan pH tanah menjadi 4,6. Peningkatan dosis dolomit > 1,0 Mg ha⁻¹ pada kondisi tanah tersebut tidak efektif lagi dalam meningkatkan pH tanah. Sedangkan pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi, untuk meningkatkan pH tanah $\geq 4,4$ dibutuhkan dosis dolomit yang lebih tinggi yaitu 1,5 Mg ha⁻¹.

Aplikasi dolomit ke dalam tanah menurunkan kadar Al-dd rata-rata sepertiga dari kadar Al-dd (0,77 me/100 g) pada perlakuan kontrol (tanpa pemberian dolomit). Pada tanah dengan C-organik rendah, aplikasi dolomit sebesar 1,0 Mg ha⁻¹ sudah dapat menurunkan Al-dd menjadi 0,29 me/100 g. Sedangkan pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi, untuk menurunkan konsentrasi Al-dd menjadi 0,28 me/100 g perlu ditambahkan dolomit sebesar 1,5 Mg ha⁻¹. Penurunan kadar Al-dd dalam tanah setelah aplikasi dolomit adalah berhubungan dengan meningkatnya pH tanah dari 4,33 menjadi 4,51 dan konsentrasi kation basa-dd dari 1,03 me/100 g menjadi 1,76 me/100 g.

SUMMARY

ENDAH SETYORINI. 105040200111050. **APPLICATION OF DOLOMITE ON ACID SOIL WITH DIFFERENT LEVEL OF C-ORGANIC CONTENT. Exploration of Soil Acidity and Aluminium Toxicity in Pineapple Plantation.** Supervised by Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D and Ir. Widiyanto, MSc.

One effort of reducing aluminium toxicity in pineapple plantations is done by applying dolomite in combination with returning crop residues to the soil. The purpose of this research was to evaluate the effect of dolomite application on soil pH, exchangeable base cations and exchangeable Al in acid soils that have different level of C-organic content.

This research was conducted in December 2013 until May 2014 in Plantation Group III PT. Great Giant Pineapple (GGP), Central Lampung. Eight plots were selected based on variation of: (a) Dose of dolomite application (0, 1,0, 1,5 and 2,0 Mg ha⁻¹), (b) Level of soil C-organic content (low and high). The plots should have the same type of seedlings i.e. big sucker GP1 of Smooth Cayenne variety, unfortunately for control plot was used a big crown seedling; age of plants ranging from 5 to 6 months.

The results of this research showed that application dolomite to the soil increases soil pH an average of 4,33 to 4,51, but there were no significant different ($p < 0,05$) soil pH of the different soil depth, with an average of 4,47. In soil with low levels of C-organic, low-dose of dolomite with 1,0 Mg ha⁻¹ was able to increase the soil pH to 4,6. Increasing dose of dolomite $> 1,0$ Mg ha⁻¹ in this soil condition is ineffective to increase soil pH. While in soil with high C-organic content, to increase soil pH $\geq 4,4$ needed a higher dose dolomite of 1,5 Mg ha⁻¹.

Application of dolomite into the soil reduced concentration of Al-exchangeable third of the average in the control plot (without giving dolomite) of 0,77 me/100 g. In soil with low C-organic, dolomite application of 1,0 Mg ha⁻¹ was able to lower Al-exchangeable be 0,29 me/100 g. While in soil with a high content of C-organic, lowering the concentration of Al-exchangeable to 0,28 me/100 g should be added dolomite of 1,5 Mg ha⁻¹. Lower concentration of Al-exchangeable in the soil after application of dolomite is associated with increased of soil pH from 4,33 into 4,51 and cation base concentrations from 1,03 me/100 g to 1,76 me/100 g.

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“APLIKASI DOLOMIT PADA TANAH MASAM DENGAN BERBAGAI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH. Eksplorasi Tingkat Keracunan Aluminium pada Perkebunan Nanas”**.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D, dan Ir. Widiyanto, MSc., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan, dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU., dan Cahyo Proyogo SP., MP., Ph.D., selaku penguji atas nasihat, arahan, bimbingan kepada penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan, serta kepada seluruh karyawan Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas yang diberikan. Juga tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh staff Research and Development PT. GGP yang telah memberi izin, kesempatan, pembelajaran dan ilmu dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua dan kakak atas do'a, cinta, kasih sayang, pengertian, dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga kepada rekan-rekan Jurusan Tanah 2010, Agroekoteknologi angkatan 2010 atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini baik di kampus ataupun di kebun. Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2014

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang setulus-tulusnya penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ibu Siti Komariyah dan Bapak Sahri, Mbak Naning, Mbak Dwi, Mas Agus, Mas Erwin, Mbah Damin serta ke empat ponakan yang lucu-lucu : Valen, Caca, Abyan, Zafran dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan material maupun moral dalam penyusunan tugas akhir ini, terima kasih atas seluruh do'a dan dukungannya.
2. Ir. Ikhwan Karim sebagai Manager Plantation Group III PT. GGP, Ir. Purwito selaku Manager Research and Development PT. GGP, Ir. Priyo Cahyono selaku Kepala Bagian Agronomi di R&D, Ir. Bambang Sumitro dan Ir. Untung Sabdono selaku Kepala Bagian PIC, yang telah memberi izin, kesempatan, pembelajaran, ilmu, masukan serta nasehat dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Keluarga selama di Lampung, kepada Pak Pairin, Bu Eka, Andi serta Dimas, atas kebersamaan, canda tawa dan kebaikannya selama ini. Serta kepada Bapak dan Ibu Radikun serta mbak Ana yang telah membantu selama saya berada di Lampung. Seluruh warga C4 terima kasih atas kebaikannya.
4. Laboratorium PG III yang menjadi tempat bernaung dan melaksanakan seluruh kegiatan. Mbak Eli, Mbak Salimah, Mbak Ony serta Mas Riko. Laboratorium PG 1, untuk Harun, Mbak Linda, Mbak Niko, Mas Canggih, Angga, Pak Jaelani serta seluruh karyawan Lab Cogen yang selalu membantu saya dalam mengerjakan analisis.
5. Penelitian, dan survey lapang tidak akan terlaksana dengan lancar tanpa bantuan dari seluruh mandor Agronomi, untuk Lek Supri, Lek Aan, Lek Joko dan semua mandor serta karyawan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih untuk semua bantuan, untuk semua ilmu serta kebersamaan dalam kebun.
6. Mbak Marni, mbak Tutik, dan mbak Mey sebagai teman saat saya berada di Mess PG III. Serta kepada Bapak-bapak Mess, yang telah memberi nasehat dan masukan serta sebagai teman, terima kasih banyak atas semuanya.
7. Keluarga Besar Departemen R&D atas bantuannya selama ini. Terima kasih kepada Mas Desur, Mas Erwin, Mas Syaza dan Mas Maman yang memberi

ilmu statistik dan seluruh staff dan karyawan yang tidak disebutkan satu persatu.

8. Kawan Lama: Sony, Ubay, Agung, Hadi, Ganes, Zeni, Ridlo dan Andre atas kebersamaan, bantuan, serta semangat kalian. Kita adalah Saudara Seperjuangan.
9. Mokhammad Jafri N.F.I.A.P atas motivasi, sumbangan pemikiran, saran dan kritiknya selama ini.
10. Teman-teman Soiler 2010, Yeti, Bella, Rieke, Lia, Sipyanti, Prisma, Kiki, Kiromil, Kisman, Dodik, Dianta, Hafidz, Ari, Pandu, Caesa, Tomy, Edwin, Eby, Prista, Icha, Aye dan Elok, serta semua teman jurusan Tanah 2010 yang tidak bisa disebutkan, yang telah memberikan arti kebersamaan yang luar biasa dalam perjuangan kita menempuh kuliah.
11. Mas Anshori, Mbak Erika, Mbak Rika atas kebaikan dan ilmu yang telah diberikan.
12. Teman-teman Agroekoteknologi 2010, khususnya THE5, Dian, Titik, Ika dan Diah yang telah memberikan arti persahabatan kita selama ini.
13. Karyawan Jurusan Tanah, terima kasih kepada Pak Kadi, Pak Ngadirin, Pak Sarkam, Pak Suham, Pak Mardiono serta Bu Rurin serta seluruh karyawan yang tidak bisa disebutkan satu - persatu.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, terutama PT.GGP, dan mampu memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

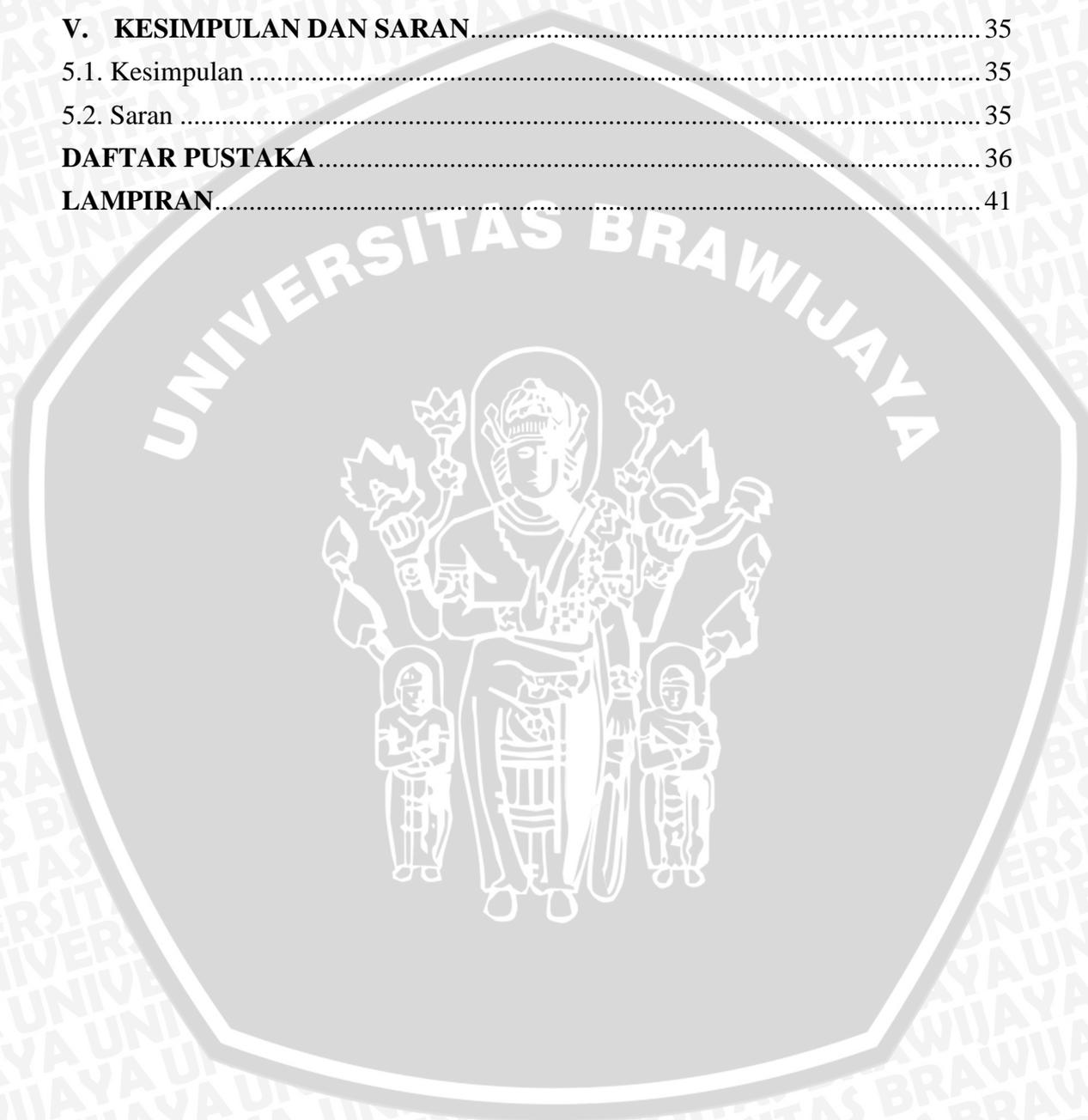
Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 29 Oktober 1991 sebagai putri ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Sahri S.Pd, dan Ibu Siti Komariyah A.Ma. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Parerejo 02 Kabupaten Pasuruan, kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Lawang pada tahun 2004 – 2007. Pada tahun 2007 – 2010 penulis melanjutkan pendidikan jenjang menengah di SMAN 1 Lawang. Tercatat sebagai mahasiswi Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2010 di P.S Agroekoteknologi melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2012 penulis tercatat sebagai mahasiswa minat Managemen Sumber Daya Lahan, Jurusan Tanah Universitas Brawijaya Malang. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam berbagai kepanitiaan di lingkup Fakultas. Seperti Panitia Idul Adha FORSIKA 2010, Inagurasi 2010, Pasca Rantai 2010, Pemilwa 2010, Rantai II 2011, Pemilwa 2011, POSTER 2011, PKM Maba 2011, POSTER 2012, Rantai III 2012. Penulis juga pernah aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM FP-UB) 2012 serta di Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) 2013.

Penulis tidak hanya aktif di bidang non akademik, di bidang akademik penulis pernah menjadi asisten praktikum Dasar Ilmu Tanah pada tahun 2011 - 2012, Dasar Perlindungan Tanaman pada tahun 2011, Botani pada tahun 2011, Survey Tanah dan Evaluasi Lahan pada tahun 2012 - 2013.

DAFTAR ISI

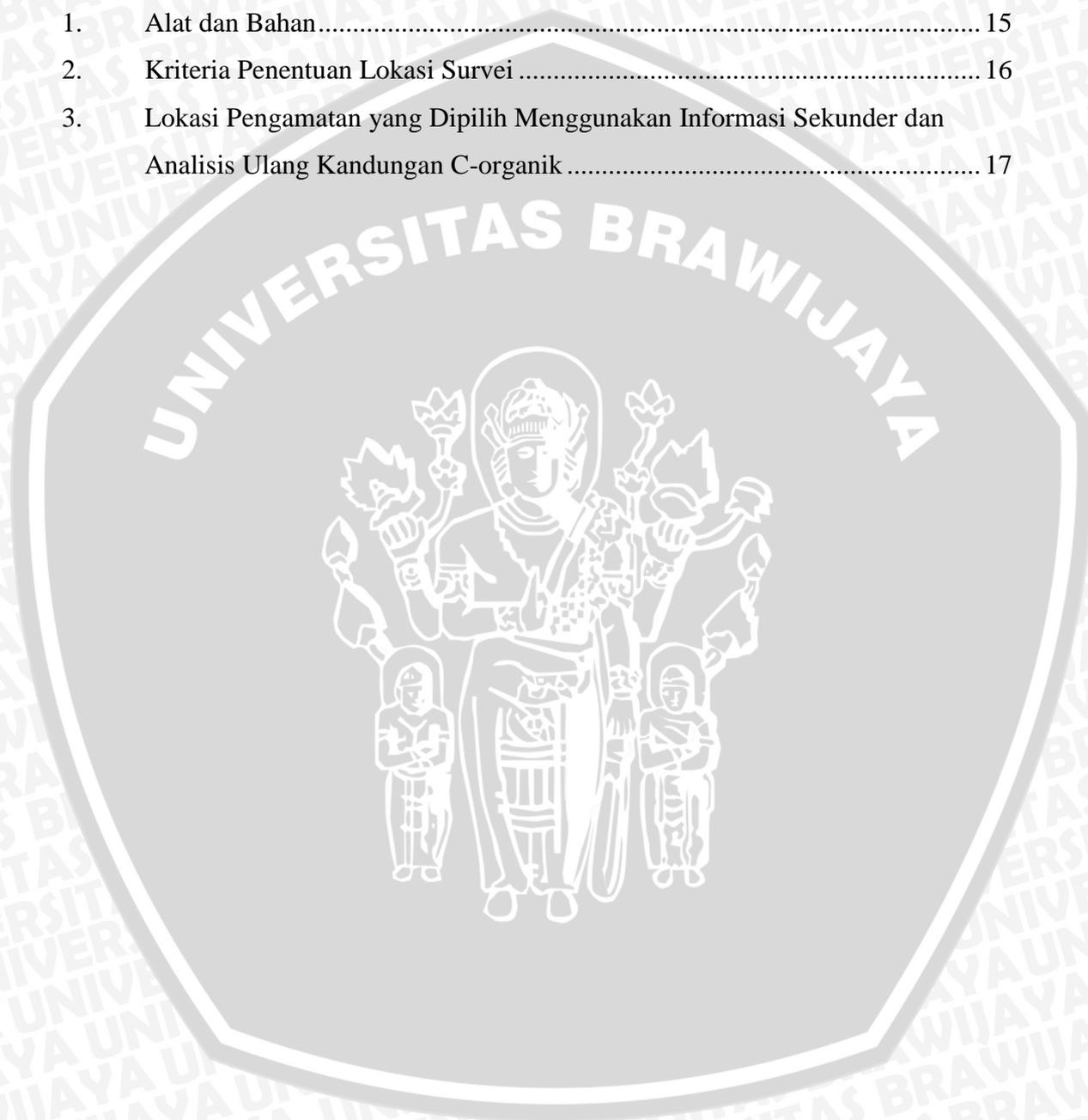
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
RIWAYAT HIDUP	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Hipotesis	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Alur Pikir Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tanah Ultisol	6
2.2. Kapasitas Tukar Kation Efektif (KTKe)	7
2.3. Keracunan Aluminium pada Tanaman	8
2.4. Manajemen Keracunan Aluminium pada Lahan Pertanian	9
III. METODE PENELITIAN	13
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2. Kondisi Umum Lokasi Penelitian	13
3.3. Alat dan Bahan	15
3.4. Rancangan Percobaan	16
3.5. Variabel Pengukuran	16
3.6. Pelaksanaan Penelitian	16
3.7. Analisis Data	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. pH Tanah	22
4.2. Kation Basa-dd (K, Ca, Mg, Na)	23
4.3. Aluminium dapat dipertukar (Al-dd)	24
4.4. Al-Saturation	25

