



ASPEK UNSUR MIKRO DALAM KESUBURAN TANAH

**Pidato Pengukuhan
Jabatan Guru Besar Tetap
dalam Bidang Ilmu Kesuburan Tanah pada Fakultas Pertanian,
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara**

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 24 Februari 2007

OLEH:

LAHUDDIN

**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2007**



ASPEK UNSUR MIKRO DALAM KESUBURAN TANAH

Pidato Pengukuhan
Jabatan Guru Besar Tetap
dalam Bidang Ilmu Kesuburan Tanah pada Fakultas Pertanian,
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 24 Februari 2007

Oleh:

LAHUDDIN

**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2007**

Yang terhormat,

*Bapak Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia,
Bapak Ketua dan Bapak/Ibu Anggota Majelis Wali Amanat
Universitas Sumatera Utara,
Bapak Ketua dan Bapak/Ibu Anggota Senat Akademik
Universitas Sumatera Utara,
Bapak Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar
Universitas Sumatera Utara,
Bapak Rektor Universitas Sumatera Utara,
Bapak/Ibu para Pembantu Rektor Universitas Sumatera Utara,
Para Dekan, Ketua Lembaga dan Unit Kerja, para Dosen dan Karyawan
di lingkungan Universitas Sumatera Utara,
Bapak dan Ibu para undangan, keluarga, teman sejawat, mahasiswa, dan
hadirin yang saya muliakan.*

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan rasa rendah hati yang sedalam-dalamnya di hadapan Allah SWT, kami mengucapkan rasa syukur ke hadirat-Nya atas nikmat dan karunia-Nya yang dilimpahkan kepada kami, hingga pada hari ini insya Allah dapat menyampaikan pidato ilmiah sebagai Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Kesuburan Tanah pada Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dengan judul:

ASPEK UNSUR MIKRO DALAM KESUBURAN TANAH

I. PENDAHULUAN

Dalam konsep kesuburan tanah pada dasarnya mengkaji kemampuan suatu tanah untuk menyuplai unsur hara yang tersedia bagi tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman. Unsur hara dalam bentuk tersedia dapat diserap akar tanaman. Kelebihan unsur-unsur yang tersedia ini dapat meracuni tanaman. Suplai unsur hara tersedia dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, yaitu sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Ketiga sifat ini saling berinteraksi dalam mengkondisikan tanah, apakah subur atau tidak. Kesuburan tanah selalu berkonotasi dengan produktivitas suatu tanah yang diperlihatkan oleh hasil tanaman/satuan luas tanah.

Unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman terdiri dari unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan unsur mikro (Zn, Cu, Mn, Mo, B, Fe, dan Cl). Unsur logam Pb, Cd juga terkandung dalam jaringan tanaman yang disebut hara non-esensial, sebab belum diketahui fungsi unsur tersebut dalam tubuh tanaman. Secara umum semua unsur hara bersumber dari bebatuan induk tanah/mineral-mineral, kecuali unsur N yang berasal dari bahan organik. Mineral dalam bebatuan terlarut, unsur hara terbebas dan tersedia bagi tanaman.

Suplai unsur hara dari bahan mineral untuk tanaman secara alami cukup bagi pertumbuhan tanaman secara normal, kecuali pada tanah masam seperti pada Oxisols. Tanah ini memiliki sifat kesuburan rendah terutama tingginya kelarutan unsur-unsur mikro yang dapat menekan pertumbuhan tanaman.

Dapat terjadi peningkatan kadar unsur dalam tanah akibat penambahan dari luar melalui udara dan air (polusi) atau dari limbah. Peningkatan ini dapat melebihi ambang batas bagi kehidupan biologi di dalam tanah maupun di permukaan tanah khususnya unsur logam seperti Zn, Cu, Pb, dan Cd. Kadar yang berlebihan dari keempat unsur tersebut, baik secara sendiri maupun bersama-sama dapat meracuni tanaman tingkat tinggi. Bahkan dapat meracuni bakteri-bakteri yang bermanfaat dalam tanah, seperti bakteri rhizobium yang terdapat pada akar tanaman leguminosa. Sixt (1994) melaporkan bahwa mikroorganisme perombak secara anaerobik dapat mengalami keracunan akibat kelebihan berbagai unsur termasuk unsur Zn, Cu, Pb, dan Cd, serta terjadi pada kadar 10 – 100 mg Zn, 50 – 100 mg Cu, 10 – 30 mg P, dan 70 mg Cd/liter. Bakteri ini berperan dalam merombak bahan organik pada kondisi tanpa udara/oksigen. Keracunan akibat unsur logam dapat juga terjadi pada hewan dan manusia.

Tulisan ini membahas unsur-unsur logam Zn dan Cu sebagai unsur mikro esensial, dan Pb dan Cd sebagai unsur mikro non-esensial, bagaimana aspeknya pada kesuburan tanah, perilaku kimia dan efeknya pada kesehatan tanaman.

II. UNSUR Zn, Cu, Cd, DAN Pb DALAM TANAH

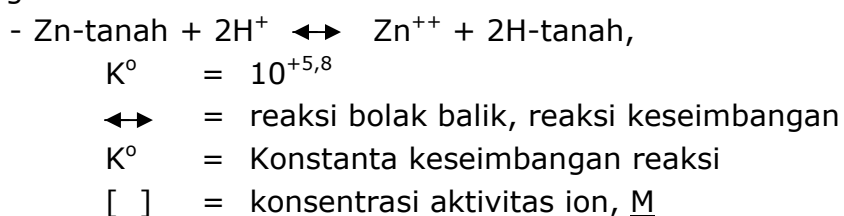
1. Unsur Zn

Seng (Zn) adalah unsur hara mikro esensial bagi manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi. Kandungan Zn total rata-rata pada litosfir sekitar 80 mg/kg (Goldschmith, 1954). Mineral-mineral sebagai sumber utama yang kaya Zn dalam tanah adalah *sphalerite* dan *wurtzite* (ZnS), dan

sumber yang sangat kecil dari mineral-mineral *smithsonites* (ZnCO_3), *willemite* (Zn_2SiO_4), *zincite* (ZnO), *zinkosite* (ZnSO_4), *franklinite* (ZnFe_2O_4), dan *hopeite* ($\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (Lindsay, 1972). Pada batuan magmatik Zn terdistribusi merata, dan kandungannya berbeda pada batuan asam dan basik yaitu dari 40 mg/kg dalam batuan granit dan 100 mg/kg dalam batuan basaltik.

Pelarutan mineral-mineral tersebut di atas dapat terjadi secara alami sehingga unsur-unsur yang terkandung di dalamnya terbebas dalam bentuk ion. Ion Zn^{++} yang terbebas mengalami proses lebih lanjut, terikat dengan matriks tanah atau bereaksi dengan unsur-unsur lain. Sehingga Zn dalam tanah dikelompokkan dalam bentuk-bentuk kelompok mudah tersedia sampai tidak tersedia bagi tanaman, yaitu bentuk terlarut dalam air, dapat dipertukarkan (terikat pada koloid-koloid bermuatan listrik), teradsorpsi dalam bentuk khelat atau bentuk senyawa kompleks (ikatan logam pada ligand organik), liat mineral sekunder dan oksida metalik tidak larut, serta dalam bentuk mineral primer (Alloway 1995). Endapan Zn dapat terbentuk dengan senyawa-senyawa hidroksida, karbonat, fosfat, sulfida, molibdat, dan asam-asam organik yang terdiri dari humat, fulvat, dan ligand organik. Asam-asam organik berasal dari dekomposisi senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam bahan organik (Bohn *et al.*, 1979). Adsorpsi Zn^{++} yang kuat dalam tanah dapat terjadi dengan adanya bagan organik dan mineral liat, dan hal ini berhubungan dengan kapasitas kation tanah dan keasaman tanah (Warneke dan Barber, 1973).

Kelarutan atau kestabilan setiap bahan dalam tanah dapat diramalkan dengan menggunakan reaksi keseimbangan kimia dengan nilai K sebagai parameternya, dan disebut juga hasil kali kelarutan (*solubility product, K^o*) (Lahuddin dan Mukhlis, 2007). Reaksi kimia unsur Zn sangat bervariasi, seperti juga dengan unsur-unsur lain, tergantung dari bentuk ikatannya, sebagai contoh:



Pada reaksi di atas kelihatan bahwa Zn-tanah akan bebas bila ada ion pengganti yaitu H^+ , bila H^+ meningkat dalam lingkungan reaksi, reaksi cenderung bergerak ke kanan sehingga Zn^{++} meningkat. Selanjutnya:

$K^0 = [\text{Zn}^{++}]/[\text{H}^+]^2 = 10^{+5,8}$, $\log K^0 = \log [\text{Zn}^{++}] - \log [\text{H}^+]^2 = \log 10^{+5,8}$
 $\log [\text{Zn}^{++}] = 5,8 + 2\log [\text{H}^+]$, $\log [\text{Zn}^{++}] = 5,8 - 2 \text{ pH}$,
Bila $\text{pH} = 4,5$ maka $\log [\text{Zn}^{++}] = 5,8 - 9 = - 3,2$, sehingga
 $\log [\text{Zn}^{++}] = \log 10^{-3,2}$, $[\text{Zn}^{++}] = 10^{-3,2} \text{ M}$.
pada $\text{pH} = 9,0$; maka $\log [\text{Zn}^{++}] = 5,8 - 18 = - 12,2$, dan $\log [\text{Zn}^{++}] = \log 10^{-12,2}$,
maka $[\text{Zn}^{++}] = 10^{-12,2} \text{ M}$.

