

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK KANDANG KAMBING
TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KANGKUNG DARAT
(*Ipomoea reptans*) PADA TANAH MARGINAL**

***THE EFFECT OF GIVING GOAT MANURE ON THE GROWTH
OF KANGKUNG DARAT (IPOMOEA REPTANS) ON MARGINAL
SOIL***

Finidi S. B. R. Walangitan,¹⁾ Joice M. Supit,¹⁾ Rafli I. Kawulus

Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi
Ilmu Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi
Email : finidiwalangitan032@student.unsrat.ac.id

ABSTRACT

This research aimed to observe the effects of distributing goat manure on marginal soils with indicators of water spinach. It was conducted in pot experiment using goat manure treatment which consist of 0 ton/acre as control, 10 ton/acre; 20 ton/acre; 30 ton/acre and Phonska 300 kg/acre. There were 2 plants per hole. Incubation period of the goat manure was 2 weeks long. This research was done in 2 month. Research method used was a Completely Randomized Design (CRD) and 3 repetitions. Variabels analyzed were plant height, number of leaves, and wet basis of water spinach. Statistical test for the tabulated data was run by using Analysis of Variance (Anova) and Least Significant Difference (LSD). The result of this research showed that goat manure treatment has no real affect on the plan height, number of leaves and wet basis of water spinach, but there is a tendency from each goat manure treatment.

Keywords : Goat Manure, Kangkung Darat, Marginal Land.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk kandang kambing terhadap tanah marginal dengan indikator tanaman kangkung darat. Penelitian dilakukan dalam percobaan pot dengan perlakuan dosis pupuk kandang kambing terdiri dari 0 ton/ha sebagai kontrol, 10 ton/ha; 20 ton/ha; 30 ton/ha dan phonska 300 kg/ha. Jumlah tanaman per lobang 2 tanaman. Masa inkubasi pupuk kandang kambing 2 minggu. Waktu penelitian selama 2 bulan. Metode penelitian adalah percobaan dengan rancangan dasar acak lengkap (RAL) dan 3 ulangan. Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah tanaman kakung darat. Pengujian statistik untuk data yang telah ditabulasi menggunakan Analisis Sidik Ragam (Anova) dan Analisa Uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pupuk kandang kambing tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun dan berat basah tanaman kangkung darat, tetapi ada kecenderungan dalam masing-masing perlakuan pupuk kandang kambing.

Kata-kata kunci : Pupuk Kandang Kambing, Kangkung Darat, Tanah Marjinal.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah marginal yang memiliki mutu rendah karena adanya beberapa faktor pembatas seperti topografi yang miring, dominasi bahan induk, kandungan unsur hara, dan bahan organik yang sedikit, kadar lengas yang rendah, pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, bahkan terdapat akumulasi unsur logam yang bersifat meracun bagi tanaman (Handayani dan Prawito, 2006; Widyati, 2008;

Yuwono, 2009; Kanzler, 2015) dalam Lestari *dkk.*, (2017). Menurut Suprpto (2002), di Indonesia terdapat tanah marginal yang luas, mencapai 89,5 juta ha.

Rendahnya tingkat kesuburan tanah marginal yang menyebabkan produktivitas tanahnya menjadi rendah maka salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan tanahnya adalah melalui pemupukan dengan

menggunakan pupuk organik berupa pupuk kandang kambing. Menurut Hardjowigeno (2007) pupuk organik memiliki keuntungan selain menambah hara dapat pula memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, menambah kemampuan tanah menahan air dan meningkatkan kegiatan biologi tanah.

Hasil penelitian Punuindoong (2017) pada tanah marginal dengan memakai berbagai macam pupuk organik diperoleh bahwa pemberian pupuk kandang kambing memberikan hasil yang tertinggi pada variabel pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar dan berat kering tanaman bayam. Menurut Hardjowigeno (2007) kotoran kambing mengandung N dan K masing masing dua kali lebih besar dari kotoran sapi.

Pemberian input dalam bentuk pupuk organik pada tanah dapat mengubah dan memperbaiki sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Beberapa sifat kimia tanah seperti kemasaman tanah, kekurangan unsur hara dan sifat fisik tanah yang jelek dengan sendirinya dapat diimbangi dengan pemberian pupuk organik, terutama

dalam bentuk pupuk kandang, pupuk kompos dan pupuk hijau (Sutejo, 2002).