4.5. Hubungan pH dengan Kation Basa-dd	26
4.6. Hubungan pH dengan Al-dd	27
4.7. Hubungan pH dengan Al-saturation	28
4.8. Hubungan Kation Basa-dd dengan Al-dd	28
4.9. Pembahasan Umum	28
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1. Kesimpulan	35
5.2. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	41



DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Alat dan Bahan.....	15
2.	Kriteria Penentuan Lokasi Survei	16
3.	Lokasi Pengamatan yang Dipilih Menggunakan Informasi Sekunder dan Analisis Ulang Kandungan C-organik	17



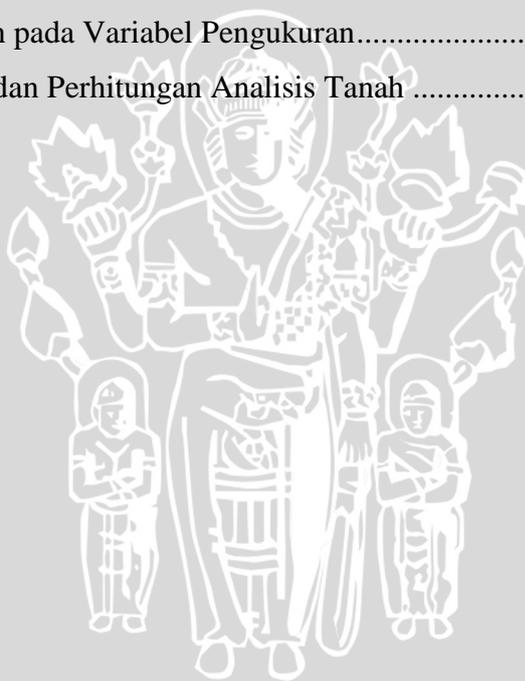
DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Skema hipotesis yang dibangun dalam penelitian	4
2.	Alur Pikir Penelitian	5
3.	Reaksi Pengapuran	10
4.	Reaksi Pembentukan $Al(OH)_3$ dengan Penambahan Kapur	10
5.	Rata-rata Curah Hujan dan Kelembaban 9 Tahun Terakhir di PG III.	14
6.	Penentuan Titik Pengambilan Contoh Tanah	19
7.	Pengaruh Aplikasi Dolomit.....	23
8.	Hubungan Beberapa Variabel Pengukuran.....	27
9.	Hubungan Antara Al-dd dan Total Panjang Akar (Lrv) Nanas	33
10.	Gejala Keracunan Al pada Akar Nanas	34



DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
1.	Manajemen Lahan di PT. GGP.....	42
2.	Pengambilan Contoh Tanah di Lapangan.....	49
3.	Analisis Ragam pH _{H2O}	49
4.	Analisis Ragam Kation Basa-dd.....	49
5.	Analisis Ragam Al-dd.....	49
6.	Analisis Ragam Al-Saturation.....	50
7.	Korelasi Antar Parameter.....	50
8.	Analisis Duncan pada Variabel Pengukuran.....	51
9.	Instruksi Kerja dan Perhitungan Analisis Tanah.....	52



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perusahaan Great Giant Pineapple (GGP) dihadapkan pada masalah produksi nanas yang terus menurun dari tahun ke tahun, walaupun berbagai usaha perbaikan manajemen lahan telah dilakukan. Luas lahan perkebunan nanas yang ada di PT. GGP sekitar 32.000 ha yang sebagian besar adalah terdapat pada tanah tua dan masam yaitu Ultisol atau Oxisol yang dikatakan tidak sehat. Sebagian besar tanah yang ada di PT. GGP bertekstur lempung liat berpasir, dengan kadar C-organik rendah berkisar antara 0,8 – 1,2 %, namun terdapat sebagian kecil wilayah yang memiliki kadar C-organik tinggi. Nilai pH tanah berkisar antara 4,2 – 4,8, dengan kejenuhan Al tinggi (> 30%) (Purwito, komunikasi pribadi 2013). Menurut Hairiah *et al.* (2006) indikator tanah yang tidak sehat pada lahan pertanian adalah kepadatan tanah yang tinggi ($BI > 1,2 \text{ g cm}^{-3}$), warna tanah pucat karena kandungan bahan organik tanah (BOT) rendah yang ditunjukkan dengan kandungan C-organik < 2%, kedalaman efektif perakaran yang dangkal dan konsentrasi unsur beracun (seperti Al, Fe dan Mn) yang tinggi, dan populasi cacing tanah rendah (< 60 ekor m^{-2}).

Al dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap perkembangan sistem perakaran tanaman. Pengaruh langsung Al adalah melalui penghambatan pembelahan sel pada ujung-ujung akar (Foy, 1988), sehingga fungsi akar dalam menyerap air dan hara menjadi terganggu. Tingkat meracun Al dalam larutan tanah berhubungan erat dengan tingginya konsentrasi Al-inorganik monomerik yang terdiri dari Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$ (Blamey *et al.*, 1983). Pengaruh tidak langsung Al terhadap perkembangan akar tanaman adalah melalui pengaruhnya terhadap pengikatan P. Ion Al pada tanah masam akan mengikat P menjadi bentuk $\text{Al}(\text{HP}_2\text{O}_4)_3$ yang sukar larut sehingga menjadi kurang tersedia bagi tanaman.

Pada tanah masam di Lampung Utara, perkembangan sistem perakaran tanaman umumnya dangkal karena dihambat oleh tingginya konsentrasi Al yang ditunjukkan dengan kadar Al-monomerik reaktif yang tinggi. Gejala kerusakan

jaringan tanaman yang disebabkan oleh keracunan Al adalah di bagian akar tanaman terutama ujung-ujung akar, sehingga akar tidak dapat berfungsi dengan sempurna dalam menyerap air dan hara. Akar tanaman berkembang dangkal, sehingga tanaman mengalami kekeringan di musim kemarau (Hairiah, 1992). Menurut penelitian Le Van and Masuda (2004) diketahui bahwa tanaman nanas memiliki respon yang berbeda apabila terkena cekaman Al. Nanas jenis Soft Touch berkurang 50% dari kontrol pada konsentrasi Aluminium 0,3 me/100 g. Sedangkan nanas jenis Cayenne resisten terhadap konsentrasi Al pada konsentrasi Al tersebut.

Pada umumnya tanaman nanas dapat beradaptasi dengan baik pada tanah masam dan menghendaki kisaran pH tanah antara 4,5-5,0 (Nakasone and Paull, 1998). Tanah di PT. GGP merupakan tanah Ultisol yang merupakan tanah marginal dengan kandungan bahan organik yang rendah dan cukup masam (Adriyana, 2009).

Ameliorasi Al pada tanah masam umumnya dilakukan dengan pengapuran, tujuannya adalah untuk meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd tanah (Sumarno, 2005). PT. GGP telah mengaplikasikan kapur dengan jenis dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Jenis kapur ini mempunyai kandungan CaCO_3 dan MgCO_3 berimbang (Tisdale and Nelson, 1975). Oleh karena itu penggunaan dolomit pada tanah masam akan lebih baik daripada batu kalsit, sebab dolomit mengandung hara Ca dan Mg secara berimbang (Prihastuti, 2012). Pada pH di atas 5,5 pemberian kapur menyebabkan respon Al rendah karena sudah mengendap menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan tidak meracuni lagi akar tanaman (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Pengapuran tidak secara signifikan mempengaruhi produksi nanas dengan penambahan Ca dan Mg di dalam tanah, namun dapat mengefisienkan pemanfaatan pupuk K pada tanah (Veloso *et al.*, 2001). Dampak penambahan kapur terhadap penurunan Al-dd berbeda antar jenis tanah, tergantung pada jenis tanah dan jumlah liat serta kandungan C-organik tanah. Penambahan bahan organik pada tanah masam dapat mengurangi dosis kapur yang harus ditambahkan, karena bahan organik dapat meningkatkan pelepasan P melalui kompetisi kompleks jerapan P (Setijono, 1996). Penambahan bahan organik

biasanya dapat meningkatkan pH tanah karena meningkatnya ketersediaan kation basa dapat dipertukarkan, sehingga konsentrasi Al-dd menurun (Hairiah *et al.*, 1996).

Guna menurunkan tingkat keracunan Al dalam tanah, PT. GGP telah mengaplikasikan kapur (jenis dolomit) pada lahan yang dikombinasikan dengan pemberian sisa tanaman nanas (sisa tanaman nanas yang dicacah). Namun, dampak dari perlakuan tersebut terhadap perubahan kondisi kimia tanah masih belum dianalisis, sehingga pemilihan strategi manajemen lahan yang tepat masih belum bisa dilakukan secara optimal, maka penelitian ini perlu dilakukan.

1.2. Tujuan

1. Mengevaluasi dampak penambahan dolomit terhadap pH tanah, kation basa dapat dipertukarkan (kation-dd), dan konsentrasi Al-dd pada tanah masam dengan kandungan C-organik tanah yang berbeda.

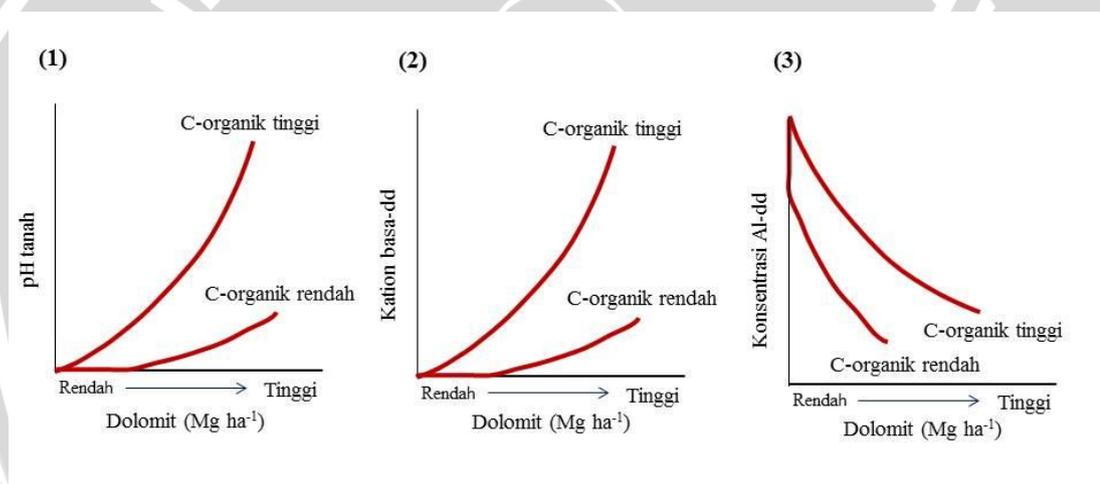
1.3. Rumusan Masalah

1. Apakah peningkatan dosis dolomit dapat meningkatkan pH tanah dengan level yang sama pada tanah dengan kandungan C-organik yang berbeda?
2. Apakah peningkatan dosis dolomit dapat meningkatkan kation basa dapat dipertukarkan (kation-dd) dengan level yang sama pada tanah dengan kandungan C-organik yang berbeda?
3. Apakah aplikasi dolomit dapat menurunkan konsentrasi Al-dd dengan level yang sama pada tanah dengan kandungan C-organik yang berbeda?

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini secara skematis disajikan dalam Gambar 1, yaitu:

1. Peningkatan dosis aplikasi dolomit meningkatkan pH tanah lebih tinggi pada kandungan C-organik yang tinggi daripada di tanah dengan kandungan C-organik rendah.
2. Peningkatan dosis aplikasi dolomit meningkatkan kation basa dapat dipertukarkan (kation-dd) lebih tinggi pada kandungan C-organik yang tinggi daripada di tanah dengan kandungan C-organik rendah.
3. Peningkatan dosis aplikasi dolomit menurunkan konsentrasi Al-dd lebih besar pada tanah dengan kandungan C-organik tanah yang tinggi daripada di tanah dengan kandungan C-organik rendah.



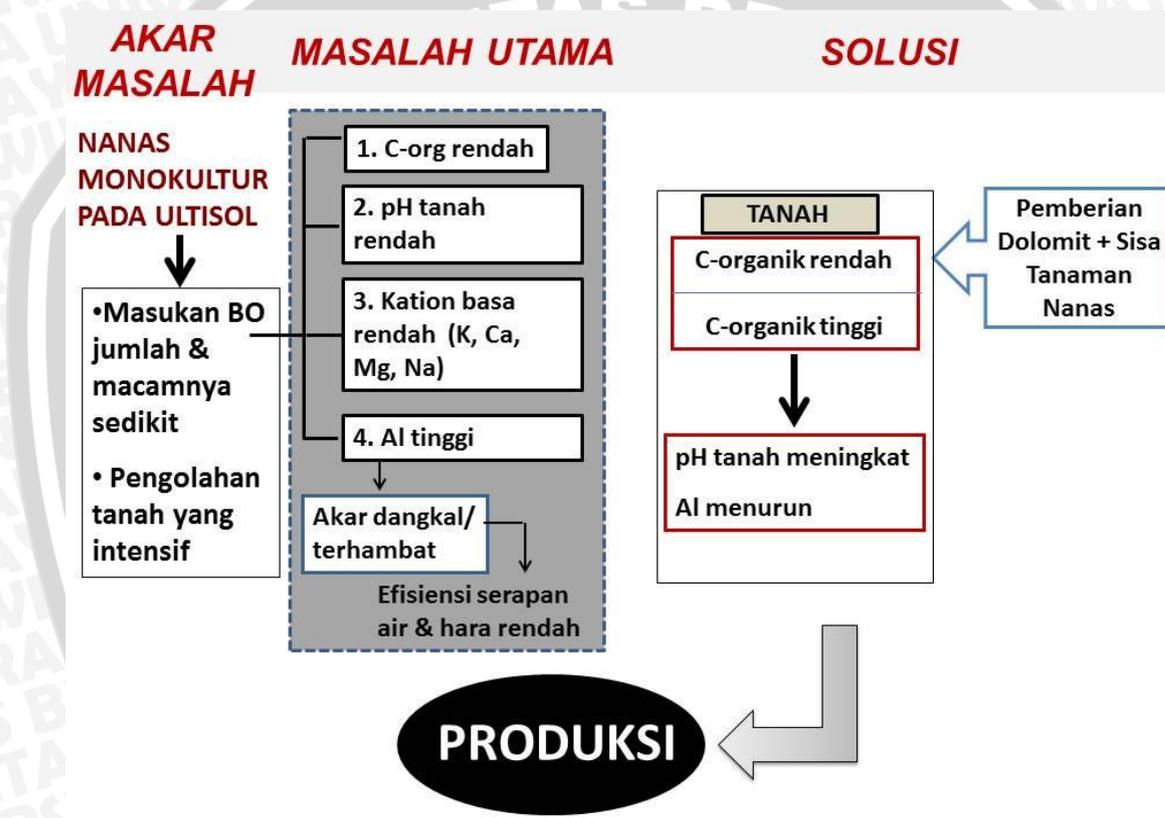
Gambar 1. Skema hipotesis yang dibangun dalam penelitian

1.5. Manfaat

Hasil dari penelitian ini dapat dipakai sebagai acuan dalam menentukan strategi pengelolaan tanah masam pada perkebunan nanas GGP.

1.6. Alur Pikir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat solusi yang ditawarkan, yaitu pemberian dolomit dan sisa tanaman nanas pada tanah – tanah dengan nilai kandungan C-organik tanah rendah dan C-organik tanah tinggi. Dengan penambahan dolomit dan sisa tanaman nanas, bertujuan untuk mengevaluasi dampak penambahan dolomit terhadap pH tanah, kation basa dapat dipertukarkan (kation-dd), dan konsentrasi Al-dd pada tanah masam. Alur pikir dari penelitian ini dapat dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Ultisol

Ultisol adalah tanah mineral yang berada pada daerah *temperate* sampai tropika, mempunyai horison argilik atau kandik atau fragipan dengan lapisan liat tebal (Fanning and Fanning, 1989). Dalam *legend of soil* yang disusun oleh FAO, Ultisol mencakup sebagian tanah laterik serta sebagian besar tanah podsolik merah kuning (Mohr *et al.*, 1972). Ultisol di Indonesia merupakan bagian terluas dari lahan kering (*upland*) yang tersebar luas di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya serta sebagian kecil (sekitar 1,7 juta atau 5%) di Pulau Jawa (terutama di wilayah Jawa Barat). Umumnya merupakan hutan tropika basah dan padang alang-alang (Hardjowigeno, 1985).

Faktor-faktor pembentuk tanah yang paling dominan pada pembentukan tanah pada Ultisol menurut Mohr *et al.* (1972) adalah iklim, rata-rata curah hujan dari 2500 – 3500 mm per tahun, terlebih dari tiga bulan kering Af – Am (Koppen) serta A, B dan C (Smith Fergusson). Bahan induk umumnya berupa tuff masam, batu pasir serta bahan-bahan endapan dari pasir masam. Topografi atau bentuk permukaan tanah umumnya bergelombang sampai berbukit dengan ketinggian di atas muka laut lebih dari 3 m. Vegetasi utama umumnya berupa hutan tropik basah, padang alang-alang, melastoma dan paku-pakuan.

Proses pembentukan tanah Ultisol di daerah tropika umumnya oleh proses luxivisasi dan weak podsolisation (Mohr *et al.*, 1972). Menurut Hardjowigeno (1985) beberapa proses yang mendukung terbentuknya Ultisol antara lain (1) pencucian yang ekstensif terhadap basa-basa, (2) suhu yang cukup panas (lebih dari 8°C) dan pencucian yang kuat dalam waktu yang cukup lama, (3) adanya lessivage atau pencucian liat, (4) terjadi *biocycling* yaitu penambahan basa-basa oleh vegetasi yang ada di permukaan tanah dan menurun menurut kedalaman tanahnya, (5) pembentukan plinthite dan fragipan, (6) perubahan horison umbrik menjadi horison molik.