Kelihatan bahwa pada pH rendah ($\text{pH} = 4,5$) kadar Zn^{++} lebih tinggi ($10^{-3,2} \text{ M}$) dibanding dengan kadar Zn^{++} pada $\text{pH} = 9,0$ ($10^{-12,2} \text{ M}$). Dengan kata lain keasaman makin tinggi kelarutan Zn tinggi dan sebaliknya pada keasaman rendah kelarutan Zn rendah. Beberapa reaksi lain sebagai contoh dikemukakan sebagai berikut:

- Reaksi redoks, $\text{Zn}^{++} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Zn} (\text{c})$, $K^0 = 10^{-25,80}$
Pada reaksi redoks ini dibutuhkan sumber donor elektron dari unsur-unsur lain atau unsur-unsur yang lebih kuat untuk mereduksi Zn^{++} . Kondisi reduktif dapat terjadi dengan dilakukan penggenangan.

- Mineral *willemite*, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 + 4\text{H}^+ \leftrightarrow 2\text{Zn}^{++} + \text{H}_4\text{SiO}_4$,

$$K^0 = [\text{Zn}^{++}]^2[\text{H}_4\text{SiO}_4]/[\text{H}^+]^4 = 10^{+13,15}$$

- Hidroksida, $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Zn}^{++} + 2\text{H}_2\text{O}$, $K^0 = 10^{+12,48}$
- Hidrolisis, $\text{Zn}^{++} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$, $K^0 = 10^{-16,80}$
- Kompleks Fosfat, $\text{Zn}^{++} + \text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{ZnHPO}_4 + \text{H}^+$, $K^0 = 10^{-3,90}$

Formula-formula di atas menunjukkan bahwa kelarutan Zn tanah atau mineral-mineral Zn dalam tanah meningkat dengan meningkatnya aktivitas ion H^+ dalam larutan tanah atau sebaliknya. Dengan kata lain kestabilan atau kelarutan senyawa Zn sangat dipengaruhi oleh keasaman tanah, makin tinggi keasaman tanah makin tinggi kelarutan Zn, sebaliknya makin rendah keasaman tanah makin rendah kelarutan Zn. Sebaliknya reaksi hidrolisis dan kompleks dengan ion-ion lain bereaksi lamban untuk membentuk senyawa kompleks. Nilai konstante K^0 yang besar menunjukkan hasil reaksi lebih besar dibanding bahan pereaksi, sehingga reaksi lebih kuat ke arah kanan, sebaliknya apabila nilai K^0 sangat kecil reaksi ke kanan agak lamban.

a. Penambahan Zn ke Tanah

Penambahan unsur logam pada tanah dapat terjadi dengan berbagai cara yaitu melalui polusi, penggunaan sarana produksi seperti pupuk, pestisida dan fungisida, sehingga terjadi kontaminasi logam-logam pada tanah dan tumbuh-tumbuhan. Umumnya polusi yang diakibatkan industri bahan

tambang lebih banyak terjadi di negara-negara Eropa, Amerika, Rusia, dan di negara-negara maju lainnya, sedangkan di negara-negara dengan wilayah pertanian polusi/pencemaran lingkungan lebih disebabkan oleh pengelolaan lahan pertanian dan industri pertanian. Sejak akhir awal abad XX polusi ini menjadi perhatian masyarakat di negara-negara yang memiliki industri maju dan mulai dikontrol atau dikendalikan sampai saat ini.

Penambahan logam Zn ke tanah melalui polusi umumnya terjadi di daerah-daerah industri peleburan bahan tambang seng. Penelitian-penelitian berdasarkan analisis contoh tanah berasal dari daerah industri logam menemukan kadar Zn sekitar 250–37200 mg/kg (di Inggris), 1665–4245 mg/kg (di Polandia), 400–4245 mg (di Rusia), 1310–1780 mg/kg tanah khususnya pada tanah tergenang di Jepang (Alloway, 1995). Sedangkan kandungan total Zn tanah rata-rata hanya sekitar 50 mg/kg tanah.

Penambahan Zn dari *sewage sludge* (limbah tinja) tidak kalah pentingnya. Limbah ini setelah diolah diaplikasikan ke lahan pertanian. Hasil penelitian di Amerika Serikat menunjukkan bahwa aplikasi limbah ini pada lahan meningkatkan kadar Zn sampai mencapai maksimum 290–4937 kg Zn/ha, di Eropa aplikasi terus menerus mencapai 745–4882 kg Zn/ha lahan. Penelitian di Perancis melaporkan bahwa kandungan total Zn meningkat dari 8,1 mg/kg pada petak tanpa perlakuan menjadi 1074 mg/kg tanah pada petak dengan perlakuan limbah secara kumulatif (Juste dan Mench, 1992).

b. Toksisitas Zn

Untuk pertumbuhan, tanaman membutuhkan unsur Zn hanya dalam jumlah sedikit dibandingkan dengan unsur hara makro. Hal ini terlihat dari hasil analisis Zn pada jaringan tanaman berkisar 21–120 ppm dari bahan kering jaringan tanaman yang sehat, bila kandungan 11–25 ppm dikatakan rendah, di bawah angka 10 ppm disebut kurang (defisien), dan tinggi atau berlebihan bila kandungan Zn di atas 71 atau 81 ppm (Lindsay, 1972). Kekurangan atau kelebihan unsur Zn pada lahan pertanian diperlihatkan pada kandungannya pada jaringan tanaman, khususnya pada tanaman semusim. Beberapa spesies tanaman toleran terhadap tingginya kandungan Zn dalam jaringan tanaman (mencapai 600–7800 ppm) (Antonofics, Bradshaw dan Turner, 1971, Carles *et al.*, 1969). Keracunan Zn menyebabkan berkurangnya pertumbuhan akar tanaman dan pelebaran daun diikuti klorosis atau bercak-bercak. Kadar Zn yang tinggi menekan serapan P dan Fe oleh tanaman (Adriano *et al.* 1971).

2. Unsur Cu (Tembaga)

Unsur tembaga (Cu), seperti juga unsur-unsur mikro lainnya, bersumber dari hasil pelapukan/pelarutan mineral-mineral yang terkandung dalam bebatuan. Alloway (1995) mengemukakan bahwa ada 10 jenis bebatuan dan 19 mineral utama yang mengandung Cu. Kandungan Cu dalam bebatuan berkisar 2–200 ppm (Adriano, 1986) dan dalam berbagai mineral berkisar 23–100% (Krauskopf, 1972).

Kebanyakan Cu-mineral dalam bentuk kristal dan bentuk lainnya lebih mudah larut daripada Cu-tanah. Cu-tanah adalah Zu^{++} yang terikat oleh matriks tanah yang terdiri dari kompleks liat dan humus atau senyawa-senyawa organik yang berasal dari reaksi perombakan bahan organik. Contoh-contoh reaksi tersebut adalah (pada suhu 25°C):

- $Cu\text{-Tanah} + H^+ \rightleftharpoons Cu^{++}$, $K_o = 10^{+2,8}$
- $Cu(OH)_2(c) + 2H^+ \rightleftharpoons Cu^{++} + 2H_2O$, $K^o = 10^{+8,68}$
- $Cu_3PO_4)_2 \cdot 2H_2O(c) + 4H^+ \rightleftharpoons 3Cu^{++} + 2H_2PO_4^- + 2H_2O$, $K_o = 10^{+0,34}$

Pada reaksi di atas kelihatan bahwa kelarutan ataupun kestabilan Cu dipengaruhi oleh keasaman lingkungan reaksi. Lindsay (1972) menyimpulkan bahwa kadar Cu dalam larutan tanah menurun dengan peningkatan pH disebabkan Cu terikat sangat kuat pada matriks tanah.

- $Cu^{++} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+$, $K^o = 10^{-13,78}$

Reaksi ini disebut reaksi hidrolisis, reaksi akan bergerak ke kanan bila ion H^+ dieliminir oleh ion lain seperti ion OH^- . Reaksi lain:

- $Cu^{++} + H_2PO_4^- \rightleftharpoons CuHPO_4^- + H^+$, $K^o = 10^{-4,0}$

Bahwa reaksi Cu^{++} seperti di atas dapat terjadi dengan pasangan ion lainnya, dan reaksi dipengaruhi oleh keasaman. Banyak reaksi lain yang dapat memberikan informasi reaksi kelarutan atau kestabilan ion Cu dalam tanah.