Kangkung darat (*Ipomea sp*) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia karena rasanya yang gurih. Tanaman ini termasuk kelompok tanaman semusim berumur pendek dan tidak memerlukan areal yang luas untuk sehingga memungkinkan dibudidayakan pada lahan yang terbatas.

Budidaya kangkung darat tidak memerlukan lahan yang luas, cukup di lahan 100 m² kangkung darat dapat di tanam. Kangkung darat juga lebih disukai ketimbang kangkung air karena rasanya yang renyah dan tidak terlalu keras. Tanaman ini juga dapat dipanen cepat, 25-30 hari. Keuntungan berbisnis kangkung darat ini makin besar kalau kangkung ditanam secara organik yang hemat biaya produksi (Ulfa, 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk kandang kambing terhadap tanah marginal dengan indikator tanaman kangkung darat.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Raya Krida Malalayang 1 Timur, Manado. Untuk analisis tanah awal dan pupuk kandang kambing dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Palma (Balitpalma) Kementerian Pertanian Mapanget. Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli sampai September 2020.

Alat dan bahan yang digunakan adalah sekop, karung, terpal, ayakan, polybag, mistar, alat tulis menulis, timbangan, ember, peralatan di Laboratorium, benih kangkung darat, sampel tanah marginal, air, pupuk kandang kambing, pupuk majemuk phonska, dan bahan kimia yang dipakai dalam analisis tanah marginal dan pupuk kandang kambing.

Penelitian ini dilaksanakan dalam lingkungan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari 5 perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak

3 kali sehingga diperoleh 15 satuan percobaan (polybag). Perlakuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

K = Kontrol PM = Pupuk majemuk phonska 300 kg/ha

PK10 + PM = Pupuk Kandang Kambing + Pupuk Majemuk = 10 ton/ha + 300 kg/ha.

PK20 + PM = Pupuk Kandang Kambing + Pupuk Majemuk = 20 ton/ha + 300 kg/ha.

PK30 + PM = Pupuk Kandang Kambing + Pupuk Majemuk = 30 ton/ha + 300 kg/ha.

Variabel pengamatan terdiri dari; tinggi tanaman, jumlah daun dan berat basah/segar tanaman. Data yang diperoleh keragamannya dianalisis (disidik) mengikuti sidik ragam Rancangan Acak Lengkap. Jika F hitung nyata (F hitung $>$ F tabel), maka dilanjutkan dengan uji beda nyata. Uji beda nyata yang digunakan adalah beda nyata terkecil (BNT) (Little dan Hills, 1978).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tanah dan Pupuk Kandang Kambing Sebelum Perlakuan

Hasil analisis sifat kimia tanah sebelum perlakuan disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar hara N-total, K-tersedia, dan C-organik sangat rendah sedangkan P-tersedia kadar haranya sedang. Hal ini menunjukkan bahwa

status hara pada tanah marginal yang digunakan dalam penelitian cenderung rendah sehingga memiliki kesuburan tanah yang rendah pula dan membutuhkan masukkan berupa pemupukan sehingga tingkat kesuburan tanahnya dapat meningkat.

Tabel 3.1. Analisis Tanah Marginal

Sifat Kimia	Metode	Hasil	Kriteria
pH (H ₂ O)	pH Meter	6,92	Netral
pH (KCl)	pH Meter	6,06	Agak Masam
C-Organik (%)	Walkley and Black	0,40	Sangat Rendah
N-Total (%)	Kjeldahl	0,03	Sangat Rendah
C/N Ratio		13,33	Sedang
P-tersedia (ppm)	Bray 1	18,00	Sedang
K-tersedia (me/100 g)	Bray 1	0,02	Sangat Rendah

Tabel 3.1 menunjukkan hasil analisis pupuk kandang kambing yang digunakan pada penelitian. Kadar N, P dan K pada pupuk kandang kambing adalah 1,55 %; 1,03 %; dan 1,98 %. Terlihat bahwa pada pupuk kandang kambing memiliki kadar hara K lebih tinggi dibanding kadar hara N dan P.

Hasil penelitian dari Tim Balittanah *dalam* Simanungkalit *dkk.* (2006) menunjukkan hal yang sama dimana hasil pengomposan pupuk kandang kambing memiliki kadar K yang lebih besar dari N dan P yaitu 2,49 % sedangkan kadar N dan P adalah 1,85 % dan 1,14 %.