Menurut Mohr *et al.* (1972) sifat fisik Ultisol antara lain memiliki kedalaman solum tanah sedang (1 sampai 2 meter), warna merah sampai kuning,

tekstur halus pada horison Bt karena kandungan liat maksimal pada horison ini, struktur pada horison Bt berbentuk *blockly*, konsistensi teguh, permeabilitas lambat sampai baik, erodibilitas tinggi. Komponen kimia Ultisol memiliki karakteristik sebagai berikut : (1) kemasaman < 5,5, (2) bahan organik rendah sampai sedang, (3) kejenuhan basa < 3%, (4) KTK < 24 me/100 g liat, (5) nutrisi rendah.

Beberapa kendala yang dimiliki oleh Ultisol antara lain kemasaman tanah, kejenuhan Al tinggi, kapasitas tukar kation rendah (< 24 me/100 g), kandungan N rendah, kandungan P rendah dan K tanah rendah serta sangat peka terhadap erosi.

Berdasarkan diskusi serta hasil penelitian yang dilakukan oleh PT. GGP, diketahui bahwa tanah yang ada di PT. GGP sebagian besar merupakan tanah tua dan masam yaitu Ultisol atau Oxisol yang dikatakan tidak sehat. Sebagian besar tanah yang ada di GGP bertekstur lempung liat berpasir, dengan kadar C-organik rendah berkisar antara 0,8 – 1,2 %, namun terdapat sebagian kecil wilayah yang memiliki kadar C-organik tinggi. Nilai pH tanah berkisar antara 4,2 – 4,8, dengan kejenuhan Al tinggi (> 30%) (Purwito, komunikasi pribadi 2013).

2.2. Kapasitas Tukar Kation Efektif (KTKe)

KTKe merupakan hasil penjumlahan konsentrasi dari seluruh kation-kation dapat ditukar, yang meliputi kation basa (K, Ca, Mg, Na) dan kation masam (Al dan H) yang ada di dalam tanah (Adzabe, 2011)

Bila kation tanah didominasi oleh kation basa Ca, Mg, K, Na (kejenuhan basa tinggi), maka KTK tanah tinggi (kesuburan tanah tinggi). Bila kation tanah didominasi oleh kation asam Al dan H (kejenuhan basa rendah), maka KTK tanah rendah (kesuburan tanah rendah). Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi KTK, yaitu 1). Kandungan BOT, semakin tinggi kadungan BOT maka KTK semakin tinggi 2). Tekstur tanah, KTK tanah berliat lebih besar daripada KTK tanah berpasir 3). Jenis mineral liat, KTK tanah dengan montmorilonit lebih besar daripada kaolinit 4). Tanah-tanah tua mempunyai KTK lebih rendah karena koloid tanah lebih banyak mengandung seskuioksida (Astera, 2014).

2.3. Keracunan Aluminium pada Tanaman

Al³⁺ merupakan aluminium dapat dipertukarkan yang ada di dalam larutan tanah. Pada tanah masam lahan kering banyak ditemukan ion Al³⁺ bersifat masam. Ion Al³⁺ tersebut dapat menghasilkan H⁺ dimana merupakan salah satu sumber kemasaman pada tanah-tanah masam. Pengaruh cekaman Al terhadap pertumbuhan tanaman, paling nyata terlihat pada perpanjangan dan pertumbuhan akar.

Menurut Sanchez (1976) Al cenderung terhimpun pada akar dan menghalangi penyerapan dan pemindahan Ca dan P ke bagian atas tanaman, lebih lanjut dijelaskan bahwa keracunan Al mengakibatkan kerusakan langsung pada sistem perakaran tanaman, perkembangan akar terhambat dan akar menjadi tebal dan pendek-kaku serta memperlihatkan bagian-bagian yang mati.

Pengaruh langsung Al adalah melalui penghambatan pembelahan sel pada ujung-ujung akar (Foy, 1988), sehingga fungsi akar dalam menyerap air dan hara menjadi terganggu. Pengaruh tidak langsung Al terhadap perkembangan akar tanaman adalah melalui pengaruhnya terhadap pengikatan P. Ion Al pada tanah masam akan mengikat P menjadi bentuk Al(H₂PO₄)₃ yang sukar larut sehingga menjadi kurang tersedia bagi tanaman. Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti tentang Al dan tingkat toksisitasnya dalam tubuh tanaman, diketahui bahwa Al yang dapat meracuni tumbuhan pada tanah masam adalah Al yang berbentuk ion trivalent (Al³⁺) yang timbul saat tanah memiliki pH rendah yaitu kurang dari 5,5.

Menurut Oktavidiati (2002) target utama dan pertama keracunan Al adalah jaringan akar tanaman, yang menurut Delhaize *et al.* (1993) bahwa Al berikatan dengan epidermal dinding sel akar dan sel pada bagian korteks akar dengan sangat kuat. Untuk mengatasi toksisitas Al, maka tanaman menunjukkan berbagai respon diantaranya dengan membangun sistem toleransinya. Menurut Ramgareeb *et al.* (2004) menyatakan bahwa mekanisme pertahanan tanaman terhadap efek toksik Al secara eksternal atau eksklusi melalui eksudasi asam organik dari apeks radikal dan secara internal melalui pengkhelatan Al di dalam sel dan disimpan dan dikompartementalisasi dalam vakuola.

2.4. Manajemen Keracunan Aluminium pada Lahan Pertanian

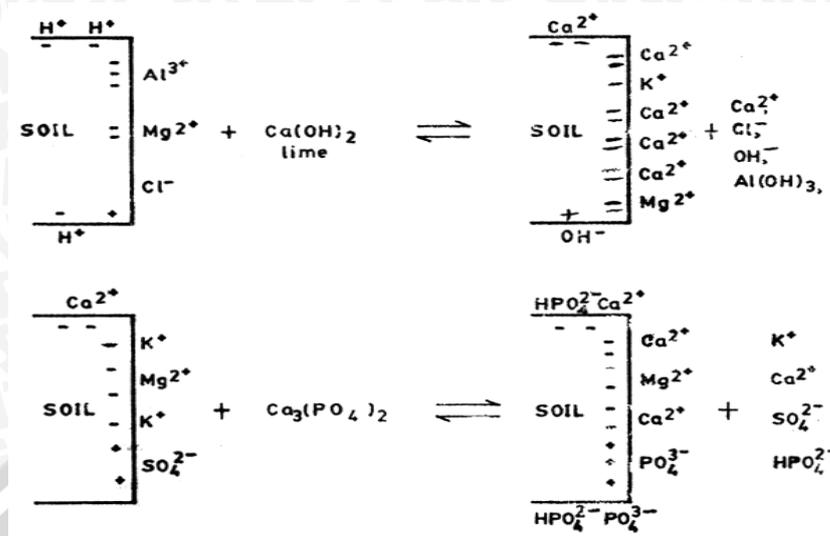
Produktivitas tanah masam dapat ditingkatkan melalui pengapuran, pemberian bahan organik, dan penggunaan varietas toleran atau adaptif.

2.4.1. Pengapuran

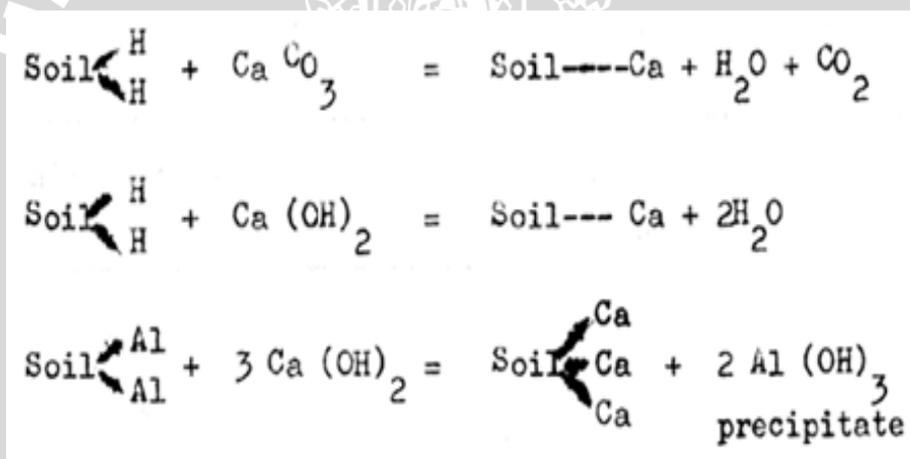
Ameliorasi lahan masam dengan pengapuran bertujuan untuk meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd tanah (Sumarno, 2005). Namun pengapuran yang berlebih dapat menyebabkan defisiensi beberapa unsur mikro sebagai akibat naiknya pH. Pengapuran sebaiknya hanya dilakukan bila pH tanah di bawah 5. Pada pH di atas 5,5 pemberian kapur menyebabkan tanggap Al rendah karena sudah mengendap menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Salah satu jenis kapur yang diaplikasikan di lahan adalah jenis dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Jenis kapur ini mempunyai kandungan CaCO_3 dan MgCO_3 berimbang (Tisdale and Nelson, 1975). Oleh karena itu penggunaan dolomit pada tanah masam akan lebih baik daripada batu kalsit, sebab dolomit mengandung hara Ca dan Mg secara berimbang (Prihastuti, 2012). Jenis kapur dolomit yang mempunyai kualitas baik, mempunyai kandungan Ca sebesar 21% dan Mg sebesar 12% (Upjohn *et al.*, 2005). Dolomit murni mengandung 40 - 45% MgCO_3 dan 54 - 58% CaCO_3 . Namun konsentrasi 15 - 20% MgCO_3 (4 - 6% Mg) adalah umum untuk bahan yang disebut "kapur dolomit". Dolomit lambat untuk diurai, terutama jika diberikan pada kondisi kemasaman tanah yang kurang (Sumarno, 2005).

Pemberian dolomit pada tanah dapat meningkatkan nilai pH, karena terjadi penambahan kation basa (Ca dan Mg). Sehingga terjadi pertukaran ion-ion (seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Al^{3+} , H^+ , Cl^-) yang berada di adsorpsi liat. Kation-kation basa seperti Ca dan Mg yang terkandung di dalam dolomit dapat menggantikan kedudukan ion H^+ dan Al^{3+} yang diadsorpsi oleh tanah, sehingga mengakibatkan konsentrasi Al^{3+} dan H^+ dalam larutan tanah turun. Konsentrasi ion OH^- bersamaan dengan itu akan meningkat, sehingga pH tanah juga meningkat dan dapat menurunkan konsentrasi Al melalui pembentukan senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang mengendap sehingga bentuk tersebut tidak meracuni tanaman (Tan, 2010). Hal ini dapat dijelaskan dengan mekanisme sebagai berikut :



Gambar 3. Reaksi Pengapuran (Sumber : Food and Agriculture Organization of The United Nations, 2014)



Gambar 4. Reaksi Pembentukan Al(OH)₃ dengan Penambahan Kapur (Sumber: Sumarno, 2005).

Bahan kapur seharusnya mengandung kation yang dapat menekan aktivitas H⁺ dan Al di dalam larutan tanah (Tisdale *et al.*, 1985). Kation-kation yang cocok untuk hal tersebut adalah Ca dan Mg. Pada umumnya kedua kation tersebut besenyawa dengan asam lemah seperti karbonat dan senyawa basa seperti oksida dan hidroksida sehingga memiliki keuntungan tidak meninggalkan residu terhadap tanah (Soepardi, 1983).

Tisdale *et al.* (1985) mengemukakan bahwa terdapat beberapa keuntungan dari pengapuran yang dilakukan pada tanah masam, baik itu langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung yaitu dapat mengurangi keracunan Al dan Mn.



Soepardi (1983) dan Tisdale *et al.* (1985) menyatakan bahwa beberapa pengaruh tidak langsung dari pengapuran adalah pada ketersediaan fosfor, hara mikro, meningkatkan kejenuhan basa, fiksasi nitrogen pada leguminose, dan memperbaiki sifat fisik tanah. Kamprath (1970) mengemukakan bahwa pengapuran dapat meningkatkan efisiensi pupuk fosfor pada tanah masam yang memiliki jumlah Al-dd yang cukup besar. Peningkatan kelarutan fosfor tersebut sangat berhubungan dengan penetralan Al-dd.

2.4.2. Pemberian Bahan Organik

Cara lain untuk mengatasi keracunan Al bagi tanaman adalah dengan pemberian bahan organik ke tanah, karena adanya bahan organik dapat larut, terutama asam-asam fulvik yang biasanya terdapat pada bahan organik dapat mengurangi keracunan Al. Cara tersebut efektif bila cekaman lahan masam hanya terjadi pada lapisan olah. Kandungan bahan organik tanah merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kesuburan tanah karena dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara serta menurunkan keracunan Al dan Fe, memperbaiki struktur tanah, kemampuan tanah menahan air, dapat menyediakan energi yang diperlukan oleh mikrobiologi tanah (Hairiah *et al.*, 2000).

Inkubasi tanah masam tropis dengan bahan organik umumnya mengakibatkan peningkatan pH tanah, menurunkan kejenuhan Al serta memperbaiki kondisi untuk pertumbuhan tanaman (Ahmad and Tan, 1986). Hasil dekomposisi bahan organik berupa asam-asam organik dapat bereaksi dengan Al dan mengurangi aktivitasnya di dalam larutan tanah (Reuss, 1983). Hal ini didukung oleh Buckman and Brady (1974) yang menyatakan bahwa asam-asam organik dapat bermuatan negatif pada gugus fenol dan karboksil dan mempunyai kemampuan membentuk senyawa kompleks dengan Al. Bahan organik dapat mempengaruhi hubungan pH dengan jumlah Al di dalam larutan tanah (Turner and Clark, 1966). Bahan organik dikenal mengandung sejumlah gugus fungsional, seperti gugus karboksilat, gugus-gugus hidroksil, fenolat dan alkoholik, gugus asam amino, amida, keton dan aldehida (Tan, 1982).

2.4.3. Penggunaan Varietas Toleran terhadap Tanah Masam

Bila cekaman tanah masam terjadi hingga ke lapisan subsoil, maka penggunaan varietas toleran atau adaptif tanah masam dapat mengatasi masalah tersebut (Foy, 1974).



III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

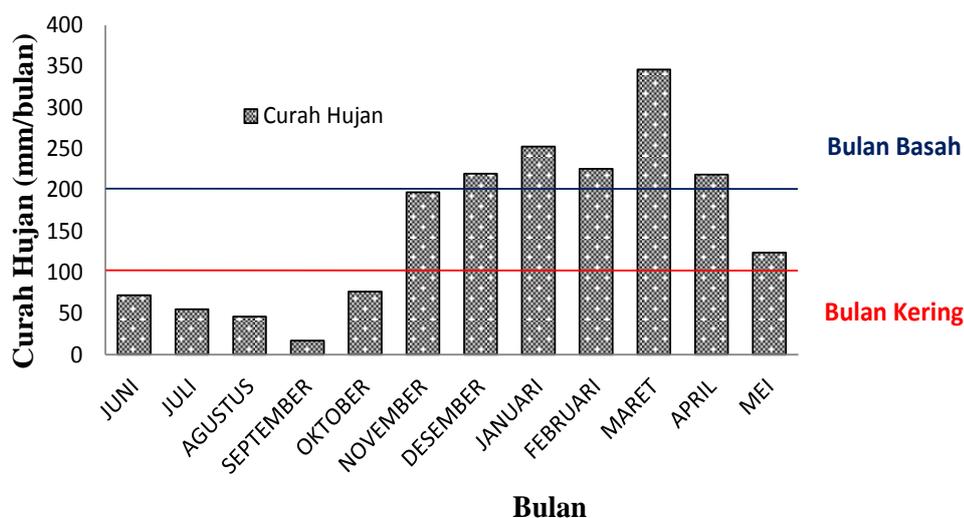
Penelitian dilaksanakan di *Plantation Group III PT. Great Giant Pineapple (GGP)*, Lampung Tengah. Pengamatan dilakukan pada 8 lahan yang dipilih berdasarkan pada variasi: (a) dosis pemberian dolomit (0, 1,0, 1,5 dan 2,0 Mg ha⁻¹), (b) tingkat kandungan C-organik tanah (rendah dan tinggi), (c) kelas bibit yang sama (bibit *sucker* besar GP1/ Smooth Cayenne namun pada kontrol bibit *crown* besar, hal ini dikarenakan tidak ada lokasi lain yang sesuai), serta (d) umur bibit yang telah ditentukan (umur 5 - 6 bulan). Analisa tanah dilakukan di Laboratorium PT. Great Giant Pineapple (GGP), Lampung Tengah. Kegiatan dilakukan pada bulan Desember 2013 – Mei 2014, yang diawali dengan survey awal pada lahan-lahan yang telah ditentukan berdasarkan kriteria yang telah disebutkan di atas.

3.2. Kondisi Umum Lokasi Penelitian

3.2.1. Kondisi Curah Hujan

Berdasarkan data rata-rata curah hujan dan kelembaban bulanan dari bulan Juni 2005 - Mei 2014 diketahui bahwa pada lokasi penelitian mempunyai curah hujan rata-rata sebesar 1.389 mm/tahun. Kriteria bulan kering dan bulan basah menurut klasifikasi iklim Oldeman (Oldeman *et al.*, 1980; As-syakur *et al.*, 2011) adalah bulan basah memiliki curah hujan >200 mm/bulan dan bulan kering <100 mm/bulan.