Unsur Cu^{++} dapat menjadi stabil dalam tanah setelah mengalami reaksi-reaksi hidrolisis, pembentukan kompleks anorganik dan kompleks organik, adsorpsi atau fiksasi Cu^{++} pada berbagai jenis mineral liat dan kemampuan fiksasi ini berbeda pada masing-masing mineral liat. Unsur Cu^{++} terikat lebih kuat pada bahan organik dibandingkan dengan unsur mikro lainnya (misalnya Zn^{++} dan Mn^{++}), dan Cu-kompleks-organik berperan penting dalam regulasi mobilitas dan ketersediaannya dalam tanah (Hodgson *et al.* (1966).

Reaksi-reaksi redoks juga dapat terjadi seperti pada $Zn^{++} \{Cu^{++} + 2e^- \leftrightarrow Cu(c)\}$, dalam reaksi ini Cu tereduksi menjadi Cu tergantung adanya sumber elektron unsur-unsur yang dapat bereaksi oksidasi sebagai donor elektron.

a. Penambahan Cu ke Tanah

Penambahan Cu ke tanah melalui polusi dapat terjadi pada industri-industri tembaga, pembakaran batubara, pembakaran kayu, minyak bumi, dan buangan di area pemukiman/perkotaan. Unsur yang dapat terekstrak dapat mencapai 5–10 kali pada lahan di wilayah pedesaan. Kabel listrik tegangan tinggi dapat juga mengkontaminasi lahan di bawahnya selebar 20 m.

Penelitian di Amerika Serikat di beberapa negara bagian telah menemukan bahwa dalam *sewage sludge* terkandung unsur Cu yang berkisar antara 84 ppm sampai 17.000 ppm Cu. Aplikasi limbah ini pada tanah sebagai pupuk telah direkomendasikan bila kadar Cu tidak melebihi 1.000 ppm (Baker *et al.*, 1985), pada kandungan Cu yang tinggi (6000 ppm Cu) dapat meningkatkan Cu tanah sampai 20 kali. Penggunaannya pada tanah subur, tanah berkapur, kaya bahan organik dapat mengendalikan Cu melalui retensi, yaitu pengikatan Cu dengan kuat sehingga Cu^{++} dalam larutan berkurang (Harter, 1986).

b. Toksisitas Cu

Kelebihan kadar Cu dalam tanah yang melewati ambang batas akan mejadi pemicu terjadinya keracunan khususnya pada tanaman. Kandungannya di dalam tanah antara 2 sampai 250 ppm, sedangkan dalam jaringan tanaman yang tumbuh normal sekitar 5-20 ppm Cu. Kondisi kritis dalam tanah 60-125 ppm, dan dalam jaringan tanaman 5-60 ppm Cu. Pada kondisi kritis pertumbuhan tanaman mulai terhambat sebagai akibat keracunan Cu (Alloway, 1995).

Penelitian tentang keracunan logam terhadap mikroorganisme tanah dimulai pada akhir abad XX. Gejala keracunan terlihat dengan munculnya klorosis pada daun dan ini terjadi karena Cu mampu menghambat atau menggantikan unsur logam lainnya seperti Fe yang sangat penting dalam proses fisiologi dalam tubuh tanaman. Sehingga keracunan Cu sejalan dengan defisiensi Fe (Daniel *et al.*, 1972). Kadar Cu dalam tanah sekurang-kurangnya 4 ppm untuk pertumbuhan normal tanaman serealia (Henkens, 1965).

Aktivitas biologi juga dapat dipengaruhi oleh peningkatan Cu dari aplikasi limbah. Sebagai contoh telah ditemui pada penurunan aktivitas enzimatik, peracunan pada bakteri *Rhizobium leguminosum* bv trifolli, di mana

peracunan juga dapat terjadi akibat unsur Cd dan Zn dengan tingkatan $Cu > Cd > Zn$ (Alloway, 1995).

3. Unsur Pb (Timah)

Kandungan Pb total pada tanah pertanian berkisar antara 2–200 ppm. Sumber unsur ini berasal dari berbagai jenis bebatuan. Pada batuan ultrabasik (gabbro) terkandung 1,9 mg Pb/kg, pada andesit 8,3 mg/kg dan pada granit (batuan asam) 22,7 mg/kg batuan. Ada kecenderungan bahwa kandungan Pb meningkat dengan meningkatnya kandungan silika batuan (Nriagu, 1978).

Ion Pb^{++} dapat menggantikan K^+ dalam kisi mineral silikat atau Ca^{++} dalam karbonat dan mineral apatit, memiliki afinitas terhadap S sehingga membentuk mineral galena (PbS) sebagai bahan tambang. Bila dianalogikan dengan unsur-unsur lain, berkemungkinan unsur ini terdapat dalam bentuk terlarut, teradsorpsi pada permukaan liat-humus pada kompleks pertukaran, bentuk endapan, terikat pada oksida-oksida Fe dan Mn serta deposit karbonat alkalin, humus, dan kisi-kisi silikat. Lagerwerf (1972) menyimpulkan bahwa pH dan KTK berpengaruh dalam imobilisasi Pb dan dalam proses ini bahan organik sangat berperan daripada pengendapan dalam bentuk karbonat atau oleh oksida-oksida hidrat. Berkemungkinan pula, asam humik bermolekul tinggi sangat membantu me-imobilisasi Pb yang diberikan ke tanah dan terikat berkordinasi dengan pasangan ion bebas.

Reaksi keseimbangan ikatan Pb^{++} dikemukakan oleh Lindsay (1979) yaitu senyawa-senyawa Pb dalam bentuk oksida, karbonat, sulfat, silikat, fosfat, mineral, hidrolisis dari spesies Pb, kompleks halida, dan lain-lainnya.

Sebagai contoh beberapa reaksi dikemukakan sebagai berikut:

- Pb Tanah, Tanah-Pb $\leftrightarrow Pb^{++}$, $K^0 = 10^{-8,50}$
- Reaksi redoks, $Pb^{++} + 2e^- \leftrightarrow Pb(c)$, $K_0 = 10^{-4,33}$
- Oksida, $PbO + H^+ \leftrightarrow Pb^{++} + H_2O$, $K^0 = 10^{+12,89}$
- Karbonat, $PbCO_3$ (*cerussite*) $2H^+ \leftrightarrow Pb^{++} + (CO)_2 + H_2O$, $K^0 = 10^{+4,65}$
- Fosfat, $PbHPO_4 \leftrightarrow Pb^{++} + H_2PO_4^-$, $K^0 = 10^{-4,25}$
- Mineral, PbS (*galena*) $\leftrightarrow Pb^{++} + S^{-2}$, $K^0 = 10^{-27,51}$
- Hidrolisis, $Pb^{++} + H_2O \leftrightarrow Pb(OH)_2^0 + 2H^+$, $10^{-17,75}$ (hidrolisis)

Pada contoh reaksi di atas menunjukkan pH tanah dapat mempengaruhi kestabilan atau kelarutan senyawa Pb sebagaimana dijelaskan pada reaksi-reaksi unsur sebelumnya.

a. Penambahan Pb ke Tanah

Hasil penelitian di negara-negara Uni Eropa dan Amerika Serikat menemukan bahwa unsur Pb dapat meningkat di permukaan tanah dari sumber luar terutama dari pembuangan gas kendaraan bermotor, industri peleburan logam dan limbah cair. Sumber polusi Pb dari pembakaran minyak bumi dapat mencapai 80% dari total Pb di atmosfer, dan efeknya pada kadar Pb sangat kecil dalam biji, umbi dan akar, dan tidak banyak menyimpang dari kadar jaringan yaitu sekitar 0,5 ppm (Foy *et al.*, 1978). Akumulasi di permukaan daun tanaman bersama debu dapat terjadi bila tidak tercuci oleh air hujan. Kasus kontaminasi Pb dari industri peleburan logam pada penurunan kesuburan tanah terjadi selama tahun 1908–1913 di Inggris, yaitu pada lahan-lahan di sekitar industri peleburan logam, kandungan Pb tanah di sekitar radius 100 m dapat mencapai 30.090 mg Pb/kg (Alloway, 1995).

Hasil analisis kandungan Pb pada beberapa *sewage sludge* di Inggris dilaporkan sekitar 120–3000 mg Pb/kg bahan kering yang berasal dari limbah pedesaan dan kota-kota industri, di Amerika Serikat sekitar 13–19.700 mg Pb/kg yang berasal dari 189 contoh. Aplikasi limbah pada lahan pertanian dapat mengakibatkan terjadinya akumulasi Pb pada tanaman sampai tingkat membahayakan. Pada tahun 1986, Dewan Masyarakat Eropa menetapkan bahwa aplikasi limbah cair pada lahan berulang-ulang diperbolehkan bila penambahan Pb tidak melebihi 50–300 mg/kg bahan kering (Alloway, 1995).

b. Toksisitas Pb

Kadar unsur Pb yang tersedia dalam tanah sangat rendah, tetapi dibutuhkan tanaman dalam jumlah sangat sedikit, sama halnya dengan kebutuhan unsur mikro lainnya. Hasil analisis jaringan tanaman (rerumputan) pada masa pertumbuhan aktif menunjukkan bahwa kandungan Pb berkisar dari 0,3–1,5 mg/kg bahan kering. Beberapa jenis rerumputan tertentu toleran terhadap Pb tersedia berlebihan dalam tanah (Alloway, 1995).