Tabel 3.2. Analisis Kadar Hara Pupuk Kandang Kambing

Jenis Analisis	Metode Analisis	Hasil
Kadar Air (%)	Gravimetri	54,97
pH	pH Meter	8,87
C-Organik (%)	Walkley and Black	12,80
N-Total (%)	Kjeldahl	1,55
C/N ratio		8,26
P-Total (%)	Asam Nitrat	1,03
K-Total (%)	Asam Nitrat	1,98

Tinggi Tanaman Kangkung Darat

Tabel 3.3 menyajikan rata-rata tinggi tanaman kangkung darat pada tanah marginal akibat pemberian pupuk kandang kambing pada minggu ke-1 hingga minggu ke-4 setelah tanam. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam

diketahui bahwa pemberian pupuk kandang kambing tidak memberikan pengaruh yang nyata pada tinggi tanaman kangkung darat mulai dari minggu ke-1 hingga minggu ke-4 setelah tanam.

Tabel 3.3. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Kambing Terhadap Rataan Tinggi Tanaman Kangkung Darat Pada Minggu ke-1 Hingga Minggu ke-4 Minggu Setelah Tanam (cm)

Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
K	10,55	13,53	18,47	23,22
PM	10,78	15,83	18,25	21,73
PK10 + PM	9,03	13,42	20,02	24,17
PK20 + PM	11,72	17,05	19,75	26,33
PK30 + PM	9,58	15,98	20,93	21,90

Jumlah Daun Tanaman Kangkung Darat

Tabel 3.4 menyajikan rata-rata jumlah daun tanaman kangkung darat pada tanah marginal akibat pemberian pupuk kandang kambing pada minggu ke-1 hingga minggu ke-4 setelah tanam. Berdasarkan hasil analisis sidik

ragam diketahui bahwa pemberian pupuk kandang kambing tidak memberikan pengaruh yang nyata pada jumlah daun tanaman kangkung darat mulai dari minggu ke-1 hingga minggu ke-4 setelah tanam.

Tabel 3.4. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Kambing Terhadap Rataan Jumlah Daun Tanaman Kangkung Darat Pada Minggu ke-1 Hingga Minggu ke-4 Setelah Tanam (Helai Daun)

Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
K	4	8	10	10
PM	4	8	10	11
PK10 + PM	4	8	11	12
PK20 + PM	4	8	10	11
PK30 + PM	4	8	10	10

Berat Basah Tanaman Kangkung Darat

Hasil pengukuran berat basah tanaman kangkung darat disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 menyajikan rata-rata berat basah tanaman kangkung darat pada tanah marginal akibat pemberian

pupuk kandang kambing. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui bahwa pemberian pupuk kandang kambing tidak memberikan pengaruh yang nyata pada berat basah tanaman kangkung darat.

Tabel 3.5. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Kambing Terhadap Rataan Berat Basah Tanaman Kangkung Darat (g)

Perlakuan	Berat Basah
K	2,03
PM	4,03
PK10 + PM	5,02
PK20 + PM	3,82
PK30 + PM	5,02

Pembahasan

Sebagai salah satu komponen sistem lahan, tanah mempunyai beberapa fungsi esensial. Salah satunya adalah sebagai tempat hidup (habitat) organisme, dari tingkat rendah (jasad renik) sampai tingkat tinggi. Sebagai habitat organisme, tanah berperan vital dalam memasok salah satu faktor penting pertumbuhan tanaman dan perkembangan tanaman, yaitu unsur hara (Munawar, 2011). Agar dapat dipergunakan oleh tanaman, unsur-unsur hara di dalam tanah harus berada dalam bentuk tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Di dalam tanaman, unsur-unsur hara tersebut mengalami berbagai reaksi atau proses fisiologis, yang mengakibatkan tanaman tumbuh dan berkembang serta dapat menyelesaikan daur hidupnya (Munawar, 2011).