Diketahui bahwa pada lokasi penelitian, bulan basah (>200 mm/bulan) terjadi pada bulan Desember hingga April dan bulan kering (<100 mm/bulan) terjadi pada bulan Juni hingga Oktober. Data curah hujan dan kelembaban (data bulan Juni 2005 - Mei 2014 (9 tahun terakhir) disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rata-rata Curah Hujan dan Kelembaban 9 Tahun Terakhir di PG III (Juni 2005 s/d Mei 2014) (Sumber Data: PT. GGP, 2014).

Berdasarkan Gambar 5 dan menurut klasifikasi iklim Oldeman, iklim pada lokasi penelitian termasuk pada zona C3 dengan 5 bulan basah dan 5 bulan kering. Pada saat penelitian dan pengambilan contoh tanah dilakukan pada bulan basah dan bulan kering, yaitu pada bulan Januari hingga bulan Mei 2014.

3.2.2. Karakteristik Tanah

Tanah di PT. GGP merupakan tanah Ultisol yang merupakan tanah marginal dengan kandungan bahan organik yang rendah dan cukup masam (Adriyana, 2009). Dari hasil analisa tekstur tanah diperoleh bahwa tekstur tanah di 8 lokasi penelitian didominasi dengan tekstur lempung liat berpasir. Hanya lokasi 541 A yang mempunyai tekstur lempung berpasir.

3.2.3. Topografi dan Kelerengan

Plantation Group III PT. GGP memiliki dataran dengan kelas lereng agak landai sampai landai yaitu 3-15% dengan bentuk relief agak datar sampai bergelombang. Ketinggian tempat pada lokasi pengamatan adalah berada pada ketinggian 14 - 38 m dpl.

3.2.4. Sejarah Lahan Pewakil

Lahan yang digunakan untuk survei adalah lahan bekas perkebunan kelapa yang sudah bertahun-tahun dialih fungsikan menjadi lahan perkebunan nanas. Dalam manajemen lahan yang dilakukan oleh PT. GGP, sebelum ditanami dengan

tanaman nanas yang baru, lahan diberikan masukan bahan organik berupa sisa panen tanaman nanas yang telah dicacah. Berdasarkan diskusi dengan pihak GGP, diperoleh data bahwa residu tanaman nanas yang dikembalikan ke dalam tanah sebesar 160 – 200 Mg ha⁻¹. Selain itu, diaplikasikan dolomit dengan berbagai dosis (0, 1,0, 1,5 dan 2,0 Mg ha⁻¹). Pemberian dosis dolomit ini didasarkan pada nilai pH tanah pada saat lahan akan ditanami tanaman nanas. Aplikasi dolomit terakhir dilakukan antara bulan April sampai Desember 2013. Manajemen lahan yang ada di perkebunan nanas PT. GGP dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Tabel 1. Daftar alat dan bahan dibagi menurut kegunaannya di lapangan dan analisis laboratorium.

Tabel 1. Alat dan Bahan

Kegiatan	Alat	Bahan
pH tanah (H ₂ O dan KCl)	Timbangan analitik, pH meter, botol film, shaker	Contoh tanah komposit kering udara, aquades, KCl
Kation basa-dd (K, Ca, Mg, Na)	Timbangan analitik, botol film, gelas ukur, pipet, buret, shaker	Contoh tanah kering udara, aquades, larutan LaCl ₃
Al-dd dan H-dd	Timbangan analitik, erlenmeyer, gelas ukur, pipet, buret, mesin pengocok	Contoh tanah kering udara, aquades, KCl, kertas Whatman, PP 0,1%, NaOH, HCl, NaF 4%
Penentuan Lokasi Survei	GPS	Peta lokasi GGP serta data sekunder C-organik dan tekstur tanah, data sekunder mengenai dosis pemberian dolomit, umur bibit dan jenis bibit
Pengambilan contoh tanah	Cangkul, bor tanah	Plastik

3.4. Rancangan Percobaan

Pemilihan lokasi pengamatan dilakukan dengan metode survei pada kebun nanas yang telah diaplikasikan dolomit dengan berbagai dosis oleh PT. GGP pada tahun 2013, dengan tiga faktor: faktor 1 dosis dolomit dengan 4 taraf (0, 1,0, 1,5, dan 2,0 Mg ha⁻¹), faktor 2 C-organik dengan 2 taraf (rendah antara 1,0 - 1,5% dan tinggi > 1,5%) dan faktor 3 kedalaman tanah (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm). Dolomit diaplikasikan dengan berbagai dosis pada tanah-tanah yang memiliki kadar C-organik yang berbeda (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteria Penentuan Lokasi Survei

Lahan	Kode Lapangan	Klasifikasi C-organik	Dosis Dolomit (Mg ha ⁻¹)
1	A0B1	rendah	0
2	A0B2	tinggi	0
3	A1B1	rendah	1,0
4	A1B2	tinggi	1,0
5	A1,5B1	rendah	1,5
6	A1,5B2	tinggi	1,5
7	A2B1	rendah	2,0
8	A2B2	tinggi	2,0

Keterangan : C-organik rendah (1-1,5 %); C-organik tinggi (> 1,5 %), berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh PT. GGP

3.5. Variabel Pengukuran

Untuk membuktikan hipotesis penelitian ini, terdapat beberapa variabel yang diukur yaitu: nilai pH (H₂O dan KCl), Kation basa-dd (K, Ca, Mg, dan Na), Al-dd, dan H-dd. Selain itu, diperlukan data pendukung lain yaitu kandungan C-organik tanah, tekstur tanah yang diperoleh dari Soni Eko Prasetyo (105040213111010) serta data perakaran tanaman yang diperoleh dari Ubaidillah (105040213111031).

3.6. Pelaksanaan Penelitian

3.6.1. Penentuan Lokasi Survei

Langkah 1 : Pengumpulan Data Sekunder sebagai Dasar Pemilihan Lokasi Pengamatan, dengan Kriteria :

- Dosis pemberian dolomit yang bervariasi, informasi dosis pemberian dolomit didapatkan dari data sekunder yang ada di PT. GGP, dengan dosis 0, 1,0, 1,5 dan 2,0 Mg ha⁻¹ yang telah diaplikasikan di lahan pada tahun 2013.

- b. Kadar C-organik. Lahan dipilih dengan kandungan C-organik rendah (1,0-1,5 %) dan kandungan C-organik tinggi (> 1,5 %).
- c. Umur tanaman nanas, lahan yang dipilih untuk pengamatan adalah lahan yang ditanami nanas yang saat pengamatan berumur 5-6 bulan.
- d. Jenis bibit, lahan yang dipilih adalah lahan yang ditanami nanas dengan jenis bibit sama yaitu bibit *sucker* besar GP1/Smooth Cayenne (kecuali pada kontrol, yaitu bibit *crown* besar GP1).

Langkah 2 :Pemilihan Lokasi Pengamatan

Berdasarkan data sekunder yang tersedia dan memenuhi keempat kriteria tersebut di atas, maka dapat dipilih lokasi pengamatan (Tabel 3). Namun demikian, penetapan kandungan C-organik tanah masih harus ditetapkan lagi agar pengelompokan lahan yang dipilih lebih akurat.

Tabel 3. Lokasi Pengamatan yang Dipilih Menggunakan Informasi Sekunder dan Analisis Ulang Kandungan C-organik

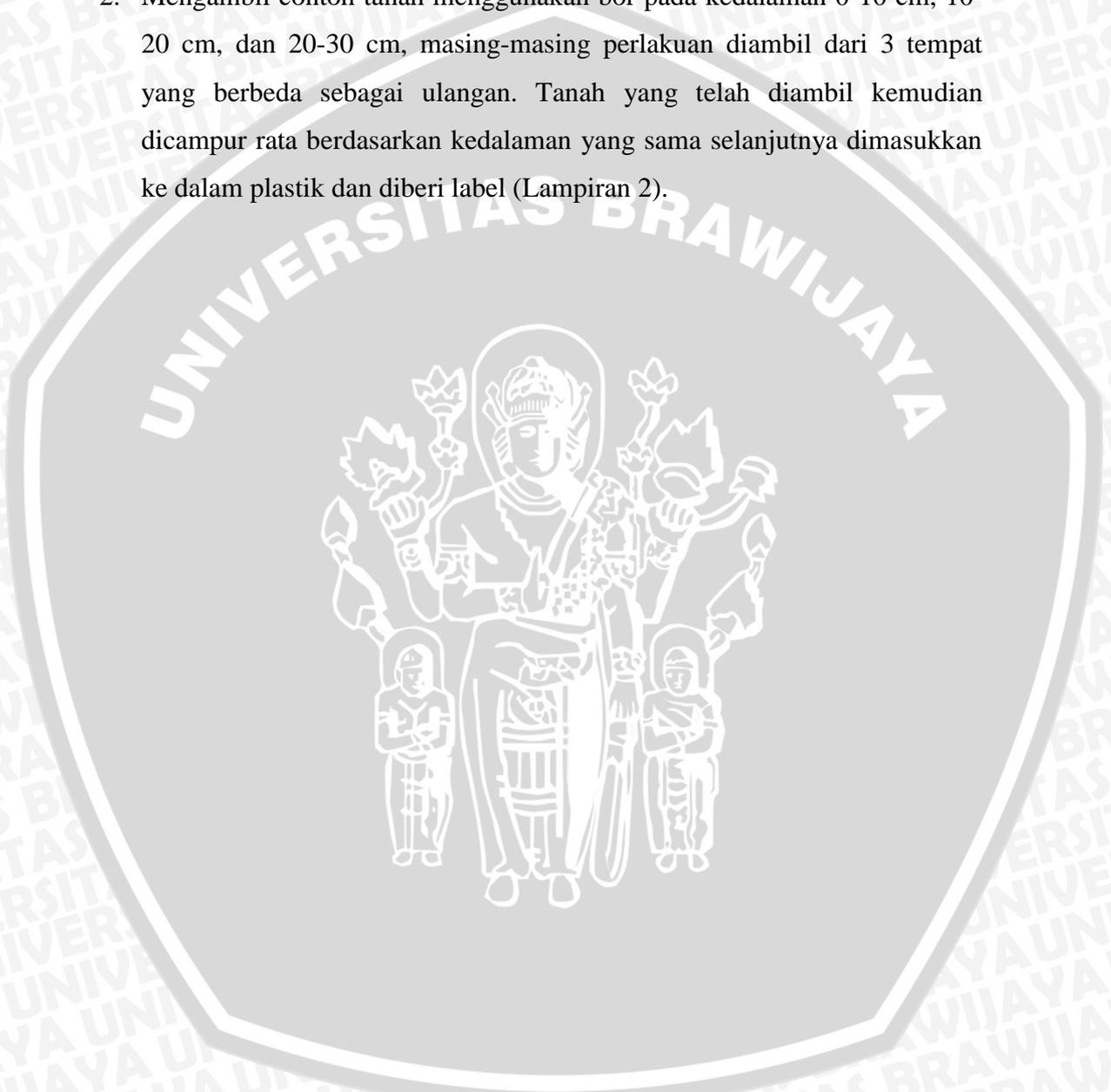
Lokasi	Dolomit (Mg ha ⁻¹)	C-organik Berdasarkan Data Sekunder (%)	Klasifikasi C- Organik	C-organik Berdasarkan Hasil Pengukuran (%)	Klasifikasi C-Organik
562 C	0 (kontrol)	1,10	rendah	1,3	rendah
562 C	0 (kontrol)	1,10	rendah	1,8	tinggi
528 C	1,0	1,14	rendah	1,2	rendah
564 D	1,0	1,33	rendah	1,6	tinggi
522 C	1,5	1,24	rendah	1,1	rendah
552 C	1,5	1,53	tinggi	1,7	tinggi
522 A	2,0	1,39	rendah	1,2	rendah
541 A	2,0	1,23	rendah	1,6	tinggi

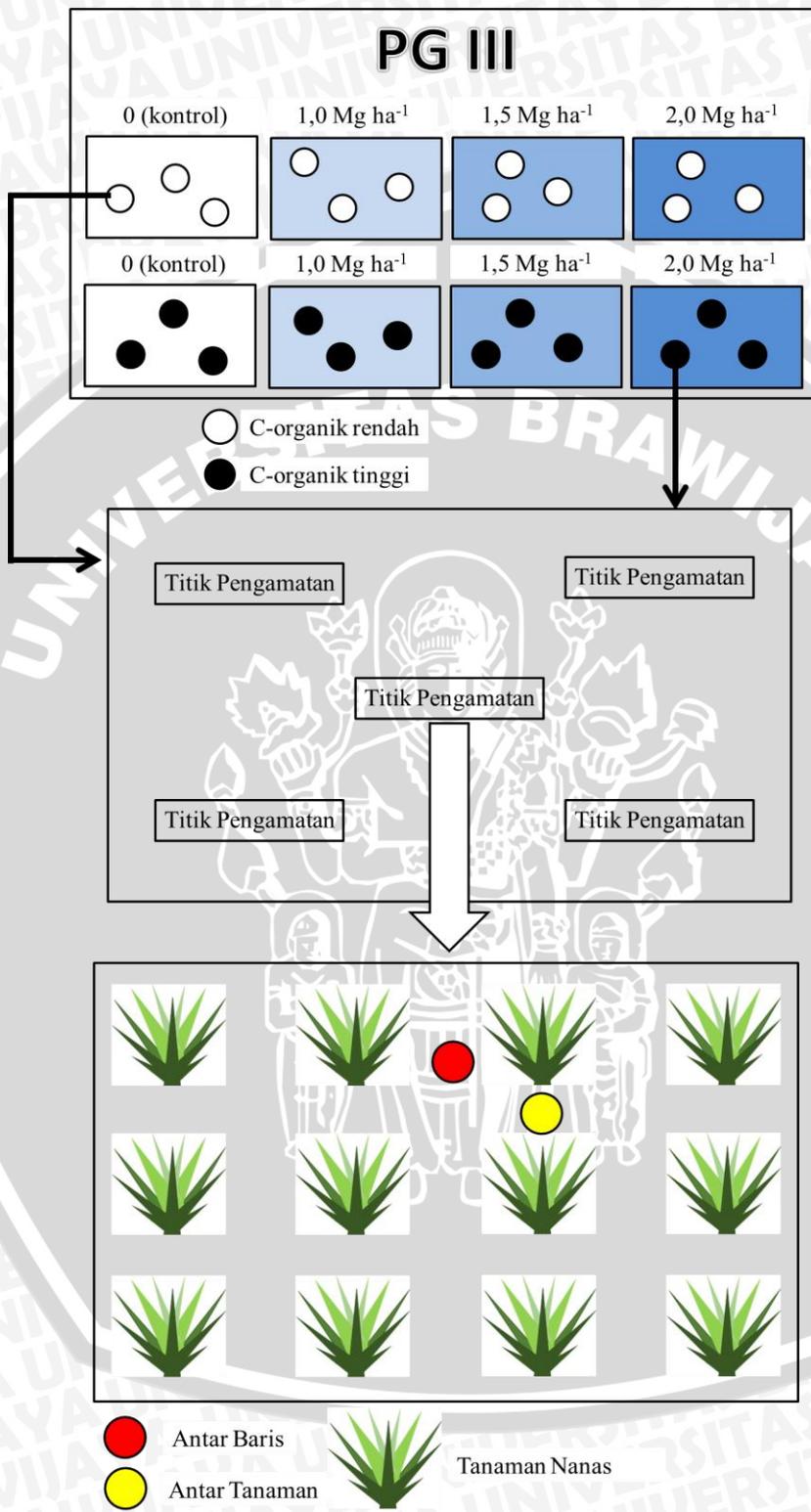
3.6.2. Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan metode diagonal sampling, yaitu dengan mengambil contoh tanah sebanyak 10 titik pengambilan contoh (lima pada zona antar baris tanaman dan lima pada zona dalam baris tanaman) seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 6. Penentuan titik pengamatan berdasarkan koordinat pada lahan pengamatan yang sebelumnya ditentukan dari

data spasial lahan tersebut, sehingga dapat mewakili pengambilan contoh pada lahan. Cara pengambilan contoh tanah adalah sebagai berikut :

1. Menentukan titik untuk pengambilan contoh tanah, yaitu pada antar baris dan antar tanaman menggunakan GPS
2. Mengambil contoh tanah menggunakan bor pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm, masing-masing perlakuan diambil dari 3 tempat yang berbeda sebagai ulangan. Tanah yang telah diambil kemudian dicampur rata berdasarkan kedalaman yang sama selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label (Lampiran 2).





Gambar 6. Penentuan Titik Pengambilan Contoh Tanah

3.6.3. Analisa Laboratorium

Contoh tanah yang dianalisis di laboratorium terdiri dari : pH (H_2O dan pH KCl), kation basa-dd (K, Ca, Mg, Na), Al-dd dan H-dd.

a). pH H_2O dan pH KCl

Pengukuran pH menggunakan metode elektroda, dengan perbandingan tanah dan larutan 1:1. Contoh tanah yang diperoleh, dikering-anginkan, dihaluskan dan diayak lolos saringan berdiameter 2 mm. Contoh tanah sebanyak 10 gram ditambah 10 ml H_2O dan 10 gram ditambah 10 ml KCl 1 N. pH dalam larutan tanah dibaca menggunakan pH meter (Lampiran 9).

b). Kation Basa Dapat Ditukar (Kation Basa-dd)

Pengukuran basa-basa dapat ditukar menggunakan metode Ammonium Acetat 1 N (pH 7,0). Contoh tanah yang diperoleh, dikering-anginkan, dihaluskan dan diayak lolos saringan berdiameter 2 mm. Kation-kation dapat dipertukar di dalam tanah digantikan oleh kation Ammonium dengan cara ekstraksi. Kemudian dilakukan pengenceran dengan jalan mengambil 1 ml larutan ditambah dengan 4 ml $LaCl_3$ (untuk analisis Ca dan Mg) dan 1 ml larutan ditambah dengan 4 ml aquades (analisis K), 1 ml larutan ditambah dengan 4 ml CsCl (analisis Na). Konsentrasi Kalium, Kalsium, Magnesium dan Natrium diukur dengan menggunakan *Atomic Absorbtion Spektrophotometer* (AAS) (Lampiran 9).

c). Al-dd dan H-dd

Pengukuran Al-dd dan H-dd menggunakan metode Titrimetry. Contoh tanah kering udara dihaluskan dan diayak lolos saringan berdiameter 2 mm. Contoh tanah sebanyak 2 g ditambah 20 ml KCl 1 N dikocok selama 30 menit, disaring menggunakan kertas Whatman, kemudian ditambah 3 tetes indikator PP 0,1 %. Larutan tanah yang diperoleh dititrasi dengan larutan 0,05 N NaOH (warna pink) dan ditambah 1 tetes HCl (jernih), ditambah 10 ml 4% NaF (larutan menjadi warna pink). Larutan tanah dititrasi 0,1 N HCl hingga jernih, dicatat volume HCl yang diperlukan. Jumlah HCl (dalam me) yang diperlukan untuk mengembalikan pH larutan ke pH 7,0 yang setara dengan jumlah Al^{3+} yang ternetralisasi oleh penambahan NaF (Lampiran 9).