Efek kelebihan unsur Pb pada tanaman belum banyak diketahui, sebab gejala-gejala keracunan unsur ini sukar dibedakan dengan efek unsur mikro lainnya. Pada hewan keracunan Pb mempengaruhi fungsi Fe dalam proses sintesis kompleks haem pada pembentukan *haemoglobin-catalase-peroxidase* (Bryce-Smith, 1975).

4. Unsur Cd (Kadmium)

Unsur Cd tanah terkandung dalam bebatuan beku sebesar 0,1–0,3 ppm, pada batuan metamorfik sekitar 0,1–1,0 ppm Cd, sedangkan pada bebatuan sedimen mengandung sekitar 0,3–11 ppm. Pada umumnya kandungan dalam tanah (tanah berasal dari hasil proses pelapukan dari bebatuan) 1,0 ppm atau lebih rendah (Page and Birmingham, 1973, in Alloway, 1995). Unsur Cd dan Zn memiliki sifat kimia yang hampir serupa, hanya fungsinya dalam tubuh tanaman dan hewan berbeda. Kadar Cd dalam jaringan tanaman berkisar 0,1–1,0 ppm (Lagerwerf, 1972). Akumulasi Cd berlebihan dalam tanah dapat terjadi dari bahan-bahan lain, sebaliknya memberikan efek merugikan pada pertumbuhan tanaman.

Kadar Cd dalam tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah dan fraksi-fraksi tanah yang bersifat dapat mengikat ion Cd. Dengan peningkatan pH kadar Cd dalam fase larutan menurun akibat meningkatnya reaksi hidrolisis, kerapatan kompleks adsorpsi dan muatan yang dimiliki koloid tanah. Disimpulkan pula bahwa pH bersama-sama dengan bahan mineral liat dan kandungan oksida-oksida hidrat dapat mengatur adsorpsi spesifik Cd yang meningkat secara linear dengan pH sampai tingkat maksimum (Pickering, 1980). Selain itu bahan kapur dapat mengendapkan Cd dalam bentuk CdCO_3 dan pada kadar Cd rendah dapat menggantikan Ca^{++} pada permukaan kristal kalsit. Senyawa-senyawa tertentu seperti bahan ligand dapat mempengaruhi aktivitas ion Cd, yaitu membentuk kompleks Cd-ligand yang stabil, gugus-gugus karboksil dan fenoksil berperan mengikat semua unsur logam mikro (Alloway, 1995). Ion Cd^{++} dapat membentuk ikatan kompleks ligand dan diperoleh bahwa dengan ligand klorida membentuk kompleks yang stabil dibanding dengan bahan ligand lainnya (Cotton dan Wilkinson, 1972).

Reaksi unsur Cd dalam tanah dalam berbagai bentuk ikatan/senyawa juga dapat diramalkan seperti unsur Zn, Cu, dan Pb. Reaksi-reaksi keseimbangan tersebut antara lain reaksi redoks, mineral-mineral, hidrolisis, kompleks halide, kompleks ammonia, dan lain-lain (Lindsay, 1979). Sebagaimana dengan logam lainnya, kelarutan, dan kestabilan Cd dipengaruhi oleh keasaman tanah dan senyawa-senyawa anorganik yang terlibat dalam reaksi tersebut. Beberapa contoh reaksi Cd disajikan sebagai berikut:

- Reaksi redoks, $\text{Cd}^{++} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cd} (\text{c}), K^0 = 10^{-13,64}$
- Mineral *octavite*, $\text{CdCO}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{Cd}^{++} + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}, K^0 = 10^{+6,16}$
- Hidrolisis, $\text{Cd}^{++} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2^0 + 2\text{H}^+, K^0 = 10^{-20,30}$
- Kompleks halida, $\text{Cd}^{++} + 2\text{Cl}^- \leftrightarrow \text{CdCl}_2^0, K^0 = 10^{+2,60}$
- Ikatan dengan ion lain, $\text{Cd}^{++} + \text{H}_2\text{PO}_4^{--} \leftrightarrow \text{CdHPO}_4^0 + \text{H}^+, K^0 = 10^{-4,0}$

a. Penambahan Cd ke Tanah

Penambahan Cd pada tanah terjadi melalui penggunaan pupuk fosfat, pupuk kandang, dari buangan industri yang menggunakan bahan bakar batubara dan minyak, buangan inkineratur (tanur) dan *sewage sludge* (Alloway, 1995).

Peningkatan Cd melalui penggunaan pupuk fosfat sangat bervariasi tergantung dari jenis batuan fosfat (fosforit) sebagai bahan industri pupuk fosfat. Hasil penelitian di Amerika Serikat membuktikan bahwa pemupukan fosfat dari batuan fosforit florida meningkatkan kadar Cd tanah 0,3–1,2 g Cd/ha/tahun, dan penggunaan pupuk fosfat lainnya yang mengandung 174 ppm Cd memberikan 100 g Cd/ha/tahun (Alloway, 1995). Batuan fosforit pada umumnya mengandung 0–500 ppm Cd. Sedangkan penggunaan pupuk kandang dalam jangka panjang meningkatkan kadar Cd jauh lebih besar dibanding dengan dengan pemupukan batuan fosfat.

Kontribusi Cd dari deposit atmosfer pada umumnya terjadi di wilayah-wilayah industri yang menggunakan bahan bakar batubara dan minyak serta buangan limbah. Di Eropa secara global kontribusi Cd dari sumber tersebut dapat mencapai 19,7 sampai 1631,4 ton/tahun (Pacyna, 1987).

Negara-negara Eropa dan Amerika dan juga Jepang memiliki industri peleburan bahan tambang yang memproduksi limbah mengandung unsur seperti Cd yang cukup tinggi sebagai bahan polusi. Di Inggris, kandungan Cd pada tanah 300 m di sekitar tumpukan bahan olahan telah mengalami polusi yang dapat mencapai angka 3,3 kg Cd/tahun, di Amerika 750 mg Cd/kg tanah (Alloway, 1995). Pada masa lalu penelitian berbagai limbah pada umumnya dimulai di negara-negara Eropa dan Amerika Serikat. Limbah tersebut antara lain berasal dari industri ban dan buangan dari berbagai industri, dan juga dari ekskresi manusia yang ternyata mengandung Cd. Kandungan Cd ini bervariasi, di Inggris berkisar antara 17 dan 23 mg/kg bahan kering limbah (Williams dan Davis, 1973). Lahan yang diperlakukan dengan menggunakan limbah yang telah diolah dengan teknologi, kadar Cd tanah jauh menurun yaitu dari 9,0 mg Cd/kg pada periode tahun 1980/81 menjadi 3,2 mg Cd/kg bahan kering pada periode 1980/1990. Aplikasi limbah pada lahan diperbolehkan bila kadar Cd tanah tidak melebihi 3,0 mg Cd/kg bahan kering (Alloway, 1995).

b. Toksisitas Cd

Unsur Cd memiliki sifat kimia yang hampir sama dengan Zn terutama dalam proses penyerapan oleh tanaman dan tanah. Namun Cd lebih bersifat racun yang dapat mengganggu aktivitas enzim. Kadar Cd yang berlebihan dalam

makanan dapat merusak fungsi ginjal sehingga mengganggu metabolisme Ca dan P, serta menimbulkan penyakit tulang (Mengel dan Kirkby, 1981).

Di Jepang, pada masa sebelum dan sesudah Perang Dunia II, terjadi polusi cukup berat pada tanah sawah yang berasal dari pabrik peleburan Pb-Zn. Sehingga menimbulkan penyakit yang disebut *itai-itai* yang disebabkan keracunan logam Cd. Kandungan Cd rata-rata pada beras meningkat mencapai 10 kali dari 0,07 mg Cd menjadi 0,7 mg/kg bahan segar, dapat mencapai maksimum sebesar 3,4 mg Cd/kg (Fasset, 1980, dalam Alloway, 1995).

III. DISKUSI

Sebagian besar mineral-mineral Zn, Cu, Pb, dan Cd terlarut dalam suasana lingkungan asam (pH rendah) dan kadar unsur yang terlarut secara alami masih dalam batas-batas normal bagi pertumbuhan tanaman, kecuali pada tanah-tanah masam ketersediaannya cukup tinggi. Keracunan akan terjadi bila kadarnya melewati ambang batas dan keracunan ini tidak saja terjadi pada tanaman, tetapi juga pada hewan ternak dan manusia serta kehidupan mikroorganisme dalam tanah, terutama akibat unsur Pb dan Cd.

