

## **Pemanfaatan Kotoran Hewan dan Limbah Pertanian sebagai Kompos dalam Usaha Peningkatan Produksi Sayuran di Desa Ake Ara Jailolo Selatan Halmahera Barat**

### ***Utilization of Animal Manure and Agricultural Waste as Compost in an Effort to Increase Vegetable Production in Ake Ara Village, South Jailolo, West Halmahera***

**Idris Abd Rachman<sup>1</sup>, Suratman Sudjud<sup>2</sup>, Gunawan Hartono<sup>3</sup>, Adnan Sofyan<sup>4\*</sup>, Asrul Dedy Ali Hasan<sup>5</sup>**

<sup>1,3,4,5</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun

\*Korespondensi : [adsofyan@gmail.com](mailto:adsofyan@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

Pemanfaatan limbah pertanian dan kotoran hewan sebagai kompos belum maksimal dilakukan oleh masyarakat tani dalam mengatasi kelangkaan pupuk di masyarakat tani. Pembuatan kompos merupakan alternatif dalam menciptakan pupuk alami yang dibuat oleh petani sendiri sehingga menjawab kelangkaan pupuk yang pada gilirannya meningkatkan kualitas kesehatan tanah, menghasilkan produk tanaman yang sehat, dan meningkatkan pendapatan petani. Solusi yang ditawarkan dalam program yaitu penyajian materi pembuatan kompos, cara aplikasi ke tanaman, pendampingan dalam kegiatan usaha budidaya tanaman, penanganan pascapanen sehingga produk tanaman bisa terjaga secara sehat. Diharapkan petani sebagai mitra yang didampingi dapat menghasilkan pupuk organik kompos tersebut dapat meningkatkan produksi tanaman dan peningkatan pendapatannya. Tujuan program ini untuk meningkatkan ketrampilan petani dalam memanfaatkan serasah tanaman, limbah pertanian, kotoran hewan untuk dijadikan pupuk kompos, yang nantinya pupuk kompos tersebut dapat dijual dipasaran maupun digunakan petani sendiri dalam peningkatan usaha budidaya tanaman sayuran. Tahapan kegiatan dari sosialisasi, penyajian materi penyuluhan, pembuatan demonstrasi plot (demplot) pupuk kompos dan demplot budidaya tanaman dengan tahapan persiapan lahan, persemaian, pembuatan petakan, penanaman, pemupukan, pengairan, pemeliharaan tanaman sampai panen dan pemasaran hasil budidaya tanaman yang diusahakan.

Kata Kunci: Chaisim, Kompos, Pelatihan, Petani, Produksi

#### **ABSTRACT**

*Farming communities have not utilized agricultural waste and animal waste as compost optimally in overcoming the scarcity of fertilizer in farming communities. Composting is an alternative way of creating natural fertilizer made by farmers themselves, thus responding to the scarcity of fertilizer which in turn improves the health quality of the soil, produces healthy plant products, and increases farmers' income. The solutions offered in the program include the presentation of compost making materials, how to apply them to plants, assistance in plant cultivation business activities, post-harvest handling so that plant products can be maintained in a healthy manner. It is hoped that the farmers as partners who are accompanied can produce organic compost fertilizer which can increase crop production and increase their income. The aim of this program is to improve farmers' skills in utilizing plant litter, agricultural waste, animal waste to make compost fertilizer, which can then be sold on the market or used by farmers themselves to improve their vegetable cultivation business. Stages of activities include socialization, presentation of counseling material, creation of compost demonstration plots and plant cultivation demonstration plots with stages of land preparation, seeding, making plots, planting, fertilizing, watering, maintaining plants until harvest and marketing the results of cultivated plants.*