Perhitungan

Guna mengetahui tingkat kejenuhan kompleks adsorpsi liat yang diduduki oleh Al-dd maka dengan menggunakan data kation yang ada dapat dihitung tingkat kejenuhan Al (Al-saturation) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Al-saturation} = \frac{Al}{\sum K, Ca, Mg, Na, Al, H} \times 100 \%$$

Keterangan :

K, Ca, Mg, Na : Konsentrasi kation basa dapat ditukar

Al, H : Konsentrasi kation masam dapat ditukar

Kategori Al-Saturation (%) :

Sangat rendah <10, rendah 10 s/d 20, sedang 21 s/d 30, tinggi 31 s/d 60, sangat tinggi >60 (Hardjowigeno, 1995).

3.7. Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh dosis dolomit, kandungan bahan organik tanah dan kedalaman terhadap nilai pH, kation basa-dd, Al-dd, dan Al-saturation terhadap data yang diperoleh, dianalisis keragamannya atau sidik ragam (ANOVA) dengan taraf 5% menggunakan software SAS. Bila ada perbedaan yang nyata, maka analisis dilanjutkan dengan uji Duncan dengan menggunakan software SAS, dengan menggabungkan semua kombinasi perlakuan antara lokasi dengan kandungan C-organik rendah dan C-organik tinggi yang dimaksudkan untuk generalisasi semua lokasi pengamatan. Guna mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan dilakukan uji korelasi dengan menggunakan Microsoft Excel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. pH Tanah

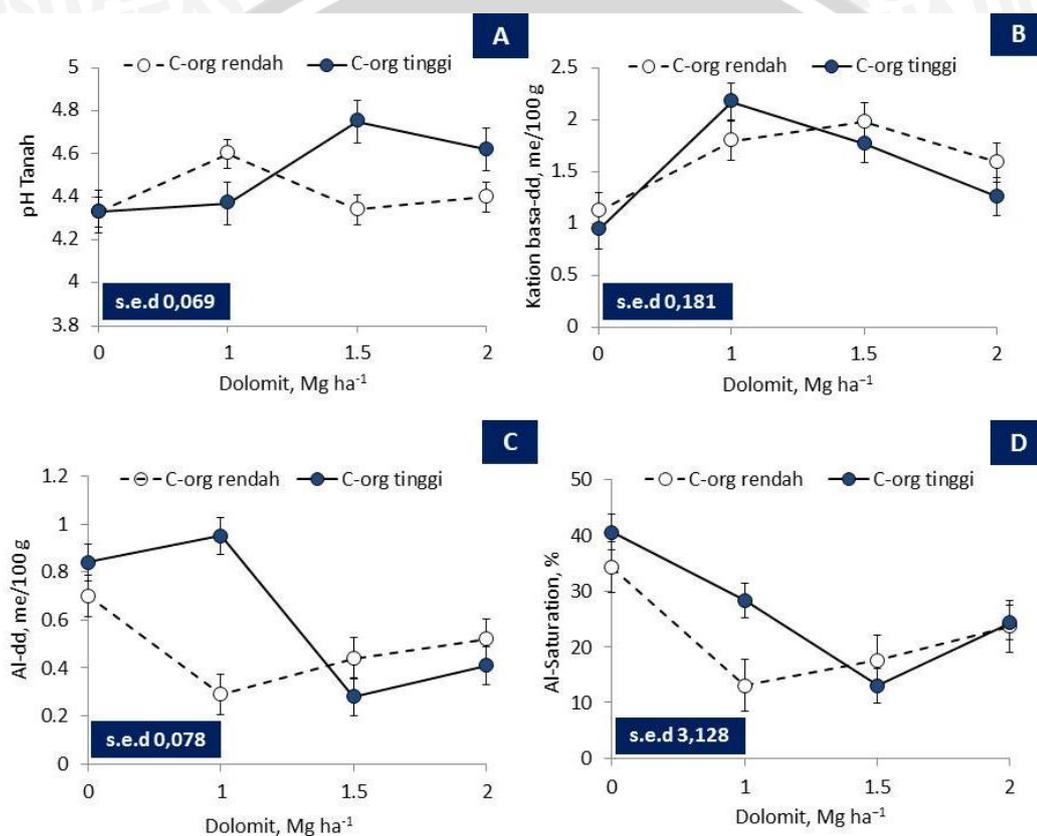
Pemberian dolomit berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai pH tanah masam. Hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman dolomit, C-organik, kedalaman tanah, serta interaksi dolomit dan C-organik berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap pH tanah. Namun demikian, interaksi dolomit dengan kedalaman, C-organik dengan kedalaman, serta interaksi dolomit, C-organik dengan kedalaman tanah tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap pH tanah (Lampiran 3).

Pemberian dosis dolomit meningkatkan nilai pH tanah rata-rata sebesar 4% bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol (pH 4,33). Semakin tinggi dosis dolomit yang diaplikasikan di lahan, semakin tinggi nilai pH tanah rata-rata, yaitu sebesar 4,51.

Berdasarkan hasil uji Duncan, diketahui bahwa peningkatan dosis dolomit lebih efektif dalam meningkatkan pH tanah menjadi $> 4,37$ bila dilakukan pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi (Gambar 7A). Pada tanah dengan C-organik rendah, pemberian dolomit dengan dosis rendah $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ sudah dapat meningkatkan pH tanah menjadi 4,6. Dengan demikian pemberian dolomit $> 1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ pada C-organik rendah tidak efektif dalam meningkatkan konsentrasi nilai pH. Sedangkan pemberian dolomit $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ efektif dalam meningkatkan pH tanah pada C-organik tinggi. Pada kedua tanah, baik dengan kandungan C-organik rendah dan C-organik tinggi, tidak perlu diaplikasikan dolomit sebesar $2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$. Karena pada pemberian $2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ tidak memberikan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Hal ini dapat disebabkan oleh *buffer capacity* (kapasitas sangga tanah), yaitu kemampuan tanah untuk mempertahankan kondisi pH tanah. Semakin tinggi kandungan C-organik dan liat, maka *buffer capacity* juga akan semakin tinggi (Beynon and Easterby, 1996). Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh PT. GGP diperoleh hasil bahwa pada aplikasi kapur sebesar $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ pada lokasi dengan *buffer* tanah tinggi, diperoleh kenaikan 0,5 satuan pH.

Sedangkan pada lokasi dengan *buffer* tanah rendah, kenaikan >1 satuan pH. Nilai pH rata-rata setiap perlakuan disajikan pada Lampiran 8.

Rendahnya nilai pH tanah menunjukkan bahwa pada tanah tersebut merupakan tanah masam dimana memiliki pH kurang dari 5,5 dan sering mengalami pencucian yang berkepanjangan (Sutedjo dan Kartasapoetra, 2005). Namun pH tanah yang rendah ini justru baik untuk nanas, karena nanas umumnya menghendaki kisaran pH tanah antara 4,5-5,0 (Nakasone and Paull, 1998).



Gambar 7. Pengaruh aplikasi dolomit terhadap: (A) Nilai rata-rata pH tanah, (B) Kation basa-dd, (C) Konsentrasi Al-dd, dan (D) Al-saturation

4.2. Kation Basa-dd (K, Ca, Mg, Na)

Kation basa-dd merupakan jumlah kation basa yang terjerap di kompleks adsorpsi. Pada umumnya tanah-tanah dengan kandungan liat dan C-organik tinggi memiliki jumlah muatan negatif yang tinggi sehingga dapat menyerap kation yang lebih besar pula, maka tanah lebih subur (Moore, 1998; McKenzie *et al.*, 2004)

Hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman dolomit, kedalaman, serta interaksi dolomit dan C-organik berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kation basa,

namun sumber keragaman C-organik, interaksi dolomit dengan kedalaman, C-organik dengan kedalaman serta interaksi dolomit, C-organik dengan kedalaman tidak berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap kation basa (Lampiran 4).

Aplikasi dolomit rata-rata dapat meningkatkan jumlah kation basa-dd sebesar 71% (1,76 me/100 g) bila dibandingkan dengan kontrol (1,03 me/100 g). Berdasarkan uji Duncan, pada tanah dengan kandungan C-organik rendah pemberian dolomit dengan dosis 1,5 Mg ha⁻¹ lebih efektif untuk meningkatkan konsentrasi kation hingga 1,98 me/100 g (Gambar 7B). Namun pada tanah dengan C-organik tinggi, pemberian dolomit dengan dosis rendah 1,0 Mg ha⁻¹ sudah dapat meningkatkan konsentrasi kation basa-dd menjadi 2,18 me/100 g, peningkatan dosis dolomit tidak meningkatkan kation basa-dd bila dibandingkan dengan pemberian dolomit 1,0 Mg ha⁻¹. Nilai kation basa-dd rata-rata setiap perlakuan disajikan pada Lampiran 8. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa tapak jerapan kation didominasi oleh kation Mg dan Al-dd, masing-masing sebesar 24%. Sementara itu, kation K, Ca, Na dan H masing – masing sebesar 9, 23, 12 dan 8%.

4.3. Aluminium dapat dipertukar (Al-dd)

Pemberian dolomit berpengaruh nyata terhadap konsentrasi Al-dd pada level C-organik yang berbeda. Hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman pemberian dolomit, kandungan C-organik, serta interaksi dolomit dan C-organik berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap kandungan Al-dd, namun perbedaan kedalaman, interaksi dolomit dengan kedalaman, C-organik dengan kedalaman serta interaksi dolomit, C-organik dengan kedalaman tidak berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap Al-dd (Lampiran 5).

Semakin tinggi dosis dolomit yang diaplikasikan di lahan, semakin rendah konsentrasi Al-dd. Namun pada dosis dolomit 2,0 Mg ha⁻¹ tidak lagi terjadi penurunan konsentrasi Al-dd (Gambar 7C). Penurunan konsentrasi Al-dd rata-rata sebesar 37% pada lahan yang ditambahkan dolomit bila dibandingkan dengan kontrol (0,77 me/100 g).

Pemberian dolomit dengan dosis 1,5 Mg ha⁻¹ efektif dalam menurunkan konsentrasi Al-dd menjadi 0,28 me/100 g bila dilakukan pada tanah dengan

kandungan C-organik tinggi, penurunan konsentrasi Al-dd dengan dosis dolomit 2,0 Mg ha⁻¹ tidak menguntungkan dalam menurunkan konsentrasi Al-dd.

Pada tanah dengan C-organik rendah, pemberian dolomit dengan dosis rendah 1,0 Mg ha⁻¹ sudah dapat menurunkan Al-dd menjadi 0,29 me/100 g. Namun pemberian dolomit > 1,0 Mg ha⁻¹ (C-organik rendah) tidak efektif dalam menurunkan konsentrasi Al-dd yang ada di dalam tanah. Nilai Al-dd rata-rata setiap perlakuan disajikan pada Lampiran 8.

Meningkatnya BO pada tanah mineral masam akan diikuti oleh peningkatan pembentukan senyawa kompleks Al-organik. Turunnya Al dengan meningkatnya BO dapat terjadi karena pertukaran Al oleh kation-kation basa. Kation-kation basa seperti K, Ca, Mg dapat menggantikan kedudukan ion Al-dd dan H-dd yang diabsorpsi oleh tanah, sehingga mengakibatkan konsentrasi Al dan H dalam larutan tanah turun. Konsentrasi ion OH⁻ bersamaan dengan itu akan meningkat, sehingga pH tanah juga meningkat dan dapat menurunkan konsentrasi Al melalui pembentukan senyawa Al(OH)₃ yang mengendap sehingga bentuk tersebut tidak meracuni tanaman (Tan, 2010).

Namun, dari hasil penelitian diketahui bahwa pada C-organik tinggi, nilai Al-dd masih relatif tinggi, hal ini dapat terjadi karena bahan organik yang mampu menekan konsentrasi Al adalah molekul humik terlarut dan berat molekul asam organik alipatik, yang dapat bergabung dengan Al di larutan tanah meniadakan keracunan Al (Haynes and Mokolobate, 2001). Sedangkan pada penelitian ini dihitung berdasarkan kandungan C-organik tanah, sehingga tidak diketahui jenis molekul organik yang terlarut.

4.4. Al-Saturation

Tingkat kejenuhan Aluminium (Al-saturation) dihitung untuk mengetahui tingkat kejenuhan kompleks adsorpsi liat yang diduduki oleh Al-dd. Hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman dolomit, C-organik, kedalaman, serta interaksi dolomit dan C-organik berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap Al-saturation, namun interaksi dolomit dengan kedalaman, interaksi C-organik dengan kedalaman serta interaksi dolomit, C-organik dan kedalaman tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap Al-saturation (Lampiran 6).

Gambar 7D menunjukkan bahwa penambahan dolomit menurunkan konsentrasi Al-saturation rata-rata sebesar 47% dari kontrol (rata-rata Al-saturation 37%). Pada dosis dolomit 2 Mg ha⁻¹ nilai Al-saturation yang diperoleh relatif masih lebih tinggi daripada dosis dolomit yang lebih rendah.

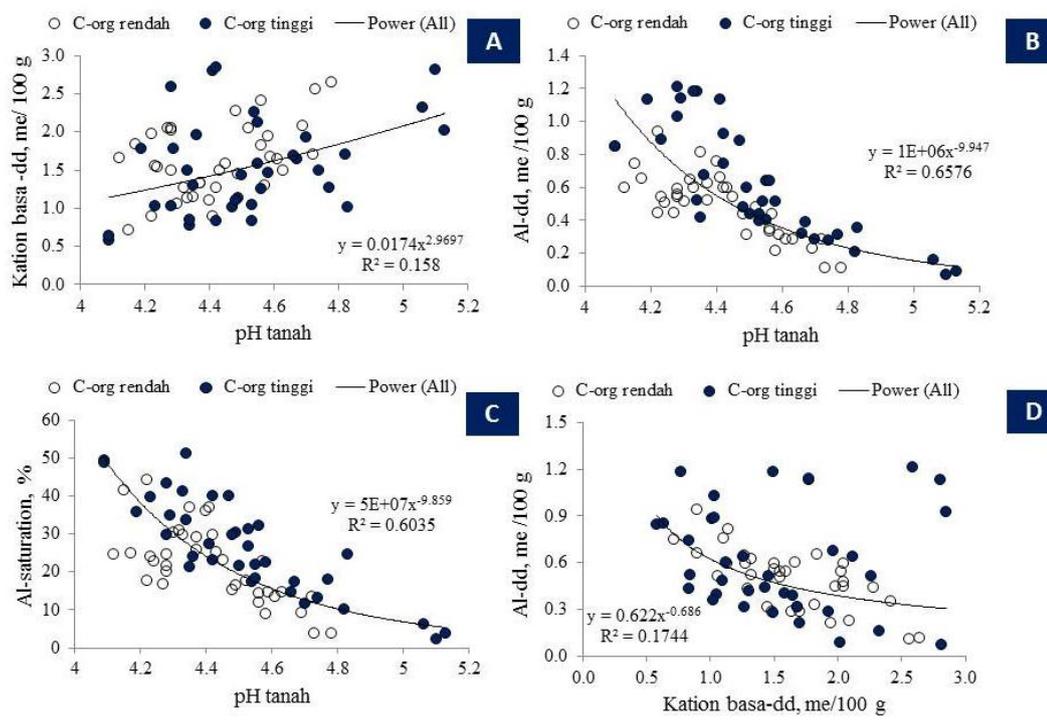
Pemberian dolomit dengan 1,5 Mg ha⁻¹ lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi Al-saturation menjadi 13% bila dilakukan pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi, sedangkan dosis > 1,5 Mg ha⁻¹ tidak efektif lagi untuk menurunkan Al-saturation.

Pada tanah dengan C-organik rendah, pemberian dolomit dengan dosis rendah (1,0 Mg ha⁻¹) sudah dapat menurunkan konsentrasi Al-saturation menjadi 13%. Namun pemberian dolomit > 1,0 Mg ha⁻¹ tidak lagi efektif dalam menurunkan konsentrasi Al-saturation. Nilai Al-saturation rata-rata setiap perlakuan disajikan pada Lampiran 8.

4.5. Hubungan pH dengan Kation Basa-dd

Berdasarkan uji korelasi, terdapat korelasi positif dan sangat nyata ($r=0,38$; $n=72$) antara pH tanah dengan jumlah kation basa dapat ditukar baik pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi maupun rendah (Lampiran 7). Seiring meningkatnya pH tanah, maka kation basa juga akan meningkat.