Di negara-negara Uni Eropa dan Amerika Serikat sebelum abad XX *sewage sludge* sebagai limbah tinja pada mulanya diaplikasikan ke lahan pertanian untuk kebutuhan pupuk N dan P ternyata mengandung Zn, Cu, Pb, dan Cd, dan unsur-unsur lainnya. Akibat penggunaan limbah ini terus menerus terjadi akumulasi unsur-unsur logam sehingga merusak kesuburan tanah, bahkan menurunkan kualitas lahan. Kualitas lahan yang menurun akibat aplikasi limbah ditandai dengan gangguan terhadap keragaman hayati baik di dalam lapisan tanah maupun di permukaan tanah (USDA, 1998). Khusus unsur Cd selain dari limbah juga diakibatkan oleh penggunaan pupuk fosfat dari batuan fosfat dan pupuk kandang. Kemudian setelah pengolahan limbah sebelum diaplikasikan, efek kontaminasi unsur-unsur logam pada tanah dapat dihindarkan.

Pengendalian unsur-unsur logam dalam tanah dapat dilakukan dengan memahami sifat-sifat kimianya, sehingga kita dapat meramalkan pada kondisi lingkungan kimia yang bagaimana agar unsur-unsur logam tersebut menjadi stabil. Tindakan pengapuran, penggenangan, dan penggunaan bahan organik dapat dilakukan khususnya untuk mengontrol unsur logam pada tanah maupun pada limbah. Pengapuran bertujuan untuk menaikkan pH sekitar 7,0 sehingga kelarutan ion-ion logam menurun, tetapi dengan cara ini membutuhkan biaya cukup mahal. Penggenangan dapat dilakukan

seperti pada tanah sawah, membuat balong (danau buatan) di daerah cekungan. Tujuan penggenangan adalah untuk menurunkan keasaman. Penggenangan sekitar 50 hari dapat meningkatkan pH menjadi alkalin (Lahuddin dan Nasution, 2006) dan redoks potensial menurun pada tingkat yang rendah sehingga kondisi lingkungan kimia bersifat anaerob. Pada suasana reduktif ion-ion logam seperti Zn^{++} , Cu^{++} , Pb , dan Cd^{++} berpeluang untuk bereaksi dengan sulfida membentuk ZnS , CuS , PbS , dan CdS .

Penggunaan bahan organik dalam menetralkan unsur-unsur logam sudah lama dianjurkan terutama pada lahan-lahan pertanian. Bahwa dalam proses dekomposisi bahan organik dihasilkan asam-asam organik yang berperan dalam meningkatkan daya adsorptif tanah seperti menjerat (fixation), mengkhelat (chelation) atau membentuk senyawa kompleks bersama ion-ion logam (Bohn *et al.*, 1979). Lahuddin dan Sukirman (1999) telah membuktikan bahwa pemberian kompos (dari bahan kulit durian segar) dapat menurunkan kadar logam aluminium seperti Al^{3+} dalam tanah, bahkan dapat mereduksi penggunaan kapur dalam meningkatkan pH tanah. Penggunaan pupuk organik segar membutuhkan biaya besar, karena membutuhkan 20 sampai 30 ton/ha. Cara lain adalah menanam pupuk hijau secara periodik. Perombakan pupuk hijau dalam tanah menghasilkan asam-asam organik yang dapat membentuk senyawa organik kompleks dan juga meningkatkan bahan organik tanah yang belum terkontaminasi dengan unsur-unsur logam.

IV. KESIMPULAN

Unsur-unsur logam di dalam tanah berasal dari pelarutan mineral-mineral. Unsur logam Zn dan Cu sebagai unsur hara mikro esensial dan Pb dan Cd sebagai unsur hara mikro non-esensial di dalam tanah memiliki sifat-kimia yang sama.

Tingginya kadar Zn, Cu, Pb, dan Cd dalam tanah, selain sifat tanah yang asam dapat juga terjadi akibat penambahan dari luar seperti penggunaan limbah yang mengandung unsur logam yang tinggi, khusus unsur Cd peningkatannya dapat diakibatkan oleh pupuk kandang dan pupuk batuan fosfat.

Pada tanah-tanah yang mengandung unsur mikro yang berlebihan bagi pertumbuhan tanaman dapat dikendalikan dengan menstabilkan ion-ion logam dalam larutan tanah yaitu dengan cara pengapuran, penggenangan dan pemberian bahan organik. Penanaman pupuk hijau secara periodik untuk mengurangi aktivitas ion-ion logam lebih efektif, karena pupuk hijau

ini bersifat ganda yaitu selain meningkatkan bahan organik tanah, juga menghasilkan asam-asam organik yang membentuk kompleks organik yang dapat mengadsorpsi atau menjerat kation-kation logam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Guru Besar Tetap adalah jabatan akademik tertinggi yang diberikan oleh Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang dikukuhkan dalam rapat terbuka Universitas Sumatera Utara. Jabatan ini adalah hasil suatu proses sejak dari asisten sampai pada saat ini. Dalam mengikuti proses tersebut, kami banyak mengalami gerak maju mundur dan berkat rahmat Allah SWT, akhirnya kami diberikan gelar jabatan Guru Besar Tetap pada Universitas Sumatera Utara.

Pertama, kepada Rektor Universitas Sumatera Utara, Prof. Dr. Chairuddin P. Lubis, DTM&H, SpA(K) beserta jajarannya, saya beserta keluarga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang diberikan kepada kami, baik dalam hubungan pribadi maupun dalam hubungan kedinasan.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada seluruh anggota Dewan Guru Besar dan Anggota Senat Akademik USU yang berkenan memberikan kepercayaan dan kehormatan kepada saya sebagai Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Kesuburan Tanah pada Fakultas Pertanian USU.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Dekan Fakultas Pertanian USU beserta jajarannya, staf pengajar, dan pegawai Fakultas Pertanian USU yang selalu memberikan bantuan dan kerja samanya dalam melaksanakan tugas kependidikan di fakultas.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Departemen Ilmu Tanah yang saat ini dipimpin oleh Dr. Ir. A. Rauf dan Ir. Bintang Sitorus, serta seluruh staf pengajar atas dorongan, bantuan dan kepercayaannya kepada saya untuk memperoleh Jabatan Guru Besar dalam Bidang Ilmu Kesuburan Tanah pada Fakultas Pertanian USU.

Ucapan terima kasih yang seikhlas-ikhlasnya saya sampaikan kepada dosen-dosen saya di Fakultas Pertanian USU, Prof. Dr. Ir. A. Dardak, Prof. Dr. Ir. Tabas Pandia (alm.), Ir. Paul Wibowo (Ir. Oei Giok Ie, Staf Balai Penelitian Rispa Kp. Baru, sekarang Balai PKS Kp. Baru Medan), Ir. Julizar Latief, Ir. P. Simatupang, Ir. B. Aritonang (alm.), Ir. A. Muin Lubis (alm.), demikian juga kepada Ir. O. Hutagalung (alm.), Prof. Ir. MPL. Tobing, Ir.

Sutedjo, MSc (alm.), Prof. Dr. Ir. J. A. Napitupulu, Prof. Dr. Ir. Meneth Ginting, Made dan tidak lupa kepada Dr. Mustafa Madjnu, Ir. Nurbeina Usman (alm.) dan Ir. C.U. Marbun. Demikian juga kepada dosen-dosen saya di IPB–Bogor, Prof. Dr. Ir. M. Weiss (alm.), Prof. Dr. Ir. Guswono Supardi, Prof. Dr. Ir. Hari Suseno (alm.) dan lain-lain yang tak disebutkan di sini. Mereka semua memberikan berbagai makna kepada saya sehingga saya dapat berdiri dalam sidang pengukuhan ini. Demikian juga kepada kakanda Ir. Fachri Djas, baik semasa masih sama-sama mahasiswa maupun pada saat menjadi dosen di Fakultas Pertanian USU, selalu memberikan perhatian pada saya, untuk itu saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Khusus kepada bapak Prof. Dr. Ir. A. Dardak, sebagai asisten beliau, saya selalu diajak dalam kegiatan-kegiatan penelitian dan terakhir mendirikan KPK-IPB-USU yang sekarang SPS USU, saya mengucapkan terima kasih dengan tulus atas pengalaman-pengalaman, didikan formal dan informal yang diberikan kepada saya.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Hakim Nasution (alm.), di mana pada perkenalan pertama di Fakultas Pertanian USU bersama-sama dengan Bapak Prof. Ir. MPL. Tobing dan Bapak Ir. A. Muin Lubis (alm.), setelah diwawancarai saya diperkenankan untuk mengikuti sekolah pascasarjana di IPB–Bogor pada tahun 1977 – 1979.