*Keywords: Chaisim, Compost, Farmers, Production, Training*

## PENDAHULUAN

Makin bertambah jumlah penduduk berdampak terhadap permintaan kebutuhan pangan yang tercukupi, tersedia pangannya bagi penduduk merupakan tanggungjawab semua stakeholder. Perkembangan usaha pertanian sebagai lumbung ketersediaan pangan (ketahanan pangan), kualitas hasil (kesehatan pangan) merupakan suatu kebutuhan pada saat dan masa mendatang. Kesadaran akan tersedianya pangan yang sehat menjadi tuntutan untuk memanfaatkan limbah hasil panen dan serasah yang nilai kontaminasi yang kecil dalam memberikan efek residual bagi kesehatan pangan. Makin maraknya kampanye pertanian organik merupakan manifestasi akan kesadaran ketersediaan pangan yang sehat dan kuantitas yang tetap terjaga untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Fenomena bahwa limbah pertanian dan kotoran hewan belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat tani dalam memenuhi kebutuhan pupuk sekaligus mengatasi kelangkaan pupuk yang terjadi di masyarakat tani. Kesadaran dalam pemanfaatan limbah pertanian dan kotoran hewan masih rendah dikalangan petani konvensional, sehingga petani cenderung menggunakan pupuk anorganik (Pupuk buatan pabrik) untuk usahatani, sehingga berdampak terhadap cost produksi. Namun dengan adanya alternatif penyediaan hara melalui pengelolaan limbah pertanian dan kotoran hewan menjadi pupuk kompos, adalah salah satu upaya untuk mengurangi jumlah penggunaan pupuk anorganik sekaligus dapat meminimalkan biaya produksi (terutama pembelian pupuk Urea, SP-36 dan KCl). Dampak dari pupuk anorganik (buatan pabrik) sering berdampak pada degradasi tanah (cenderung menurunkan pH tanah), harga relatif mahal, distribusi terbatas ditingkat petani.

Pengembangan pupuk kompos sejalan dengan maraknya kampanye organic farming system sehingga pemanfaatan limbah pertanian dan kotoran hewan merupakan hal strategis dalam usaha pemberdayaan petani yang selama ini belum menampilkan hasil yang signifikan. Disisi lain, pemanfaatan limbah pertanian dan kotoran hewan berdampak pada sanitasi lingkungan tanaman untuk tumbuh dan berkembang dengan sehat. Oleh karena limbah pertanian tidak dibuang begitu saja, namun ditampung pada tempat yang relatif aman dan selanjutnya diproses menjadi pupuk kompos.

Mencermati kondisi tersebut diatas, maka sangat diperlukan adanya upaya untuk mengantisipasi masalah tersebut dengan memberdayakan potensi yang dimiliki sekitar masyarakat tani. Salah satunya limbah pertanian dan kotoran hewan yang berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai kompos. Kondisi seperti ini, terjadi akibat dari kekurangpahaman oleh masyarakat tani tentang pentingnya pupuk organik seperti kompos yang berdampak terhadap sifat-sifat tanah terutama merangsang granulasi tanah, menambah ketersediaan unsur nitrogen, fosfor dan sulfur serta unsur mikro lainnya, memperbesar daya simpan air tanah, memperbesar kapasitas tukar kation dan mengaktifkan mikroorganisme yang menguntungkan didalam tanah (Soepardi, 1983).

kebutuhan pupuk kompos di Propinsi Maluku Utara secara umum dalam jumlah besar (kebutuhan pupuk kompos 10 ton/Ha sampai 20 ton/Ha) sering didatangkan dari daerah tetangga yaitu Sulawesi Utara. Sementara hasil pemantauan di lapangan, ternyata potensi limbah pertanian dan kotoran hewan ternak (sapi, kambing, kuda, dan ayam) yang dihasilkan setiap hari cukup besar. Sementara harga pupuk kompos di

Propinsi Maluku Utara relatif mahal yaitu Rp. 1000/kg. Kondisi seperti ini dipandang sangat ekonomis bila sejumlah limbah pertanian dan kotoran hewan dimanfaatkan secara optimal.

Dengan demikian maka tujuan utama dalam pelaksanaan program ini adalah untuk menambah pendapatan petani dengan memanfaatkan limbah pertanian dan kotoran hewan ternak sebagai pupuk kompos dalam proses usahatani. Pupuk kompos dapat digunakan dalam skala usahatani sekaligus kompos dapat dipasarkan kedepot-depot pertanian yang ada, sehingga eksistensi kompos dapat meningkatkan produksi pertanian, menciptakan sanitasi lingkungan tanaman sehat sekaligus menambah income bagi petani bila kompos tersebut dipasarkan atau dibutuhkan oleh pihak lain dalam jumlah yang besar.