Berdasarkan Gambar 8A diketahui bahwa hanya sekitar 16% dari variasi total kation yang ada adalah berhubungan dengan peningkatan pH tanah, sedangkan sisanya berhubungan dengan variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model, misalnya tekstur tanah. Semakin banyak kandungan liat dalam suatu tanah, semakin besar kation basa dan semakin besar muatan negatif pada koloid (Astera, 2014). Dalam penelitian ini persamaan yang dipilih adalah persamaan power atau grafik parabola, karena diperoleh nilai regresi yang lebih besar daripada menggunakan grafik linear. Selain itu berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa peningkatan variabel maupun penurunannya terjadi secara perlahan – lahan, sehingga grafik parabola lebih tepat untuk digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 8. Hubungan beberapa variabel pengukuran: (A) pH tanah dengan kation basa-dd, (B) pH tanah dengan Al-dd, (C) pH tanah dengan Al-saturasi, (D) Kation basa-dd dengan Al-dd.

4.6. Hubungan pH dengan Al-dd

Nilai pH berkorelasi negatif dan sangat nyata dengan Al-dd ($r=-0,70$; $n=72$), artinya peningkatan pH tanah akan menurunkan konsentrasi Al-dd dan sebaliknya (Lampiran 7).

Sekitar 66% dari penurunan kadar Al-dd dalam tanah adalah berhubungan dengan nilai pH tanah yang meningkat, sedangkan 34% lainnya berasal dari variabel lain yang mempengaruhinya (Gambar 8B). Variabel lain misalkan kandungan bahan organik dan ketersediaan Ca dan Mg. Bahan organik yang mampu menekan konsentrasi Al adalah molekul humic terlarut dan berat molekul asam organik alipatik, yang dapat bergabung dengan Al di larutan tanah meniadakan keracunan Al (Haynes and Mokolobate, 2001). Toksisitas Al di lapangan terkait dengan kondisi tanah masam, dimana ketersediaan Ca dan Mg sering sangat rendah (Sanchez, 1976)

4.7. Hubungan pH dengan Al-saturation

Hubungan antara pH dan Al-saturation pada kandungan C-organik rendah dan C-organik tinggi menunjukkan korelasi negatif dan sangat nyata ($r=-0,72$; $n=72$) (Lampiran 7). Keragaman konsentrasi Al-saturation yang ada sebagian besar (60%) dipengaruhi oleh nilai pH tanah, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain (Gambar 8C). Kation basa seperti K, Ca, Mg dan Na merupakan faktor pembentuk basa yang dapat menunjang peningkatan kebasaaan (Buckman and Brady, 1974). Adanya kation-kation basa juga dapat menurunkan konsentrasi Al dalam larutan tanah.

4.8. Hubungan Kation Basa-dd dengan Al-dd

Kation basa-dd berkorelasi dengan Al-dd dan memiliki tingkat keeratan rendah dan nyata ($r=-0,26$; $n=72$) (Lampiran 7), artinya peningkatan kation basa-dd akan menurunkan konsentrasi Al-dd dan sebaliknya. Sekitar 17% dari keragaman Al-dd dalam larutan tanah adalah berhubungan dengan peningkatan konsentrasi kation basa-dd. Berdasarkan persamaan yang diperoleh, setiap peningkatan kation basa-dd sebesar 0,1 me/100 g akan menurunkan konsentrasi Al-dd sebesar 0,13 me/100 g (Gambar 8D).

4.9. Pembahasan Umum

Tanah masam merupakan salah satu faktor pembatas dalam produksi pertanian di dunia, dimana sekitar 30-40% dari total luasan tanah masam di dunia berada pada lahan yang dapat ditanami, dan mencapai 70% terdapat pada lahan-lahan yang berpotensi untuk dapat ditanami (Haug, 1983). Pada umumnya tingkat kesuburan tanah masam rendah, dikarenakan ada kombinasi dua masalah yaitu toksisitas mineral (Al dan Mn) dan defisiensi (P, Ca, Mg, Mo). Toksisitas Al merupakan pembatas utama produksi pertanian yang terjadi di banyak tempat, sekitar 67% dari total tanah masam yang ada produksinya dibatasi oleh toksisitas Al (Eswaran *et al.*, 1997).

Pada umumnya ameliorasi tanah masam dilakukan dengan pengapuran, bertujuan untuk meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd tanah (Sumarno, 2005), namun demikian Kamprath (1970) merekomendasikan bahwa pengapuran harus

didasarkan pada penurunan total Al-dd yang ada pada tanah, daripada peningkatan nilai pH tanah karena pembatas utama pertumbuhan tanaman adalah tingginya kadar Al-dd, bukan rendahnya pH tanah.

Dari hasil penelitian ini, diperoleh hasil bahwa konsentrasi Al-dd rata-rata menurun sebesar 37% pada lahan yang ditambahkan dolomit bila dibandingkan dengan kontrol (0,77 me/100 g). Semakin tinggi dosis dolomit yang diaplikasikan di lahan, semakin rendah konsentrasi Al-dd. Namun pada dosis dolomit 2,0 Mg ha⁻¹ tidak terjadi lagi penurunan konsentrasi Al-dd (Gambar 7A). Pada pemberian dolomit 1,5 Mg ha⁻¹ pada tanah dengan C-organik tinggi, didapat nilai Al-dd terendah, yaitu sebesar 0,28 me/100 g. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan inkubasi yang dilaporkan oleh Mite *et al.* (2010) bahwa aplikasi dolomit sebesar 1,5 Mg ha⁻¹ mampu menurunkan Al³⁺ dari 0,9 me/100 g (tanpa dolomit) menjadi 0,3 me/100 g, namun dalam percobaan tersebut tidak dijelaskan, apakah nilai Al-dd tersebut masih beracun bagi tanaman atau tidak. Pada penelitian ini, diperoleh hasil yang sama dimana pemberian dolomit 1,0 Mg ha⁻¹ (pada tanah dengan C-organik rendah) telah menurunkan konsentrasi Al-dd dari 0,7 me/100 g menjadi 0,29 me/100 g.

Al dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap perkembangan sistem perakaran tanaman. Pengaruh langsung Al adalah melalui penghambatan pembelahan sel pada ujung-ujung akar (Foy, 1988), sehingga fungsi akar dalam menyerap air dan hara menjadi terganggu. Toksisitas Al dianggap sebagai faktor pembatas pertumbuhan yang paling penting bagi tanaman di tanah masam, respon utama terhadap Al terjadi pada bagian akar (Foy *et al.*, 1978), khususnya adalah pada ujung akar yang merupakan bagian utama yang terpengaruh terhadap keracunan Al (Archambault *et al.*, 1997). Al cenderung terhimpun pada akar dan menghalangi penyerapan dan transportasi Ca dan P dari akar ke bagian atas tanaman (Hairiah, 1992).

Tingkat toleransi tanaman terhadap Al dalam tanah cukup beragam, yang ditunjukkan oleh perkembangan panjang akar, maka perkembangan panjang akar dianggap sebagai parameter paling sensitif dalam waktu yang relatif singkat, sehingga dapat mewakili reaksi tanaman terhadap Al. Menurut Blancaflor *et al.* (1998) perkembangan panjang akar dianggap sebagai karakteristik yang paling

sensitif untuk mengukur toleransi Al karena daerah akar adalah bagian utama keracunan Al dapat terdeteksi.

Al merupakan unsur non esensial bagi tanaman, keberadaannya dalam larutan tanah akan menekan pertumbuhan akar, namun Hairiah (1992) melaporkan bahwa pada konsentrasi Al yang rendah ($0,33 \text{ cmol l}^{-1}$ atau setara 3 ppm) justru terjadi peningkatan berat kering akar (Drv) dan total panjang akar (Lrv) *Mucuna p. utilis*, tetapi jumlah serapan hara P, Ca dan Mg masih lebih rendah daripada perlakuan kontrol. Meda dan Furlani (2005) melaporkan hasil percobaan dalam larutan hara dengan konsentrasi Al $111 \mu\text{mol l}^{-1}$ bahwa di daerah tropis tanaman leguminose diklasifikasikan menjadi 4 kelompok tingkat toleransi Al: (a) toleransi tinggi contohnya adalah *Mucuna nivea*, *M. deeringiana*, *M. aterrima* *Vigna unguiculata cv. BR 17* dan *Lablab purpureus cv. Rongai* (b) toleran misalnya *Cajanus cajan cv. IAPAR 43*, *Canavalia brasiliensis*, *Calopogonium mucunoides*, *Cajanus cajan cv. Fava larga*, dan *Crotalaria paulina* (c) cukup toleran pada tanaman *Crotalaria ochroleuca*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria spectabilis*, dan *C. mucronata* (d) sensitif contohnya *Neonotonia wightii*, *Crotalaria breviflora* dan *C. juncea cv. IAC-KR1*.

Dari hasil penelitian yang menggunakan 17 jenis dan kultivar tanaman legume, 3 kultivar kedelai dan 2 kultivar jagung tropis memiliki tingkat toleransi Al yang berbeda. Diperoleh data bahwa jagung kultivar Taiuba sensitif terhadap Al, memiliki sensitivitas tinggi hingga konsentrasi Al $111 \mu\text{mol l}^{-1}$. Hal ini dapat dilihat dari daun yang berwarna ungu dan klorosis pada tunas tanaman yang tercekam Al. Di sisi lain, kultivar Taiuba toleran tidak menunjukkan gejala keracunan Al pada tunas dalam konsentrasi ini. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, terjadi defisiensi P dan klorosis juga diamati. Namun, kultivar ini toleran terhadap keracunan Al.

Menurut Le Van and Masuda (2004), umumnya tanaman nanas dapat beradaptasi dengan baik pada tanah masam dan toleran terhadap tanah yang tingkat kesuburannya rendah serta tingkat Al dan Mn terlarut yang tinggi. Sementara itu, menurut Spain *et al.* (1975) tanaman nanas mempunyai tingkat toleransi kejenuhan Aluminium berkisar antara 68-75%.

Hasil percobaan oleh Le Van and Masuda (2004), menyatakan bahwa perkembangan akar nanas jenis Soft Touch berkurang 50% dari kontrol pada konsentrasi Aluminium 0,3 me/100 g. Sedangkan nanas jenis Cayenne resisten terhadap konsentrasi Al pada konsentrasi Al tersebut.

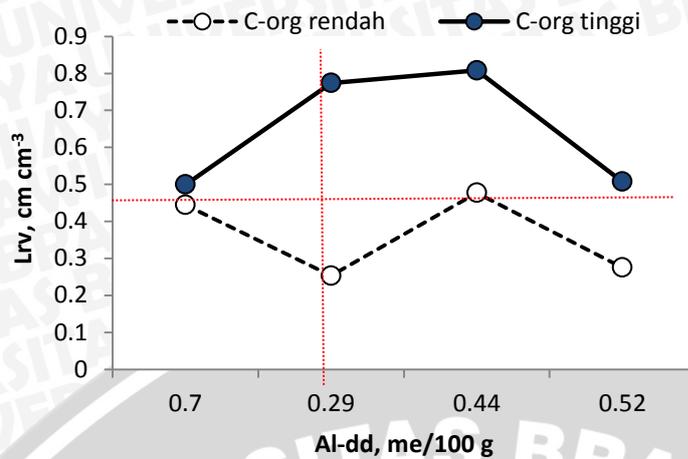
Lin (2010) melaporkan hasil percobaan respon tanaman nanas jenis Cayenne dan Tainung No.17 terhadap Al, diketahui bahwa peningkatan panjang akar pada nanas jenis Cayenne justru bertambah dengan meningkatnya konsentrasi Al. Tetapi nanas jenis Tainung No.17 menunjukkan penghambatan akar ketika konsentrasi $AlCl_3$ mencapai 0,2 me/100 g. Peningkatan konsentrasi Al hingga 0,3 me/100 g $AlCl_3$, peningkatan panjang akar jenis Cayenne secara konstan meningkat, tetapi untuk jenis Tainung No.17 telah mengalami penghambatan.

Pada perkebunan nanas PT. GGP jenis bibit nanas yang ditanam seragam, yakni bibit sucker besar GP1 dengan varietas Smooth Cayenne (kecuali perlakuan kontrol merupakan bibit crown besar), namun respon akar terhadap konsentrasi Al-dd berbeda-beda pada kondisi kandungan C-organik yang berbeda. Untuk mengetahui tingkat keracunan Al terhadap tanaman nanas, maka dilakukan pengukuran total panjang akar (Lrv , $cm\ cm^3$). Lrv dapat dijadikan sebagai parameter adanya Al di dalam tanah karena Al secara langsung menghambat pertumbuhan perakaran tanaman. Apabila tanaman tersebut sehat maka banyak terdapat percabangan akar, dan mempunyai banyak akar halus sehingga mempunyai luas permukaan akar yang besar. Sehingga penyerapan hara ke dalam tanah akan semakin besar dan fungsi akar tersebut efektif untuk mendukung perkembangan tanaman, sehingga Lrv lebih tepat dijadikan sebagai indikator keracunan Al bila dibandingkan dengan indikator berat kering akar (Drv , $g\ cm^{-3}$).

Dari hasil penelitian ini, diperoleh hasil yang cenderung sama dengan hasil yang telah diutarakan di atas. Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa tanah-tanah dengan kadar C-organiknya tinggi ($>1,5\%$), adanya kadar Al-dd yang rendah (0,30 hingga 0,45 me/100 g tanah) masih diperoleh total panjang akar nanas yang lebih tinggi (Lrv 0,7 $cm\ cm^3$) (Ubaidillah, 2014). Tetapi bila kadar C-organik rendah dengan kadar Al-dd yang sama dengan di atas, Lrv nanas yang diperoleh 40% lebih rendah dari Lrv pada C-organik tinggi (Lrv rata-rata 0,4 $cm\ cm^3$). Pada kondisi tersebut konsentrasi Al-dd dalam tanah rata-rata sebesar 0,28 me/100 g

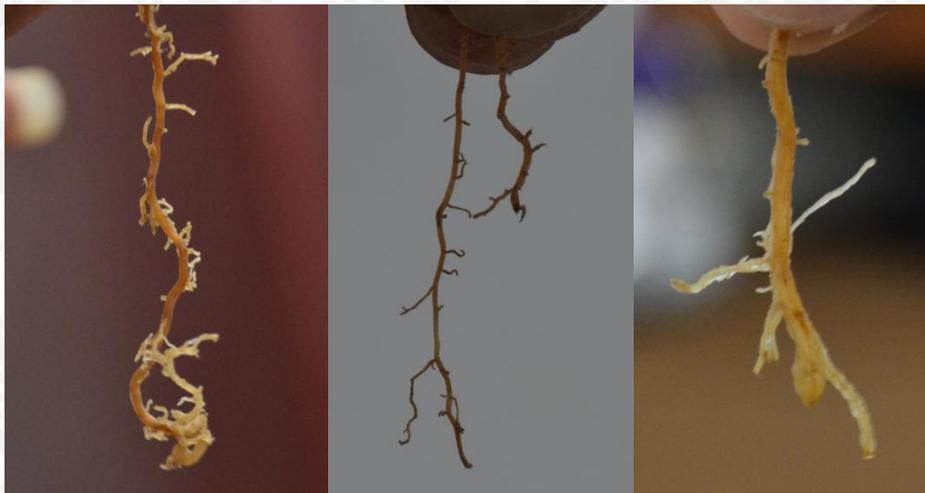
(pada lahan dengan pemberian dolomit $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$). Namun demikian pada tanah dengan C-organik rendah, pemberian dolomit dalam dosis rendah ($1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$), diperoleh konsentrasi Al-dd sebesar $0,29 \text{ me}/100 \text{ g}$ dengan nilai Lrv nanas yang diperoleh 69% lebih rendah ($0,25 \text{ cm cm}^{-3}$) daripada di tanah dengan C-organik tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanah perkebunan nanas dengan C-organik rendah, walaupun konsentrasi Al-dd sudah ditekan rendah, tetapi Lrv yang diperoleh masih rendah juga. Hal ini mungkin disebabkan sebagian besar Al yang terdapat dalam tanah berada dalam bentuk Al-monomerik yang beracun bagi akar tanaman, namun demikian pengukuran Al-monomerik pada penelitian ini belum dilakukan. Kemungkinan lain bahwa perkembangan perakaran nanas di PT. GGP tidak semata-mata dibatasi oleh keracunan Al, melainkan masih ada faktor lainnya yang terlibat seperti adanya pemadatan tanah dan penggenangan tanah (Purwito, komunikasi pribadi 2013).

Banyak hasil penelitian dilaporkan bahwa pengukuran Al-dd tanah untuk studi respon akar tanaman terhadap toksisitas Al adalah variabel yang kurang sensitif. Blamey *et al.*, 1991 menyatakan bahwa Al yang toksik bagi tanaman hanya jenis Al monomerik yang ada di larutan tanah seperti Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$. Lebih lanjut dikatakan bahwa konsentrasi Al monomerik pada larutan tanah lebih baik menjadi ukuran Al toksik daripada jumlah Al-dd (Awad *et al.*, 1976; Hairiah, 1992) atau Al-saturation (Bruce *et al.*, 1988), karena hal ini merupakan kondisi aktual pada akar-permukaan tanah. Sehingga pada penelitian ini, peningkatan kandungan Al-dd pada tanah belum tentu diikuti oleh penurunan nilai Lrv. Pengukuran Al-monomerik tidak dilakukan, karena penulis mengacu pada prosedur kerja yang ada di PT. GGP, yaitu hanya mengukur Al-dd.



Gambar 9. Hubungan Antara Al-dd dan Total Panjang Akar (Lrv) Nanas (Sumber data perakaran nanas diperoleh dari Ubaidillah, 2014)

Keracunan Al mengakibatkan kerusakan langsung pada sistem perakaran tanaman, perkembangan akar terhambat dan akar menjadi tebal dan pendek- kaku serta memperlihatkan bagian-bagian yang mati (Sanchez, 1976). Al merusak akar menjadikan akar pendek dan rapuh. Ujung akar dan cabang samping tebal dan berwarna coklat, sistem akar seluruhnya dipengaruhi, dengan banyak akar samping yang pendek dan tidak ada cabang yang sehat. Beberapa akar tidak efisien dalam menyerap nutrisi dan air (Foy *et al.*, 1978). Berdasarkan pengamatan perakaran di lapangan yang dilakukan oleh Ubaidillah (2014), terdapat akar yang menunjukkan gejala tersebut, yakni akar mengalami penghambatan pada bagian ujung, akar nampak kering serta mudah patah (Gambar 10).