Saya mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada guru-guru saya di Sekolah Rakyat “Yosua” Medan, khususnya kepada Bapak Drs. Cholidin Nasution (alm.) dan Ibu Zahara yang telah mendidik saya di tingkat dasar. Mereka selalu mengajak saya untuk menyelesaikan tugas-tugas administrasi terutama pada setiap akhir ujian kenaikan kelas. Kegiatan ini memberikan pengalaman dan kesan tersendiri bagi saya, yang memotivasi saya agar menjadi siswa yang berprestasi.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Pembantu Rektor I USU Prof. Dr. Ir. Sumono yang banyak membantu saya sejak pengusulan sampai dengan pengukuhan Guru Besar Tetap USU pada hari ini.

Pada saat-saat *injury time* dalam proses pengusulan saya menjadi Guru Besar Tetap USU saya tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada Pembantu Rektor II, Drs. Subhilhar, MA, dan Bapak Prof. Sanwani Nasution, SH atas bantuannya.

Kepada Drg. Saidina Hamzah sekeluarga, saya mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya atas bantuan yang diberikan kepada kami, baik dalam hubungan sehari-hari telah banyak membantu kami.

Kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Alumni Fakultas Pertanian USU yang dipimpin oleh Saudara Ir. Razali dan Ir. Dahlan Harahap atas motivasi, bantuan moral, dan material sehingga saya berhasil memperoleh Guru Besar Tetap USU. Demikian juga kepada Ir. Isman Nuriadi sekeluarga, Ir. Sukri, Ir. Yusuf Husni, Ir. Sukirman, atas segala bantuan yang diberikan kepada kami.

Pada waktu pertemuan alumni Fakultas Pertanian USU di Pekanbaru, saya diundang bersama Ir. Erwin Ma'aruf, MS. Kami disambut hangat oleh alumni yang hampir-hampir terlupakan, 27 tahun yang lalu kami sentuh dengan halus dan kasar di Kampus Fakultas Pertanian USU, kemudian menghilang tanpa ada berita. Atas sambutan dan budi baik yang diberikan kepada kami, pada kesempatan ini secara khusus kami mengucapkan terima kasih kepada adinda Ir. Fidber Chaniago, MSi, Ir. Sujoko, Ir. Sarkawi, Ir. Samsul Rizal Lubis, Ir. Kasta Karo-Karo, Ir. Erwin Nasution, Ir. Mulyono, BSc, dan lain-lain yang tidak tersebutkan namanya di sini.

Kepada sahabat kami Ir. Rahimah Alf, Ir. OK. Nazaruddin Hisyam, MS dan istri, Ir. Erwin Ma'aruf, MS dan istri, Ir. Ahmad Huzaini, MS (alm.), Prof. Dr. Ir. Sumono, MS dan istri, kami mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya atas bantuan yang telah diberikan kepada kami sewaktu studi di IPB-Bogor. Ketika itu kami menerima musibah, putra kami yang ketiga meninggal dalam kandungan, dukacita kami terobati berkat adanya para sahabat mendampingi kami.

Pada hari Jumat tanggal 9 Februari 2007 (hari lahir saya) saya menghadap Bapak Rektor Prof. Dr. Charuddin P. Lubis, DTM&H, SpA(K) bersama dengan Pembantu Rektor V Ir. Isman Nuriadi. Kami berbicara hanya beberapa menit, secara spontan saya diberi kado hari lahir saya oleh beliau berdua. Kado tersebut saya terima dengan perasaan haru yang tak terhingga. Selain itu sejak proses awal dalam pengusulan Guru Besar Tetap USU sampai final sangat banyak bantuan yang diberikan kepada saya. Untuk itu kami sekeluarga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan setulus-tulusnya.

Kepada Dekan Fakultas Pertanian USU, Prof. Ir. Zulkifli Nasution, PhD, secara khusus kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan yang diberikan. Pada saat-saat akan berakhir masa pengabdian

saya di USU beliau terus menerus memotivasi saya untuk mendapatkan Guru Besar Tetap USU.

Demikian juga kepada adinda Ir. Mukhlis, MS, Ir. Supriadi, MS, Ir. MMB. Damanik, MSc, Ir. Lahmuddin Lubis, MSi dan Ir. Irsal, MSi, yang telah banyak memberikan perhatian dan bantuannya untuk persiapan pengukuhan saya ini, saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

Saya merasa sedih karena dalam usia sudah lanjut, saya harus surut dari gelanggang pengabdian di USU, tetapi juga saya gembira melihat pertumbuhan dan perkembangan khususnya di Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USU. Sewaktu saya studi di IPB-Bogor saya melihat kemajuan-kemajuan yang dicapai Jurusan Ilmu Tanah IPB-Bogor. Ketika saya kembali setelah menyelesaikan studi, saya ditugaskan menjabat Ketua Jurusan Ilmu Tanah, saya sarankan kepada rekan-rekan di Jurusan Ilmu Tanah agar menentukan minat dan mengikuti program studi S2 dan S3 sesuai dengan minat masing-masing agar Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USU dapat mengikuti kemajuan-kemajuan yang telah dicapai di IPB-Bogor. Sekarang Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USU jauh lebih maju dan berkembang dibandingkan sewaktu saya menjabat ketua jurusan, baik dalam bidang sumber daya manusianya maupun dari segi sarana yang tersedia saat ini. Hal inilah yang menggembirakan saya.

Kepada istri saya Nurwelis Sikumbang, atas pengabdianmu tanpa pamrih dalam membina rumah tangga terutama dalam masa-masa sulit penuh duka kita hadapi bersama-sama, dengan rasa cinta yang sedalam-dalamnya saya mengucapkan terima kasih. Demikian juga kepada ibu mertua Zanewar dan Bapak St. Razali (alm.) saya mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya atas bimbingan dan nasihat-nasihat selama ini. Kepada putra-putriku, Wahyu Abdillah-Susi Manawiyah Harahap, Wim Iqbal Nursal, Alfi Syahrin, dan Qori Amalia, dengan penuh rasa kasih sayang kami selalu mengharapkan dan mendoakan kalian agar menjadi insan yang berguna dan memberikan manfaat bagi keluarga dan masyarakat.

Kepada kedua orang tuaku, Bagindo Musa dan Zulbaidah serta saudara-saudaraku, bahwa semasa saya masih remaja, saya mengetahui harapan yang dibebankan kepada saya. Saya mengucapkan terima kepada kedua orang tua yang telah mendidik saya dengan penuh kasih sayang, dan kepada saudara-saudaraku, kakanda Zulkifli (alm.), Muslim, adinda Bachtaruddin, Busmi, Suhasmi, Zusnedi, Zusman, Zulhafani, dan Ernawati saya mohon maaf atas harapan yang dibebankan kepada saya belum

terpenuhi. Khusus kepada kedua adinda Ir. Bachtaruddin dan Jusniar, saya mengucapkan terima kasih atas bantuannya selama ini.

Kepada staf pengajar dan pegawai Fakultas Pertanian USU yang tak disebutkan namanya saya mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan kerja samanya selama saya mengabdikan di Fakultas Pertanian USU. Seorang guru pernah mengatakan kepada saya: "Sekecil apapun kebaikan orang padamu tidak boleh engkau lupakan, sebesar apapun yang kau berikan kepada orang jangan diingatkannya, yang kau terima, terimalah dengan ikhlas, yang kau berikan lepaskanlah dengan ikhlas".

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT, saya akhiri pidato ilmiah ini disertai ucapan terima kasih kepada hadirin sekalian.

Wabillahi taufik walhidayah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriano, D. C., G. M. Paulsen, and L. S. Murphy. 1971. *Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationship in corn (Zea mays L.) seedlings as affected by mineral nutrition*. Agron. J. 63: 36–39.
- Alloway, B. J. 1975. *Heavy Metals in Soils*. 2rd Edition. Blackie Academic & Professional - Chapman & Hall. London-Glasgow-Wenheim-New York. Tokyo–Melbourne–Madras. 368 p.
- Antonovics, J., A. D. Bradshaw and R. G. Turner. 1971. *Heavy metal tolerance in plants*. Adv. In Ecol. Res. 7: 1–85.
- Baker, D. E., D. R. Bouldin, H. A. and J. R. Miller. (Eds.) 1985. *Criteria and Recommendations for Land Application of Sludge in the Northeast*. Pennsylvania State Univ., Agri. Exp. Sta. Bull. 851.
- Bryc-Smith, D. 1975. *Heavy metals as contaminants of the human environment*. The Educational Techniques Subject Group. Chemistry Cassette. The Chem. Soc. London.
- Carles, J., J. Calmes, J. Magny and R. Polou. 1969. *The distribution of zinc and its toxicity in plants*. C. R. Acad. Sci. (Paris), Ser, D. 268: 516–519.
- Cotton, A. F. and G. Wilkinson. 1972. *Advanced inorganic chemistry*. 3rd Ed. Interscience Publisher. New York.
- Daniel, R. R., B. E. Stuckmeyer and L. A. Peterson. 1972. *Copper toxicity in Phaseolus vulgaris L.* as influenced by iron nutrition. I. An anatomical study. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 9: 249–254.
- Fasset, D. W. 1980. *In Metals in the Environment*, ed. Waldron, H. A. Academic Press, London, p. 61–110.
- 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.
- Gumbira-Said, E. 1994. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Industri Sawit*. Badan Kerja sama Pusat Studi Lingkungan Riset Unggulan Terpadu (RUT I 93/94).