Pada penelitian ini menggunakan tanah marginal yang berasal dari daerah Ringroad II Kecamatan Mapanget. Hasil analisis tanah awal sebelum penelitian menunjukkan bahwa tanah marginal ini memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah terutama kadar C-

organik, N, dan K sehingga akan berpengaruh pada ketersediaan hara bagi tanaman. Salah satu cara untuk meningkatkan ketersediaan hara yang cukup bagi tanaman yaitu dengan melakukan pemupukan. Pemupukan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan pupuk organik yang berasal dari pupuk kandang kambing. Menurut Utomo *dkk.* (2016) bahwa pupuk organik selain memperbaiki sifat kimia, sifat fisik, dan sifat biologi tanah, juga menjadi sumber unsur hara makro dan mikro. Kandungan unsur hara dalam pupuk kandang agar tersedia untuk tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: (1) gizi dan kualitas pakan ternak, (2) proses penyimpanan dan penanganan pupuk kandang, (3) jenis dan jumlah bahan yang ditambahkan sebagai campuran pupuk kandang, (4) waktu dan metode pemberian, (5) sifat kimia, fisik dan biologi tanah, (6) jenis tanaman.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang kambing pada tanah marginal tidak berpengaruh nyata pada variabel pengamatan tinggi

tanaman, jumlah daun, dan berat basah tanaman kangkung darat. Hal ini bahwa pupuk kandang kambing yang diberikan belum cukup memberikan pengaruh terhadap ketersediaan unsur hara bagi tanaman kangkung darat sehingga belum memberikan pengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah memiliki kecenderungan sedikit. Menurut Handayanto *dkk.* (2017) faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik di dalam tanah adalah kelembaban, oksigen, pH tanah, unsur hara, suhu, dan kadar liat.

Hasil pengamatan pada Tabel 3.3 terhadap tinggi tanaman kangkung darat terlihat bahwa ada perbedaan tinggi tanaman kangkung darat dari setiap perlakuan yang diberikan walaupun hasil analisis sidak ragan tidak menunjukkan perbedaan nyata pada setiap minggu pengamatan. Pada Minggu ke-1 hingga minggu ke-4 terlihat bahwa tinggi tanaman kangkung darat akibat pemberian perlakuan pupuk majemuk dan pupuk kandang kambing ada cenderung meningkat. Hal ini karena adanya unsur hara baik makro maupun mikro yang disumbangkan

dari pupuk kandang kambing yang diberikan. Purbayanti *dkk.*, (1995) menyatakan bahwa untuk pembentukan jaringan pada tanaman membutuhkan unsur hara N, P, dan K yang cukup. Pembentukan protein, karbohidrat dan asam nukleat membutuhkan unsur N dan P. Sedangkan K berfungsi untuk mentranslokasikan zat yang dibutuhkan ke seluruh jaringan tanaman (Soepardi, 1983).

Pada Tabel 3.4 terlihat bahwa pemberian pupuk kandang kambing dan pupuk majemuk pada tanah marginal tidak berpengaruh secara nyata terhadap jumlah daun tanaman kangkung darat. Pada minggu ke-1 dan ke-2 setelah tanam jumlah daun, tanaman kangkung darat mempunyai jumlah daun yang sama pada setiap perlakuan yaitu pada minggu ke-1 berjumlah 4 helai dan pada minggu ke-2 berjumlah 8 helai, sedangkan pada minggu ke-3 dan ke-4 mulai terdapat variasi jumlah daun antar perlakuan dengan jumlah daun tertinggi diperoleh pada perlakuan PK 10 + PM yaitu yaitu 11 helai daun pada 3 MST dan 12 helai daun pada 4 MST. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk kandang kambing yang

diberikan mampu menyumbangkan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhannya walaupun hasil analisis sidik ragam tidak berbeda nyata antar perlakuan yang diberikan. Menurut Prasad dan Power (1997) dalam Munawar (2011) bahwa produk utama dekomposisi bahan organik di dalam tanah adalah sebagai berikut; (1) karbon dioksida, (2) panas atau energi, (3) air, (4) Unsur hara terutama N, P, K, S, Ca, Mg dan lain-lain, dan (5) Humus.

Tabel 3.5 Menunjukkan adanya perbedaan berat basah antar perlakuan yang diberikan walaupun hasil analisis sidik ragamnya tidak berbeda nyata. Berat basah tanaman kangkung darat yang tertinggi adalah 5,02 g pada perlakuan PK 10 + PM sedangkan yang terendah adalah 2,03 g pada perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan oleh adanya sumbangan hara dari pupuk kandang kambing yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman, disamping itu juga pengaruh langsung dari bahan organik dalam hal ini pupuk kandang