Dengan kehadiran pupuk organik (kompos) diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi serta tingkat pendapatan petani sekaligus mengimbangi cost produksi yang dikeluarkan selama proses usahatani. Untuk meningkatkan produksi dan tingkat pendapatan petani sekaligus mengimbangi cost produksi yang dikeluarkan selama proses usahatani, maka dibutuhkan metode dalam memanfaatkan limbah pertanian dan kotoran hewan ternak untuk dijadikan bahan yang berguna bagi sektor pertanian seperti pupuk kompos atau pupuk organik.

Kelompok usaha ini memiliki keterbatasan sumber daya pekerja yang dapat memanfaatkan limbah pertanian dan kotoran hewan sebagai pupuk organik (kompos). Belum dipahami tentang teknologi yang sederhana untuk menjadikan limbah pertanian dan kotoran hewan sebagai pupuk organik. Dengan demikian diperlukan pendampingan dan pemberian pemahaman kepada kelompok tani tersebut tentang teknologi yang mudah dipahami dan dikerjakan untuk pembuatan pupuk organik (kompos). Bentuk metode yang digunakan yaitu membuat demonstrasi plot (demplot) atau percobaan lapangan disekitar lokasi kelompok tani dan aplikasi kompos pada tanaman sayuran untuk menguji peran dan fungsi kompos (pupuk organik) terhadap sifat-sifat tanah dan pertumbuhan serta produksi tanaman. Karena peran pupuk organik atau kompos antara lain merangsang granulasi tanah, menambah ketersediaan unsur N, P, dan S, meningkatkan KTK tanah, meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air dan mengaktifkan mikroba tanah (Soepardi, 1983).

## **METODE**

### **1. Aplikasi Kompos dalam Demonstrasi Plot**

Pembuatan kompos dengan menggunakan metode vermikompos (menggunakan cacing tanah *lumbricus Sp* sebagai katalisator) dan menggunakan katalisator EM-4. Siapkan lubang kompos dengan ukuran 1 m x 2 m x 1 m, sehingga lubang atau wadah tersebut dapat menampung kurang lebih 2 ton limbah pertanian dan kotoran hewan. Masukkan limbah pertanian dan kotoran hewan di lubang kompos, kemudian lapisan tersebut disemprot dengan EM-4 sebanyak 5 cc/liter air (mempercepat dekomposisi limbah pertanian dan kotoran hewan yang kaya zat lilin dan lignin) ditutup dengan top soil (tanah lapisan atas) secukupnya. Selanjutnya masukan cacing tanah sekitar 10-20 ekor dan kemudian ditutup dengan lapisan tanah atas secukupnya. Tahapan pekerjaan ini berlanjut sampai lubang kompos hampir penuh, kemudian ditutupi dengan atap untuk menghindari masuknya air hujan.

Setelah 2 minggu pengomposan, dilakukan pembolak-balikan lapisan kompos dalam lubang dengan menggunakan sekop dan cangkul (dimaksudkan untuk mempercepat dekomposisi). Setelah 2 minggu kemudian, kompos matang dan siap diaplikasi ke lokasi demonstrasi plot tanaman chaisim. Aplikasi kompos di lapangan menggunakan desain Rancangan Acak Kelompok, untuk tanaman chaisim menggunakan taraf perlakuan sebagai berikut :

Dosis Kompos (K)

K<sub>0</sub> = 0 ton/ha

K<sub>1</sub> = 10 ton/ha

K<sub>2</sub> = 20 ton/ha

K<sub>3</sub> = 30 ton/ha

K<sub>4</sub> = 40 ton/ha

Sehingga terdapat 5 kombinasi perlakuan, yang diulang sebanyak 4 kali maka setiap tanaman terdapat 20 unit pengamatan.