- Hodgson, J. F. W. L. Lindsay and J. F. Trierwieler. 1966. *Micronutrient cation complexing in soil solution*. Complexing of zinc and copper in displacing solution from calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 723–726.
- Juste, C. and Mench, C. 1992. *Biochemistry of Trace Metals*, ed. Adriano D. C. Lewis Publishers, Boca Raton. Chapter 7.
- Lahuddin dan Sukirman. 2005. *Efek Inetraksi Perlakuan Kompos Kulit Durian dan Kapur pada Tanah Asam terhadap Keasaman Tanah, P tersedia, Al yang dapat Dipertukarkan*. Makalah dalam Prosiding Seminar PTN-BKS Barat UNAND Padang, 2005.
- Lahuddin, Ir. MS and Zulkifli Nasution. (2006). *The Influence of fertilizers, NaHCO₃, soil type on chemistry of flooded soils and plant growth*. Wetland Science 3: 161–167.
- Lahuddin dan Muklis. 2007. *Kimia Tanah*. Dept. Ilmu Tanah Faperta USU. (Dalam Proses Penerbitan).
- Lagerwerf, J. V. 1972. *Lead, mercury and cadmium as environmental contaminants*, p. 593–636. In: *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Soc. America, Madison, Wisconsin, USA.
- Lindsay, W. L. 1972. *Zinc in soils and plant nutrition*. Ad. in Agron. 42: 147–186.
- Lindsay, W. L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York-Chichester-Brisbane-Toronto. 448 p.
- Mengel, Dr. Konrad and E. A. Kirby. 1978. *Principles of Plant Nutrition*. 3rd ed. International Potash Institute. P.O. Box, CH-3048 Worblaufen-Bern/Switzerland. 655 p.
- Nriagu, J. O. 1978. *The Biochemistry of Lead*. Elsevier Biomedical Press.
- Pacyna, J. M. 1987. *Lead, Mercury and Arsenic in the Environment*. SCOPE 31, eds. T.C. Hutchinson and K. M. Meema, John Wiley, Cichester, p.69–87.

- Pickering, W. 1980. *Cadmium in the Environment*. Part I Ecological Cycling, ed. J. O. Nriagu. John Wiley, New York.
- Sixt, H. 1994. *The application of recycling technology of palm oil mill factory*. Prosiding Seminar Sehari Pemanfaatan Limbah Padat/Cair Menjadi Energy dengan Teknologi Daur Ulang. Jakarta, 7 Februari.
- USDA. 1998. *Soil Quality Resource Concerns: Soil Biodiversity*. USDA Natural Resource Concern.
- Warneke, D. D., and S. A. Barber. 1973. *Diffusion of zinc in soils: III. Relation to zinc adsorption isotherms*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 355–358.
- William, D. E. and D. J. David. 1973. *The effects of superphosphate on the cadmium content of soils and plants*. Australian J. Soil Research 11: 43–56.

RIWAYAT HIDUP

I. DATA PRIBADI

Nama : Ir. Lahuddin, MS
NIP : 130 365 307
Jabatan : Guru Besar Tetap Bidang Ilmu Kesuburan Tanah
pada Fakultas Pertanian USU
Pangkat/Golongan : Pembina Utama/IVc
Agama : Islam
Tempat/Tanggal Lahir : Palembang/9 Februari 1942
Alamat : Jln. Nazir Alwi 21 Medan (20154)
Nama Ayah : Bagindo Musa (alm.)
Nama Ibu : Zulbaidah (alm.)
Istri : Nurwelis
Anak : 1. Wahyu Abdillah, ST (Arsitektur-USU Medan)
2. Wim Ikbal Nursal, SHut, MSc (IPB-Bogor)
3. Alfi Syahrin, AMd
4. Qori Amalia (Mahasiswa Fak. Sastra Jepang USU)

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

Pendidikan formal:

1. SR Yosua Medan (1956)
2. SMP Negeri II Medan (1959)
3. SMA Negeri V Medan (1962)
4. Sarjana Pertanian USU Medan-Kesuburan Tanah (1974)
5. Magister Sains IPB Bogor-Ilmu Tanah (1979)

Pendidikan tambahan:

1. Penataran Tenaga Peneliti di Perguruan Tinggi–Diselenggarakan oleh Depdikbud RI, di Medan, 10 s.d. 21 Januari 1977.
2. Penataran Tenaga Perencana Universitas Sumatera Utara–Diselenggarakan oleh Sub Proyek Penataran Tenaga Perencana USU di Medan, 2 s.d. 6 Februari 1981.
3. Kursus Latihan Analisa Dampak Lingkungan–Diselenggarakan oleh Pusat Kajian Lingkungan Hidup USU di Medan, 21 s.d. 29 Agustus 1981.
4. Akta Mengajar V–Diselenggarakan oleh Depdikbud RI/Dikti di Medan, 1982 s.d. 1983. Ijazah Kompetensi Mengajar di Perguruan Tinggi, No. 044/01/02/83.

5. Kursus Intensif Bahasa Inggris–Diselenggarakan oleh Pusat Pengabdian Masyarakat Universitas Sriwijaya Palembang, 26 Maret s.d. 2 Juni 1984.
6. Workshop of Syllabus & Objectives preparation in Soil Sciences – Diselenggarakan oleh MUCIA–USU Medan Project, 26 s.d. 27 Oktober 1986.
7. Kursus Intensif Bahasa Inggris–Diselenggarakan oleh Fakultas Pascasarjana IKIP Negeri Malang, 13 Oktober 1986 s.d. 10 Januari 1987

III. RIWAYAT JABATAN/PANGKAT/GOLONGAN

1. 1 Juni 1973 : Asisten Muda/Pengatur Muda Tkt. I/Gol. IIb
2. 1 Oktober 1974 : Asisten Ahli Madya/Penata Muda/Gol. IIIa
3. 1 Oktober 1976 : Asisten Ahli/Penata Muka Tkt. I/Gol. IIIb
4. 1 April 1979 : Lektor Muda/Penata/Gol. IIIc
5. 1 April 1981 : Lektor Madya/Penata Tkt. I/Gol. IIId
6. 1 Oktober 1984 : Lektor/Pembina/Gol. IVa
7. 1 April 1988 : Lektor Kepala Madya/Pembina Tkt. I/Gol. IVb
8. 1 April 1993 : Lektor Kepala/Pembina Tkt. I/Gol. IVb
9. 1 Oktober 1993 : Lektor Kepala/Pembina Tkt. I/Gol. IVc

IV. RIWAYAT PEKERJAAN

1. Tahun 1964–1973 sebagai asisten mahasiswa di Lab. Kimia Tanah dan Lab. Zoologi Fakultas Pertanian USU
2. 1 Juni 1973 sebagai Asisten Muda Gol. IIb di Lab. Kimia Tanah
3. Tahun 1974 Staf Pengajar di Bagian Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian USU
4. Tahun 1974 – 1977 Staf Pengajar dalam matakuliah Fisika Tanah
5. Tahun 1980 – 1986 Staf Pengajar dalam matakuliah Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian USU
6. Tahun 1983 – 1986 menjabat Ketua Jurusan Ilmu Tanah
7. Tahun 1986 – sekarang Staf Pengajar dalam matakuliah Dasar-Dasar Ilmu Tanah dan Kimia Tanah
8. Tahun 1995 – 1998 menjabat sebagai Pembantu Dekan III Fakultas Pertanian USU

V. RIWAYAT ORGANISASI

- Anggota Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI)
- Anggota Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia (MKTI)

VI. TANDA PENGHARGAAN

- Tahun 2005, Piagam Tanda Kehormatan XXX Tahun Republik Indonesia, oleh Presiden Republik Indonesia.