(A)

(B)

(C)

Gambar 10. Gejala keracunan Al pada akar nanas: (A) ujung akar yang melengkung, (B) bagian akar yang nampak kering, (C) akar yang mudah patah pada bagian tepi (Foto oleh : Ubaidillah)

Perakaran tanaman mempunyai beberapa fungsi yang berbeda, antara lain: (a) menyerap air dan nutrisi dari tanah, dan mendistribusikannya ke bagian atas tanaman, (b) bagian yang mensintesis beberapa hormon tumbuhan atau pengatur tumbuh, (c) sebagai organ cadangan makanan, contohnya pada akar sayuran, dan (d) sebagai jangkar bagi tanaman ke dalam tanah (Russell, 1977).

Perbaiki kondisi tanah masam untuk memperbaiki pertumbuhan akar tanaman tidak hanya satu-satunya dengan pengapuran (Sanchez, 1976) tetapi bisa juga dengan penambahan bahan organik kaya kation basa (Hairiah *et al.*, 1996), atau melalui aplikasi pupuk P. Masing-masing teknik manajemen mempunyai kelebihan dan kekurangan yang berbeda antar tempat, sehingga pelaksanaannya harus dipertimbangkan dengan cermat tanpa mengabaikan kondisi dan pengetahuan lokal yang ada.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pemberian dolomit dengan dosis $1,0 - 2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ke tanah meningkatkan pH tanah sebesar 4% (4,33 menjadi 4,51), tetapi nilai pH tanah antar kedalaman tanah sama, dengan rata-rata 4,47. Pada tanah dengan kadar C-organik rendah, pemberian dolomit $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ sudah dapat meningkatkan pH tanah menjadi 4,6, peningkatan dosis dolomit $> 1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ tidak efektif lagi dalam meningkatkan pH tanah. Sedangkan pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi, untuk meningkatkan pH tanah $\geq 4,4$ dibutuhkan dosis dolomit yang lebih tinggi yaitu $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$.
2. Pemberian dolomit dengan dosis $1,0 - 2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ke dalam tanah menurunkan kadar Al-dd rata-rata sepertiga dari kadar Al-dd pada perlakuan kontrol (0,77 me/100 g) (penurunan kadar Al-dd berhubungan dengan meningkatnya pH dan jumlah kation basa-dd). Pada tanah dengan C-organik rendah, pemberian dolomit sebesar $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ dapat menurunkan Al-dd menjadi 0,29 me/100 g. Sedangkan pada tanah dengan kandungan C-organik tinggi, dalam menurunkan konsentrasi Al-dd menjadi 0,28 me/100 g perlu ditambahkan dolomit sebesar $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, penurunan konsentrasi Al-dd dengan dosis dolomit $2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ tidak menguntungkan dalam menurunkan konsentrasi Al-dd.

5.2. Saran

1. Perlu adanya evaluasi dampak dari manajemen lahan terhadap perbaikan kondisi kesuburan tanah pada kondisi tanah yang berbeda-beda, hal tersebut khususnya terhadap pemberian dosis dolomit pada tanah dengan kandungan C-organik tanah yang berbeda untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemberian amelioran dalam meningkatkan pH dan penurunan Al-dd.
2. Pengembalian sisa panen secara rutin harus tetap dilakukan di perkebunan nanas untuk mempertahankan kandungan C-organik tanah, sehingga efek meracun Al lebih dapat ditekan.

DAFTAR PUSTAKA

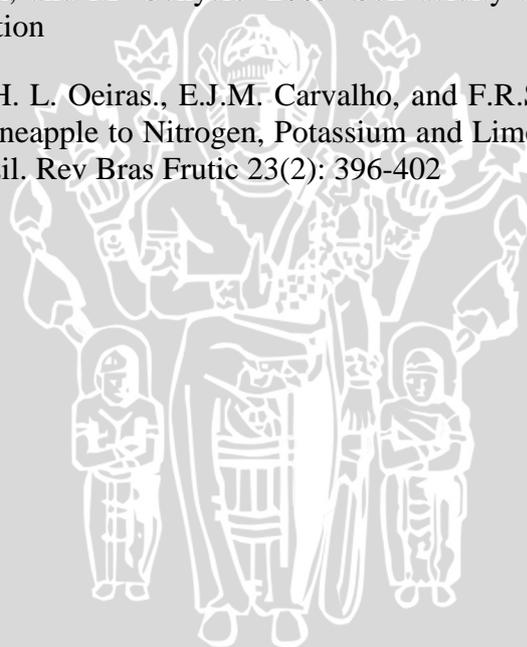
- Adriyana, D. 2009. Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Buah Alami Tanaman Nenas (*Ananas Comosus* L. Merr) di PT. Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Adzabe, F.J.K. 2011. Synthesis Of Linde-Type X Zeolite And Its Application To Improve Soil Nutrients. Thesis. Kwame Nkrumah University.
- Ahmad, F., and K.H. Tan. 1986. Effect of Lime and Organic Matter on Soybean Seedlings Grown in Aluminum-toxic Soil. Vol. 50 No. 3, p. 656-661.
- Archambault, D.J., U. Basu, J.L. Mc Donald., A.G. Good., K.G. Briggs., T. Aung, and G.J. Taylor. 1997. Genetic and physiological analysis of doubled-haploid, aluminium-resistant lines of wheat provide evidence for the involvement of a 23 kD, root exudate polypeptide in mediating resistance. *Plant and Soil* 196:283-288.
- As-syakur, A.R., I.W. Nuarsa, dan I.N. Sunarta. 2011. Pemutakhiran Peta Agroklimat Klasifikasi Oldeman di Pulau Lombok dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografi. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH), Universitas Udayana, Bali.
- Astera, M. 2014. Cation Exchange Capacity in Soils, Simplified. [Online] <http://www.soilminerals.com/Cation Exchange Simplified.htm>. The Ideal Soil: A Handbook for the New Agriculture. Revised April 2014. Diakses 20 Juli 2014.
- Awad, A.S., D.G. Edwards, and P.J. Milham. 1976. Effect of pH and Phosphate on Soluble Soil Aluminium and on Growth and Composition of Kikuyu Grass. *Plant Soil* 45:531-542.
- Beynon, R.J., and J.S. Easterby. 1996. Buffer Solutions, The Basics. IRL Press at Oxford University Press, NY.
- Blancaflor, E.B., D.L. Jones, and S. Gilroy. 1998. Alterations in the cytoskeleton accompany aluminium-induced growth inhibition and morphological changes in primary roots of maize. *Plant Physiol.* 118: 159-172.
- Blamey, F.P.C., D.G. Edwards, and C.J. Asher. 1983. Effects of aluminium, OH:Al and P:Al molar ratios, and ionic strength on soybean root elongation insolution culture. *Soil Sci* 136: 197-207.
- Blamey, F.P.C., D.C. Edmeades, C.J. Asher, D.G. Edwards, and D.M. Wheeler. 1991. Evaluation of solution culture techniques for studying aluminum toxicity in plants. *In: Plant-Soil Interactions at Low pH*. Wright, R.J. et al. (eds.). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 905-912.

- Bruce, R.C., L.A. Warrell., D.G. Edwards, and L.C. Bell. 1988. Effects of aluminium and calcium in the soil solution of acid soils on root elongation of glycine max cv. Forrest. Aust. J. Agric. Res. 38:319-338.
- Buckman, H.O., and N.C. Brady. 1974. The Nature and Properties of Soil. Mammilan publishing Co. Inc. New York.
- Delhaize, E., S. Craig, C.D. Beaton, R.J. Bennet, V.C. Jagadish, and P.J. Randall. 1993. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiol. 103: 685-693.
- Eswaran, H., P. Reich, and F. Beinroth. 1997. Global distribution of soils with acidity. In: Plant-Soil Interactions at Low pH. Moniz, A.C. et al. (eds.). Brazilian Soil Science Society. pp. 159-164.
- Fanning, D.S., and M.C.B. Fanning. 1989. Soil Morphology, Genesis, and Classification. John Willey and Sons Ltd, United States.
- Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2014. Chemical Properties of Soil. [Online]. (<http://www.fao.org/docrep/field/003/ac1..2E05.htm>). Diakses 28 Juli 2014.
- Foy, C.D. 1974. Effect of aluminum on plant growth. In : E.W Carson (ed.) The Plant Root and Its Environment. Charlottesville, University Press Virginia. p 601-642.
- Foy, C.D., R.L. Chaney, and M.C. White. 1978. The Physiology of Metal Toxicity in Plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 29:511-566.
- Foy, C.D. 1988. Plant adaptation to acid, aluminium-toxic soils. Common Soil Sci Plant Anal 19: 959-987.
- Hairiah, K. 1992. Aluminium tolerance of *Mucuna*. A Tropical Leguminous Cover Crop. Doctoral thesis, RUG, Netherland. 152 p. ISBN 90 - 9005501-0.
- Hairiah, K., R. Adawiyah, and J. Widyaningsih. 1996. Amelioration of Aluminium Toxicity with Organic Matter: Selection of organic matter based on its total cation concentration. AGRIVITA, 19 (4): 158-164.
- Hairiah, K., Widiyanto., S.R. Utami., D. Suprayogo., Sunaryo., S.M. Sitompul., B. Lusiana., R. Mulia., M. Van Noordwijk, dan G. Cadisch. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi : Refleksi Pengalaman Dari Lampung. SMT Grafika Desa Putera. Jakarta.
- Hairiah, K., H. Sulistyani., D. Suprayogo., Widiyanto., P. Purnomosidhi., R.H. Widodo, and M. Van Noordwijk. 2006. Litter Layer Residence Time in Forest and Coffee Agroforestry Systems in Sumberjaya, West Lampung. Forest Ecology and Management, 224: 45-57.

- Hardjowigeno, S. 1985. Genesis dan Klasifikasi Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Akademika pressindo. Jakarta.
- Haug, A. 1983. Molecular aspects of aluminum toxicity. CRC Crit. Rev. Plant. Sci.1:345-373.
- Haynes, R.J., and M.S. Mokolobate. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. School of Applied Environmental Sciences, University of Natal, Pietermaritzburg, Private Bag X01, Scottsville3209, Republic of South Africa.
- Kamprath, E.J. 1970. Exchangable aluminium as a criterion for liming leachmineral soils. Soil Sci. Am. Proc.
- Le Van, H., and T. Masuda. 2004. Physiological and Biochemical Studies on Aluminium Tolerance in Pineapple. Australian Journal of Soil Research. p 699-707.
- Lin, Y.H. 2010. Effects of aluminum on root growth and absorption of nutrients by two pineapple cultivars [*Ananas comosus* (L.) Merr.] African Journal of Biotechnology Vol. 9(26), pp. 4034-4041, 28 June, 2010.
- McKenzie, N.J., D.J. Jacquier., R.F. Isbell, and K.L. Brown. 2004. Australian Soils and Landscapes: An Illustrated Compendium. CSIRO Publishing: Collingwood, Victoria.
- Meda, A.R and P.R. Furlani. 2005. Tolerance to Aluminum Toxicity by Tropical Leguminous Plant Used as Cover Crop. Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol.48, n. 2 : pp. 309-317.
- Mite, F., J. Espinosa, and L. Medina. 2010. Liming Effect on Pineapple Yield and Soil Properties in Volcanic Soil. Equador. Better Crops/Vol. 94 (2010, No. 1).
- Mohr, E.C.J., F.A. Van Baren, and J. Van Schuylenborgh. 1972. A Comprehensive Study of Their Genesis. Mouton – Ichtiar Baru – Vanhoerne, The Hague Paris. Jakarta.
- Moore, G., P. Dolling., B. Porter, and L. Leonard. 1998. Soil Acidity. In Soil guide. A handbook for understanding and managing agricultural soils. (Ed. G Moore) Agriculture Western Australia Bulletin No. 4343.
- Nakasone, H.Y., and R. E. Paull. 1998. Tropical Fruits. CAB International. New York. p 445.

- Oktavidiati, E. 2002. Mekanisme Toleransi Tanaman Terhadap Stres Aluminium. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana (S3). IPB. Bogor. 702:1-21.
- Oldeman, I.R., I. Las, and Muladi. 1980. The Agroclimatic Maps of Kalimantan, Maluku, Irian Jaya and Bali. Bogor: West and East Nusa Tenggara. Rest. Ins. Agric.
- Prasetyo, B.H., dan D.A. Suriadikata. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. Bogor. Jurnal Litbang Pertanian, 25 (2).
- Prihastuti. 2012. Upaya Pengelolaan Biologis Lahan Kering Masam Ultisol. El-Hayah Vol. 2, No. 2 Maret 2012 p 104-111.
- Purwito. 2013. Komunikasi Pribadi : Permasalahan PT. Great Giant Pineapple. Lampung Tengah.
- Ramagreeb, S., J.A. Cooke., and M.P. Watt. 2004. Responses of meristematic callus cells of two *Cynodon dactylon* genotypes to aluminium. *J. Plant Physiol* 161: 1245-1258.
- Reuss. 1983. Implications of the Calcium-Aluminum Exchange System for the Effect of Acid Precipitation on Soils. Vol. 12 No. 4, p. 591-595.
- Russell, R. Scott. 1977. Plant Root Systems: Their Function and Interaction with the Soil. Mc Graw-Hill: New York, pp187-188.
- Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. Wiley, New York.
- Setijono, S. 1996. Effects of crop residues and lime materials on soil aluminium and phosphorus availability on a high activity clay (HAC) acid mineral soil. *AGRIVITA*, 19 (4): 153-157.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Spain, J.M., C.A. Francis, R.H. Howeler, and F. Cabio. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures. *In: R.S Yost. Plant Tolerance of Low Soil pH, Soil Aluminum, and Soil Manganese.* College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.
- Sumarno. 2005. Strategi Pengembangan Kedelai di Lahan Masam. Dalam Makarim *et al.* (penyunting). Prosiding Lokakarya Pengembangan Kedelai di Lahan Sub-optimal. Puslitbangtan Bogor, 2005; hlm 37-46.
- Sutedjo dan A.G. Kartasapoetra. 2005. Pengantar Ilmu Tanah. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.

- Tan, K.H. 1982. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker.Inc. New York.
- Tan, K. H. 2010. Principles of Soil Chemistry Fourth Edition. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton. London. New York.
- Tisdale, S., and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizer. New York : McMillan, p 694.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers, Mcmillan, New York, p.754.
- Turner, R.C. and J.S. Clark . 1966. Lime potential in acid clay and soil suspensions. Trans. Comm. II & IV Int. Soc. Soil Science, pp. 208–215
- Ubaidillah. 2014. Aplikasi Dolomit Pada Tanah Masam Dengan Berbagai Kandungan C-Organik Tanah. Perkembangan Perakaran Nanas. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Upjohn, B., G. Fenton, and M. Conyers. 2005. Soil acidity and liming. Agfact AC.19, 3rd edition
- Veloso, C. A. C., A. H. L. Oeiras., E.J.M. Carvalho, and F.R.S. de Souza. 2001. Response of Pineapple to Nitrogen, Potassium and Limestone in a Yellow Latosol in Brazil. Rev Bras Frutic 23(2): 396-402



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Lampiran 1. Manajemen Lahan di PT. GGP

A. Persiapan Lahan

Kegiatan persiapan lahan untuk dijadikan lahan yang siap tanam dilakukan beberapa macam kegiatan antara lain:

1. *Chopping*

Chopping merupakan kegiatan mencacah dan menghancurkan sisa tanaman nanas menjadi potongan - potongan kecil. Berdasarkan diskusi dengan pihak GGP, diperoleh data bahwa residu tanaman nanas yang dikembalikan ke dalam tanah sebesar $160 - 200 \text{ Mg ha}^{-1}$, pemberian sisa tanaman nanas ini dimaksudkan untuk menambah bahan organik ke dalam lahan. Tujuan dari proses penghancuran sisa tanaman untuk mempermudah penguraian dan pembusukan menjadi bahan organik.



Kegiatan *Chopping* (Foto oleh : PT. GGP)

2. *Harrowing*

Harrowing merupakan kegiatan untuk memecah bongkahan - bongkahan tanah menjadi kecil - kecil. Selain itu, kegiatan *harrowing* ini juga untuk mencacah dan mencampur potongan nanas dan seresah serta mematikan gulma, belukar, dan meratakan bekas guludan dan mencampur dengan tanah.

3. *Plowing*

Plowing merupakan kegiatan membajak tanah untuk membalik dan mengemburkan tanah. *Plowing* atau pembajakan bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga sisa tanaman, gulma, seresah dapat tercampur di dalam tanah dan mengalami pembusukan oleh dekomposer.

4. *Finishing harrow*

Tujuan dari *Finishing harrow* yaitu untuk memperkecil gumpalan tanah sekaligus meratakan permukaan tanah dengan menggunakan *wheel tractor*.

5. *Celly*

Celly merupakan kegiatan menghancurkan bongkahan tanah menjadi agregat yang lebih kecil. Alat yang digunakan untuk menghancurkan bongkahan tanah menjadi agregat kecil dengan *cultivator-celly*.

6. *Subsoiling*

Subsoiling merupakan kegiatan menghancurkan lapisan tanah yang dibawah tanah top soil dengan kedalaman 60-70 cm. Tujuan dari *subsoiling* yaitu untuk membuat drainase supaya pada musim hujan tidak ada genangan.

7. *Ridging*

Ridging merupakan kegiatan membuat guludan *single row* dan merupakan tahapan akhir dalam pengolahan lahan. Tujuan dari kegiatan *ridging* yaitu untuk membuat guludan yang digunakan untuk menempatkan bibit nanas.