## 2. Pengelolaan Lahan

Pengelolaan lahan meliputi, pembersihan lahan, pengolahan tanah, penanaman, pemupukan, pemeliharaan dan panen. Pembersihan lahan dimaksudkan untuk membersihkan gulma ataupun tanaman lain di sekitar areal demplot, selanjutnya dilakukan pengolahan tanah dengan maksud untuk menggemburkan tanah sehingga akar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Setelah lahan diolah, kemudian dibuatkan bedengan atau petakan dengan luas untuk tanaman chaisim yaitu 1,2 x 2,0 m<sup>2</sup>. Selanjutnya dilakukan penanaman setelah benih disemaikan selama 21 hari. Penanaman dilakukan dengan jarak tanam 40 x 40 cm<sup>2</sup>. Tahapan berikutnya adalah pemupukan kompos diberikan 1 minggu sebelum tanam (MST) dengan maksud agar kompos dapat berinteraksi dengan tanah. Selanjutnya diberikan mulsa plastik pada saat penanaman, pemeliharaan meliputi ; penyiraman (dilakukan setiap pagi dan sore hari hingga menjelang panen), penyulaman (untuk menggantikan bibit tumbuh abnormal), penyiangan (untuk mengurangi kompetisi tanaman dengan gulma). Pengendalian Hama-penyakit menggunakan pestisida hayati. Panen sawi dan chaisim pada umur 60 HST, kubis dipanen pada umur 90 HST dan mentimun pada umur 50, 55, 60, 65, 70 dan 75 HST.

## 3. Partisipasi Mitra dalam Kegiatan

Partisipasi Mitra dalam pelaksanaan program, disajikan pada tabel berikut ini.

**Tabel 1.** Jenis kegiatan yang dilakukan

Jenis Kegiatan	Partisipan		
	Mitra	Petani	Mahasiswa
Sosialisasi kegiatan ke Masyarakat tani	√	√	√
Persiapan Lubang Kompos dan Lahan Demplot	√	√	√
Penyuluhan Pelatihan dan Demplot Kompos dan Budidaya Sayuran	√	√	√
Pemasaran Produk Kompos dan Sayuran	√	√	√
Keberlanjutan Program Ipteks	√	√	√

Demonstrasi plot dilakukan untuk memberikan pengetahuan pemanfaatan limbah pertanian dan kotoran hewan dapat memberikan pertumbuhan dan produksi yang maksimal dalam menunjang proses budidaya tanaman atau usaha tani.

## 4. Permasalahan dalam Bidang manajemen

Menambah pengetahuan bagian penting dari *capacity building* dalam melakukan keberlanjutan pengelolaan sistem pertanian organik khususnya pada anggota Kelompok Tani, maka diperlukan manajemen pengelolaan yang baik yaitu :

- a. Dilakukan pembagian tugas diantara anggota kelompok tani dalam proses pembibitan, perawatan tanaman, pengairan dan kontrol penggunaan pupuk organik, penanganan hama serta pascapanen.
  - b. Perlu dilakukan pengaturan panen dan ketersediaan bibit baru, dengan cara mencatat waktu tanam dan umur panen, serta waktu pembibitan, saat panen tiba maka bibit baru sudah siap untuk keberlanjutan,
  - c. Ketersediaan bahan penunjang seperti benih atau bibit yang perlu dipersiapkan dengan baik, sehingga perlu pencatatan stok bahan penunjang.
5. Permasalahan dalam Bidang Pemasaran

Seringkali keberlanjutan usaha pertanian mengalami hambatan dengan melimpahnya hasil panen petani yang bersamaan, sehingga kebutuhan masyarakat berlebih bahkan harga jual produk hortikultura sangat rendah, sehingga mitra perlu mempertimbangkan bidang pemasaran harus diperkuat dengan cara :

- a. Penanganan pascapanen yang baik sehingga produk bisa membidik pasar moderen dengan harga relatif stabil terutama untuk sayuran daun maupun sayuran buah.
- b. Pasar online dengan cara penjualan daring memanfaatkan media social secara lokal dan ketersediaan jasa delivery sangat diperlukan untuk mempercepat akses pengiriman produk ke konsumen lokal.
- c. Menghitung kebutuhan anggota kelompok tani dan masyarakat sekitar untuk menjadi konsumen terdekat.