kambing terhadap pertumbuhan tanaman, sehingga dapat mengakibatkan banyaknya jaringan yang terbentuk. Dengan demikian dapat meningkatkan berat basah tanaman kangkung darat. Kononova (1966) menyimpulkan bahwa bahan organik berperan dalam; (1) pelapukan batuan dan proses dekomposisi mineral tanah, (2) sebagai sumber hara tanaman, (3) pembentuk struktur tanah yang stabil serta agregat tanah yang tahan air, dan (4) berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Lebih lanjut Sanchez (1976), Uehara (1978) dan Stevenson (1982) mengemukakan bahwa; (1) bahan organik menyediakan unsur hara terutama N, P, dan S, (2) meningkatkan KTK tanah, (3) mengurangi fiksasi fosfor oleh oksida-oksida besi dan aluminium melalui persenyawaan kompleks, (4) memperbaiki agregat tanah, (5) meningkatkan retensi air, dan (6) membentuk persenyawaan kompleks dengan unsur-unsur mikro sehingga mencegah dari pencucian.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pemberian pupuk kandang kambing pada tanah marginal tidak berpengaruh secara nyata terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung darat dalam hal ini tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah tanaman. Hasil analisis sidik ragam tidak memberikan, tidak berpengaruhnya dari ketiga parameter yang diukur. Walaupun tidak berpengaruhnya pada 10 ton/ha + PM tetapi ada kecenderungan memiliki nilai yang tinggi pada jumlah daun dan berat basah, sedangkan perlakuan 20 ton/ha + PM ada kecenderungan tertinggi pada parameter tinggi tanaman. Pupuk kandang kambing dengan perlakuan 10 ton/ ha dengan pupuk dasar Phonska 300 kg/ha ada kecenderungan memberikan hasil tertinggi pada variable pengamatan jumlah daun dan berat basah, sedangkan perlakuan 20 ton/ha dengan pupuk dasar Phonska 300 kg/ha ada kecenderungan memberikan hasil tertinggi pada variable tinggi tanaman kangkung darat.

Saran

Untuk dosis pupuk kandang kambing disarankan lebih ditingkatkan diatas 30 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, I. P., & P. Prawito. (2006). *Tumbuhan Perintis Pemulih Lahan Kritis Kiat Petani Membangun Kesuburan Tanah*. Fakultas Pertanian Bengkulu dan KEHATI, Indonesia. *Dalam* Lestari P., E. Faridah, dan C. A. D. Koranto. 2017. Pengaruh Legum Penutup Tanah Terhadap Pertumbuhan Semai Mahoni (*Swietenia macrophylla*) Pada Tanah Marginal. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, Vol. 1 No. 1, November 2017: 60 – 68.
- Suprpto, A. (2002). *Land and Water Resources Development in Indonesia. Investment in Land and Water*. Bangkok, Thailand
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Penerbit Akademika Pressindo. Jakarta.
- Punuindoong, S. 2017. *Respon Tanaman Bayam (Amaranthus tricolor L.) Terhadap Pemberian Berbagai Jenis Pupuk Organik Pada Tanah Marginal*. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sutejo. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT Rineka Cipta. Jakarta
- Ulfa, R. 2018. *Budidaya Kangkung Darat, Usaha Tepat di Lahan Terbatas*.
<https://economy.okezone.com/read/2018/09/22/320/1954203/budid>

- aya-kangkung-darat-usaha-tepat-di-lahan-terbatas.
- Little, T. M., dan F. J. Hills. 1978. *Agricultural Experimentation*. John Willey and Sons. New York.
- Suriadikarta, D. A., R. D. M. Simanungkalit, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor.
- Handayanto, E., N. Muddarisna, dan A. Fiqri. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Universitas Brawijaya Press (UB Press). Malang.
- Purbayanti, E. D., D. R. Likiwati, dan R. Trimultsi. 1995. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari *Fundamentals of Soils Science*. H. D. Foth. 1994 dalam Siregar, M. 2000. *Kadar hara Kalium dan Karakteristik Tongkol Jagung yang Dipupuk NPK pada Iceptisol Isimu Utara Gorontalo*. Skripsi. Jurusan tanah. Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. IPB. Bogor.
- Kononova, M. M. 1966. *Soil Organic Matter. Its Nature, Its Role in Soil Formation and Soil Fertility*. 2nd English Ed. Pergamon Press. Oxford.
- Sanchez, P. 1976. *Properties and Management of Soil in the Tropics*. A Wiley – Interscience Publication. John Wiley and Sons Ltd. New York.
- Uehara, G. 1978. *Mineralogy of the Predominant Soils in Tropical and Sub Tropical Regions*. In C. S. Andrew and E. J. Kamprath ed. *Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Sub Tropical Soils*. CSIRO. Australia.