8. Pembuatan jalan dan drainase

Tujuan dari pembuatan jalan yaitu mempermudah mobilisasi unit keluar masuk areal penanaman baik untuk melakukan perawatan atau pemanenan. Jalan yang dibuat yaitu jalan utama (primer), jalan punggung (sekunder), jalan potong (tersier), jalan plot (kuarter), dan jalan luar perimeter.

Pembuatan drainase bertujuan untuk memudahkan mengalirnya air ke tempat pembuangan akhir. Ada tiga bentuk saluran drainase yaitu saluran primer, saluran sekunder, dan saluran tersier. Pembuatan saluran air ini digunakan untuk menampung air pada musim hujan, karena tanaman nanas tidak bisa tergenang air.

A. **Penyiapan Bibit dan Penanaman**

1. Panen Bibit

Bibit yang digunakan berupa *crown* (mahkota nanas), *sucker* (tunas batang), dan *nursery*. Bibit *crown* diperoleh panen PC (*Primary crop*) dan RC (*Ratoon Crop*). Sedangkan untuk bibit *sucker* (tunas batang) diperoleh dari lahan panen PC. Bibit *sucker* merupakan bibit yang setelah tumbuh, anakan dari tanaman nanas dipotong dan dikumpulkan berdasarkan kelas bibit. Bibit *nursery*

didapatkan diperoleh dari bonggol tanaman nanas yang dipotong dan ditanam 6 bulan sebelum digunakan sebagai bibit.



Jenis Bibit yang Digunakan : (a) *Crown*, (b) *Sucker*, dan (c) *Macro section* (Foto oleh : PT. GGP)

2. Seleksi Bibit

Seleksi bibit digunakan untuk membedakan kelas bibit *crown*, *sucker*, dan *nursery*. Bibit *crown* pembagiannya berdasarkan panjang, bibit *sucker* berdasarkan diameter bonggol, dan untuk bibit *nursery* berdasarkan panjang tanamannya.

3. *Dipping*

Dipping adalah proses pemberian insektisida, fungisida dan bakterisida pada bibit yang akan ditanam dengan cara dicelupkan pada kolam yang berisi larutan insektisida, fungisida dan bakterisida yang terdapat di mesin *dipping*. Seluruh bibit baik dari *crown*, *sucker* maupun *macro section* sebelum dibawa ke lokasi tanam, terlebih dahulu bibit di *dipping* (dicelupkan) pada larutan insektisida, fungisida dan bakterisida untuk melindungi bibit dari serangan hama mealybug dan cendawan (*Pythophthora* serta *Thilaviopsis*).



Kegiatan *Dipping* (Foto oleh : Nungki)

Kegiatan tanam dilakukan setelah proses *dipping*. Bibit yang sudah di *dipping*, dipindah ke lahan untuk siap ditanam. Jarak tanam disesuaikan dengan standar kualitas tanam.

B. Perawatan Tanaman Nanas

Kegiatan pemeliharaan tanaman dilakukan untuk mencegah dari serangan hama dan penyakit tanaman dan dari gulma, defisiensi unsur hara, dan kekurangan air.

1. Penyiraman

Penyiraman menggunakan alat *boom cat* yang menghasilkan butiran-butiran air yang serupa dengan hujan. Intensitas penyiraman pada musim hujan dan kemarau berbeda, karena penyiraman pada musim hujan intensitas penyiraman lebih sedikit daripada musim kemarau.

2. Penyulaman

Penyulaman yaitu mengganti bibit yang rusak atau mati dengan bibit baru untuk memperkecil kematian tanaman nanas. Penyulaman dilakukan 1-2 bulan setelah tanam. Penyulaman menggunakan bibit yang kualitasnya diatas bibit yang sudah mati karena untuk mengimbangi pertumbuhan bibit yang telah ditanam lebih dahulu.

3. Perbaikan saluran drainase

Perbaikan saluran drainase dilakukan secara manual. Hal ini dikarenakan untuk mencegah terciptanya genangan di musim hujan.

4. Pemupukan

Pemupukan dilakukan dengan dua cara yaitu cara manual dan mekanis. Pupuk yang dilakukan dengan manual dengan aplikasi pada pangkal bawah tanaman. Sedangkan untuk mekanisnya dengan menggunakan alat *boom sprayer*. Pupuk yang digunakan yaitu urea, TSP, K_2SO_4 , $ZnSO_4$, dan $FeSO_4$.

5. Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma bertujuan untuk mengurangi persaingan untuk mendapatkan unsur hara antara nanas dan gulma. Ada tiga cara untuk pengendalian gulma yaitu : (1) Penyiangan (*weeding*) dilakukan dengan cara manual menggunakan tangan, cangkul, dan sabit. (2) Semi mekanis (*spot spray*) dilakukan dengan menggunakan *knapsack sprayer* untuk kondisi gulma yang

menyebar pada titik tertentu. (3) Mekanis dengan menggunakan *boom sprayer* bila kondisi gulma menyebar merata pada seluruh lahan dan berpotensi menjadi dominan.

6. Pengendalian Hama dan Penyakit

Untuk dapat mengendalikan hama dan penyakit yang menyerang tanaman nanas dilakukan dengan menyemprot tanaman dengan pestisida, insektisida, fungisida, dan herbisida. Untuk pengendalian semut dengan cara memasang umpan semut untuk membunuh koloni semut dan ratunya. Waktu aplikasi pestisida dilakukan 2-3 bulan sekali yang dilakukan sebelum tanam dan setelah proses *forcing*.

Dari seluruh kegiatan manajemen lahan yang dilakukan oleh PT. GGP, terdapat beberapa kegiatan yang mampu meningkatkan aktifitas Al dalam tanah. Kegiatan tersebut antara lain adalah : (a) *plowing*, yaitu kegiatan membajak tanah untuk membalik dan menggemburkan tanah, dengan kedalaman hingga 55 cm, (b) *subsoiling*, yakni kegiatan menghancurkan lapisan tanah dibawah tanah top soil dengan kedalaman 60-70 cm. Apabila kegiatan ini dilakukan terus menerus, maka Al pada lapisan bawah akan terangkat ke lapisan atas. Karena konsentrasi Al banyak ditemukan pada tanah lapisan bawah (Hairiah *et al.*, 2000), (c) pemupukan, pupuk yang digunakan yaitu urea, TSP, K₂SO₄, ZnSO₄, dan FeSO₄. Penggunaan pupuk N, terutama urea dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan kemasaman tanah. Hal ini dapat dijelaskan pada reaksi di bawah ini:



Terbentuk Asam nitrat (HNO₃) + dan asam sulfat (H₂SO₄), menghasilkan H⁺ yang dapat menyumbang kemasaman tanah. Menurut Marschner (1986), apabila tanah semakin masam maka konsentrasi Al dalam tanah akan meningkat, karena Al sangat reaktif pada pH kurang dari 4,5.



Pembalikan Tanah



Lahan yang telah diberikan Sisa Tanaman Nanas + Aplikasi Kapur



Aplikasi Kompos



Pemupukan Menggunakan Boom Sprayer

(Foto oleh : Kurniatun Hairiah)



Aplikasi Pengapuran di Lapangan



Lahan Setelah Pengapuran

(Foto oleh : PT.GGP)

Lampiran 2. Kegiatan Pengambilan Contoh Tanah di Lapangan



Pengambilan contoh tanah menggunakan bor tanah (*Foto oleh : Ubaidillah*)



Memasukkan contoh tanah kedalam kantong plastik untuk penanganan lebih lanjut di laboratorium (*Foto oleh : Ubaidillah*)

Lampiran 2. Analisis Ragam pH_{H2O}

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	P value
Dolomit	3	0.47570000	0.15856667	7.32	0.0004
C-organik	1	0.17602222	0.17602222	8.13	0.0065
Kedalaman	2	0.22450278	0.11225139	5.18	0.0093
Dolomit x C-organik	3	1.02921111	0.34307037	15.84	<.0001
Dolomit x Kedalaman	6	0.27084167	0.04514028	2.08	0.0734
C-organik x Kedalaman	2	0.01975278	0.00987639	0.46	0.6366
Dolomit x C-organik x Kedalaman	6	0.21034722	0.03505787	1.62	0.1635
Kelompok	2	0.17905278	0.08952639	4.13	0.0223

Tabel	Dolomit	C-org	Kedalaman	Dolomit x C-org	Dolomit x Kedala man	C-org x Kedalaman	Dolomit x C-org x Kedalaman
s.e.d.	0.0491	0.0347	0.0425	0.0694	0.0850	0.0601	0.1202

Lampiran 3. Analisis Ragam Kation Basa-dd

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	P value
Dolomit	3	10.52390000	3.50796667	23.76	<.0001
C-organik	1	0.12667222	0.12667222	0.86	0.3591
Kedalaman	2	1.18450278	0.59225139	4.01	0.0248
Dolomit x C-organik	3	1.35187222	0.45062407	3.05	0.0377
Dolomit x Kedalaman	6	0.41307500	0.06884583	0.47	0.8296
C-organik x Kedalaman	2	0.19286944	0.09643472	0.65	0.5251
Dolomit x C-organik x Kedalaman	6	1.19921944	0.19986991	1.35	0.2533
Kelompok	2	0.08314444	0.04157222	0.28	0.7559

Tabel	Dolomit	C-org	Kedalaman	Dolomit x C-org	Dolomit x Kedala man	C-org x Kedalaman	Dolomit x C-org x Kedalaman
s.e.d.	0.128	0.091	0.111	0.181	0.222	0.157	0.314

Lampiran 4. Analisis Ragam Al-dd

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	P value
Dolomit	3	1.72391528	0.57463843	20.93	<.0001
C-organik	1	0.30290139	0.30290139	11.03	0.0018
Kedalaman	2	0.14130278	0.07065139	2.57	0.0872
Dolomit x C-organik	3	1.92941528	0.64313843	23.43	<.0001
Dolomit x Kedalaman	6	0.04436389	0.00739398	0.27	0.9485
C-organik x Kedalaman	2	0.04263611	0.02131806	0.78	0.4659
Dolomit x C-organik x Kedalaman	6	0.05469722	0.00911620	0.33	0.9166
Kelompok	2	0.14096944	0.07048472	2.57	0.0877

Tabel	Dolomit	C-org	Kedalaman	Dolomit x C-org	Dolomit x Kedalaman	C-org x Kedalaman	Dolomit x C-org x Kedalaman
s.e.d.	0.055	0.039	0.048	0.078	0.096	0.068	0.135

Lampiran 5. Analisis Ragam Al-Saturation

SumberKeragaman	db	JK	KT	F Hit	P value
Dolomit	3	4794.278411	1598.092804	36.28	<.0001
C-organik	1	350.154006	350.154006	7.95	0.0071
Kedalaman	2	574.240103	287.120051	6.52	0.0032
Dolomit x C-organik	3	969.016161	323.005387	7.33	0.0004
Dolomit x Kedalaman	6	193.919831	32.319972	0.73	0.6250
C-organik x Kedalaman	2	187.987119	93.993560	2.13	0.1299
Dolomit x C-organik x Kedalaman	6	351.756014	58.626002	1.33	0.2629
Kelompok	2	45.112786	22.556393	0.51	0.6026

Tabel	Dolomit	C-org	Kedalaman	Dolomit x C-org	Dolomit x Kedalaman	C-org x Kedalaman	Dolomit x C-org x Kedalaman
s.e.d.	2.212	1.564	1.916	3.128	3.831	2.709	5.419

Lampiran 6. Korelasi Antar Parameter

		pH	Al-dd	Al-sat	Kation basa
pH	Pearson Correlation	1	-.707**	-.720**	.380**
	Sig.		.000	.000	.001
Kation basa	Pearson Correlation	.380**	-.261*	-.715**	1
	Sig.	.001	.027	.000	

** . Correlation is significant at the 0.01 level

* . Correlation is significant at the 0.05 level

Lampiran 7. Analisis Duncan pada Variabel Pengukuran

Dosis Dolomit, Mg ha ⁻¹	Kandungan C-org. tanah, %	pH tanah		Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Na-dd	Al-dd	H-dd	Kation Basa-dd	KTKe	Al-sat
		pH-H ₂ O	pH-KCl	me/100 g tanah								
0	1,3	4,33 b	4,08 b	0,12 cd	0,49 bc	0,12 cd	0,08 d	0,70 b	0,25 b	1,12 d	2,07 cd	34,27 ab
0	1,8	4,33 b	4,09 b	0,09 d	0,45 bc	0,09 d	0,08 d	0,84 ab	0,3 a	0,94 d	2,07 cd	40,57 a
1,0	1,2	4,60 a	4,04 b	0,3 ab	0,6 b	0,3 ab	0,07 d	0,29 de	0,16 cd	1,80 ab	2,24 bc	13,06 e
1,0	1,6	4,37 b	3,84 c	0,25 abc	0,55 bc	0,25 abc	0,87 a	0,95 a	0,24 b	2,18 a	3,36 a	28,3 bc
1,5	1,1	4,34 b	3,87 c	0,32 a	0,93 a	0,32 a	0,2 bc	0,44 cd	0,15 cd	1,98 ab	2,58 b	17,58 de
1,5	1,7	4,75 b	4,22 a	0,32 a	0,57 b	0,32 a	0,28 bc	0,28 e	0,18 b	1,77 b	2,23 bc	13,01 e
2,0	1,2	4,40 b	3,87 c	0,13 bcd	0,48 bc	0,13 bcd	0,39 b	0,52 c	0,17 cd	1,59 bc	2,28 bc	23,66 cd
2,0	1,6	4,62 a	4,09 b	0,13 cd	0,39 c	0,13 cd	0,3 bc	0,41 cde	0,12 d	1,26 cd	1,8 d	24,33 cd
Kedalaman tanah, cm	pH tanah		Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Na-dd	Al-dd	H-dd	Kation Basa-dd	KTKe	Al-sat	
	pH-H ₂ O	pH-KCl	me/100 g tanah									%
0-10	4,39 b	3,97 b	0,44 b	0,47 b	0,20 a	0,29 a	0,62 a	0,20 a	1,4 b	2,21 a	28,31 a	
10-20	4,49 a	4,02 a	0,58 a	0,61 a	0,18 a	0,30 a	0,53 a	0,18 a	1,67 a	2,38 a	22,81 b	
20-30	4,52 a	4,04 a	0,57 a	0,58 a	0,26 a	0,26 a	0,52 a	0,20 a	1,67 a	2,39 a	21,92 b	

Keterangan: data yang didampingi dengan huruf yang berbeda, berarti berbeda nyata dengan peluang 5%.

Lampiran 8. Instruksi Kerja dan Perhitungan Analisis Tanah

1. Penetapan pH tanah :

→ Alat

- a) Timbangan
- b) pH Meter
- c) Shaker
- d) Gelas Ukur

→ Bahan

- a) contoh tanah lolos ayakan 2 mm
- b) H₂O dan KCl

→ Cara Kerja

1. Siapkan botol film yang telah *disterilisasi* (dibersihkan) sebanyak yang diperlukan.
2. Siapkan contoh tanah yang akan dianalisis (sebanyak yang diperlukan) yang telah kering udara.
3. Contoh tanah yang akan dianalisis disaring dengan ayakan 2 mm.
4. Ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam botol film dengan ditambahkan 10 ml H₂O dan 10 ml KCl
5. Shaker 30 menit
6. Diamati tingkat besaran pH pada masing-masing botol film dengan menggunakan pH meter.

2. Penetapan Al dd

→ Alat

- a) Timbangan analitik
- b) Shaker
- c) Ayakan Tanah
- d) Gelas ukur

→ Bahan

- a) Contoh tanah lolos ayakan 2 mm
- b) KCl (1 N)
- c) Kertas Whatman No. 1
- d) PP 0,1 %
- e) NaOH (0,05%)
- f) HCl
- g) NaF 4%

→ Cara Kerja

1. Siapkan botol film yang telah *disterilisasi* (dibersihkan) sebanyak yang diperlukan.
2. Contoh tanah yang akan dianalisis disaring dengan ayakan berukuran ayakan 2 mm
3. Ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam botol film dengan ditambahkan 20 ml KCl (1 N)
4. Shaker 30 menit
5. Ditambah PP 0,1 %
6. Titrasi dengan larutan NaOH (0,05 N), hingga larutan berwarna merah jambu (dihitung NaOH yang dititrasi)
7. Ditambah HCl 1 tetes (warna merah jambu hilang)
8. Ditambah larutan NaF 4% (warna merah jambu)

9. Titrasi HCl 0,1 N (sampai warna merah jambu hilang, dan mencatat berapa ml HCl yang dibutuhkan)
10. Menghitung nilai Al yang ada

3. Penetapan Kation Basa-dd (K, Ca, Mg, Na)

→ Alat

- a) Timbangan analitik
- b) Shaker
- c) Ayakan Tanah
- d) Botol film

→ Bahan

- a) Contoh tanah lolos ayakan 2 mm
- b) Amonium Asetat 20 ml
- c) Kertas Whatman No.41
- d) Larutan LaCl_3 dan aquades

→ Cara Kerja

1. Siapkan botol film yang telah *disterilisasi* (dibersihkan) sebanyak yang diperlukan.
2. Contoh tanah diayak dengan ayakan berukuran 2 mm
3. Ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam botol film dengan ditambahkan 20 ml Amonium Asetat
4. Shaker 30 menit
5. Saring di kertas Whatman
6. Mengambil 1 ml larutan (analisis Ca dan Mg) dengan larutan LaCl_3 , 1 ml larutan (analisis K) dengan aquades, 1 ml larutan (analisis Na) dengan LaCl_3 (**pengenceran**)
7. Pembacaan nilai K, Ca, Mg, Na dengan menggunakan *Atomic Absorbion Spektrophotometer* (AAS)