VII. KARYA ILMIAH

Dalam Majalah Ilmiah

1. Lahuddin. 1975. *Transformasi Nitrogen pada Tanah Sawah (Tanah Tergenang)*. Majalah Kultura: Tahun X, No.51.
2. Lahuddin, MMB. Damanik dan Zulkifli Nasution. 1986. *Beberapa Perspektif Penelitian Boron*. Kultura No. 115/116.
3. Lahuddin. 1988. *Pengaruh Pemberian Abu Janjang Kelapa Sawit terhadap Hasil Biji Jagung*. Buletin Pertanian UISU, No.7.
4. Lahuddin. 1989. *Pengaruh Abu Janjang Kelapa Sawit terhadap B dan Zn dalam tanah*. Buletin Pertanian UISU, No. 84.
5. Nasution Zulkifli, Lahuddin, H. Hutabarat, M.M. Damanik dan M. D. Ritonga. 1990. *Evaluasi Lahan Kebun Percobaan Paya Gajah untuk Tanaman Kelapa*. Kultura, Fak. Pertanian USU, No. 120.
6. Lahuddin. 1990. *Pengaruh Pemupukan N dan Abu Janjang Kelapa Sawit pada Tanaman dan Kimia Tanah*. Kultura, Fak. Pertanian USU, No. 120.
7. Erwin Nya' Acoeb, Lahuddin. 1990. *Pengaruh Pemakaian Pupuk KCl dan K_2SO_4 terhadap Kandungan Hara Daun Serta Produksi Tembakau Deli*. Kultura, Fak. Pertanian USU, No.121.
8. Sutarta, E. S., Luthfi I. Nasution, Alexander Manurung dan Lahuddin Musa. 1991. *Pemakaian Garam Laut untuk Pemupukan Bibit Kelapa*. Bul. Manggar PPP Bandar Kuala, Vol. 4 No. 2.
9. Darnosarkoro, W., Sudirman Yahya, Sutedjo dan Lahuddin Musa. 1991. *Pengaruh Pemupukan Zn dan B terhadap Pertumbuhan dan Serapan Hara oleh Bibit Kelapa*. Bul. Manggar PPP Bandar Kuala, Vol. 4 No. 2.
10. Nasution Zulkifli, Hardy Guchi dan Lahuddin. 1995. *Evaluasi Kesuburan Tanah Kebun Gergas Utama Kabupaten Langkat*. Kultura No. 135 Tahun XXVI.
11. Lahuddin, Zulkifli Nasution, B. E. Hasibuan dan Rizal Sagala. 1996. *Pengaruh Kelembaban Tanah terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Kedelai (*Gycine max.* L. Merrill) dari berbagai Jenis Pupuk*. Kultura Tahun XXVII No. 138.
12. Lahuddin. 1996. *Pengaruh Kompos Blotong terhadap Beberapa Sifat Fisik dan Kandungan Unsur Hara serta Hasil Tanaman Jagung*, Jurnal Penelitian Pertanian UISU, Vol. 15, No. 1.

13. Darsiman, Sitanala Arsyad, Lahuddin dan Nazaruddin Hisyam. 1996. *Pengaruh Mulsa dan Dosis NPK terhadap N, P, dan K Terlindi dalam lysimeter yang Ditanami Tebu*, Jurnal Penelitian Pertanian USIU, Vol. 15, No. 3.
14. Lahuddin. 1998. *Pengaruh Abu Janjang Kelapa Sawit terhadap Kadar Unsur Mikro Fe, Zn, B, Na, dan C Tanah Serta Produksi Kedelai (Glycine max, L. Merrill)*. Maj. Ilmiah "Al Jamiah" USU, No. 1.
15. *Efek Kandungan Air Tanah dan Pemupukan P terhadap P Tersedia Tanah dan Serapan P oleh Tanaman*. Jurnal Ilmiah Pertanian KULTURA. Vol. 40, No. 1, Tahun 2003.
16. Lahuddin. 2005. *Efek Perlakuan Kandungan Air Tanah dan Kompos Blotong terhadap Tegangan Air Tanah, Serapan N dan Pertumbuhan Tanaman*. Jurnal Stigma. An Agric. Sci. J. 3: 448–452.
17. Lahuddin, Ir. MS and Zulkifli Nasution. (2006). *The Influence of Fertilizers, NaHCO₃, Soil Type on Chemistry of Flooded Soils and Plant Growth*. Wetland Science 3: 161–167.

Seminar

1. A. Dardak dan Lahuddin. 1981. *Pembandingan Metoda DRIS dengan Kriteria Kecukupan pada Tanaman Kedelai untuk Hara N, P, dan K*. Prosiding Kongres HITI III Nasional Malang, 1981.
2. Julizar Latief dan Lahuddin. 1981. *Penjajagan Kesuburan Tanah Alluvial dan Glei Humus Area Transmigrasi Aek Naetek Sumatera Utara*. Prosiding Kongres HITI III Nasional Malang, 1981.
3. Lahuddin, *Peranan Tanah Mineral, Pengapuran dan Pemupukan dalam Memperbaiki Tanah Gambut*. Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian, FP. UISU 1989.
4. Lahuddin. 1999. *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Pupuk di Indonesia*. Prosiding Seminar PTN-BKS Barat, UNRI Pekanbaru Riau, 1999.
5. Lahuddin. 1999. *Pengaruh Kompos Kulit Durian (Husk-Pulp Compost of Durio zibethinus) terhadap Produktivitas Lahan Pekarangan*, Makalah Seminar dalam Prosiding Kongres Nasional VII HITI, Bandung 2 s.d. 4 November 1999.
6. Lahuddin dan Sukirman. 2005. *Efek Interaksi Perlakuan Kompos Kulit Durian dan Kapur pada Tanah Asam terhadap Keasaman Tanah, P tersedia, Al yang dapat Dipertukarkan*. Makalah dalam Prosiding Seminar PTN-BKS Barat UNAND Padang, 2005.
7. Lahuddin. 2006. *The Role of Husk-Pulp of Durian Fruits to Improve Soil Productivity*, Paper in Proceeding The Fifth Regional IMT-GT Conference & International Seminar, 22 to 23 June, 2006 in Medan.

Pengalaman Penelitian

1. Ketua Tim Survai Tanah dan Rumput-rumputan Proyek Peternakan Sapi Potong di Hutaimbaru Kecamatan Padang Bolak, Kabupaten Tapanuli Selatan, Agustus 1975.
2. Anggota Tim Survai Tanah Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) Rokan Barat, Provinsi Riau, 1976.
3. Anggota Tim Survai dan Pemetaan Tanah Daerah Kateman (P4S), Provinsi Riau, 1976.
4. Anggota Tim Penelitian Tanah Daerah Sitiung, 1979.
5. Anggota Tim Semi Detailed Soil Survey of the Rawa Kramat Area, Lampung Province, 1980.
6. Anggota Tim Semi Detailed Soil Survey of Rawa Pisang Area, Lampung Province, 1980.
7. Anggota Tim Survai Tanah Daerah Kota Lama, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, 1980.
8. Anggota Tim Pemetaan Tanah Semi Detail di Daerah Taluk Kuantan, Provinsi Riau, 1981.
9. Anggota Tim Survai dan Pemetaan Tanah WPP Sinunukan Provinsi Sumatera Utara, 1981.
10. Anggota Tim Penjajagan kesuburan tanah Alluvial dan Glei Humus Area Transmigrasi Aek Naetek. Provinsi Sumatera Utara, 1981.
11. Anggota Tim Survai Kapabilitas Lahan Daerah Daerah Transmigrasi SKP-D/WPP-X Bangkinang, Provinsi Riau, 1982.
12. Anggota Tim Survai Peternakan Daerah Kecamatan Padang Bolak, Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara, 1982.
13. Ketua Tim Proyek Pengaruh Pengapuran dan Pemupukan Fosfat terhadap Ketersediaan P pada Podsolik Merah Kuning dan Efeknya pada Tanaman, 1983.
14. Ketua Tim Penelitian Pengaruh Pemupukan N dan Abu Janjang Kelapa Sawit pada Tanaman dan Kimia Tanah. UPP Penelitian Dirjen DIKTI USU, 1989.
15. Ketua Tim Penelitian Sistem Pengelolaan Lahan oleh Petani Kec. Tiga Panah, Kabupaten Karo. UPP Penelitian Dirjen DIKTI USU, 1992.

VIII. KEGIATAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

1. Bimbingan dan penyuluhan pupuk dan pemupukan kepada petani-petani di Desa Jati Kesuma Kec. Namu Rambe, Kab. Deli Serdang, 1981.

2. Penyuluhan bidang pertanian umum kepada petani masyarakat desa proyek transmigrasi Sinunukan Kec. Natal, Kab. Tapanuli Selatan, 1981.
3. Penyuluhan tentang pemupukan tanaman keras di Desa Telagah Kec. Sei Bingei, Kab. Langkat, 1989.
4. Pemupukan tanaman keras kepada para warga transmigrasi di Desa Si Kara-kara, Kecamatan Natal, Kab. Tapanuli Selatan, 1989.
5. Pengolahan lahan kering yang menganut prinsip peningkatan produktivitas disertai tindakan pengawetan tanah di Desa Tambunan A Kec. Salapian, Kab. Langkat, 1989.
6. Percontohan pemeliharaan ikan sistem keramba di Desa Perlis Kec. Babalan, Kab. Langkat, 1990.
7. Pengujian kualitas pupuk yang digunakan petani tanaman padi sawah di Kecamatan Tj. Morawa, 2004.
8. Pengujian pertanian organik untuk tanaman sayuran di Kec. Medan Marelan, Kotamadya Medan, 2004.



Ir. Lahuddin, MS, Lahir di Palembang pada tanggal 9 Februari 1942, anak ketiga dari 10 bersaudara dengan orang tua Bagindo Musa dan Zulbaidah.

Memperoleh gelar Insinyur Pertanian Bidang Kesuburan Tanah pada tahun 1974 dari Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dan gelar Magister Sains (MS) Program Studi Ilmu Tanah dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 1979.

Menjadi anggota Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI) dan Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia (MKTI).