Deskripsi lengkap bagian metode pelaksanaan kegiatan PKM untuk mengatasi permasalahan berdasarkan tahapan berikut:

1. Untuk Mitra

Pendampingan program PKM pada mitra Kelompok Tani mutlak harus dilakukan sehingga bisa berkelanjutan dengan melakukan rekayasa teknologi pertanian walaupun dengan segala keterbatasan yang dimiliki mitra terutama masalah ketersediaan lahan, kebutuhan benih tanaman dan bahan pembuatan pupuk organik menjadi solusi dalam mengatasi persoalan mitra.

2. Uraikan bagaimana partisipasi mitra dalam pelaksanaan program

Partisipasi mitra Kelompok Tani merupakan kunci keberhasilan program, maka akan perlu dilakukan beberapa rangkaian kegiatan yaitu :

- Pelatihan dan penyuluhan serta pendampingan yang intensif sehingga memudahkan transfer pengetahuan kepada mitra yaitu kelompok tanai
- Pelaksanaan FGD bersama tim dan mitra
- Pemberian materi oleh tim dengan narasumber yang memiliki kompetensi dibidang Budidaya tanaman dan pemasaran hasil
- Pelatihan pembuatan pupuk organik dengan menggunakan bahan-bahan yang ada disekitar kelompok tani
- Pelatihan cara pemilihan benih yang baik dan cara semai benih atau bibit sebelum dipindahkan ke lapangan

- Pelatihan penggunaan dosis, waktu dan cara pemupukan yang efektif dan efisien
  - Pemeliharaan tanaman, Panen dan Pasca panen serta pemasaran hasil panen
3. Evaluasi pelaksanaan program dan keberlanjutan setelah kegiatan PKM berakhir  
Evaluasi program akan terus dilakukan bersama mitra Kelompok Tani, selain lokasi mitra yang cukup dekat dengan perguruan tinggi juga akan dilakukan program keberlanjutan sebagai kelompok binaan kampus, sehingga mudah untuk di kontrol, Selain itu penggunaan pupuk organik perlu ditingkatkan sehingga kelompok tani mampu menghasilkan pupuk sendiri sekaligus dapat memproduksi pupuk untuk kebutuhan kelompok tani yang lain, yang pada gilirannya keberlanjutan terus ditingkatkan guna tercapainya kemandirian pangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Partisipasi Mitra

Partisipasi mitra kelompok tani merupakan kunci keberhasilan program, maka akan perlu dilakukan beberapa rangkaian kegiatan yaitu :

- Pelatihan dan penyuluhan serta pendampingan yang intensif sehingga memudahkan transfer pengetahuan kepada mitra yaitu kelompok tani
- Pelaksanaan FGD bersama tim dan mitra
- Pemberian materi oleh tim dengan narasumber yang memiliki kompetensi dibidang Budidaya tanaman dan pemasaran hasil
- Pelatihan pembuatan pupuk organik dengan menggunakan bahan-bahan yang ada di sekitar kelompok tani
- Pelatihan cara pemilihan benih yang baik dan cara semai benih atau bibit sebelum dipindahkan ke lapangan
- Pelatihan cara pembuatan pupuk kompos, penggunaan dosis, waktu dan cara pemupukan yang efektif dan efisien
- Pemeliharaan tanaman, panen dan pasca panen serta pemasaran hasil panen

Hasil *assessment* di lapangan menunjukkan bahwa persepsi masyarakat tentang pupuk kompos, cara pembuatan, manfaat pupuk kompos belum sepenuhnya dipahami, sebagaimana terlihat pada Tabel 2. Setelah dilakukan tahapan penyuluhan dan pelatihan dirangkaikan dengan demonstrasi plot, masyarakat begitu antusias mengikuti secara tahapan demonstrasi plot di lapangan, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Data persepsi masyarakat sebelum kegiatan

Pertanyaan	Jumlah	Persentase	tidak menjawab	
			Jumlah	Persentase
1. Pernah mendengar dan mencoba pupuk kompos	5	25.00	15	75.00
2. Belum pernah dengar dan mencoba pupuk kompos	17	85.00	3	15.00
3. Membuat pupuk kompos dan berikan pada tanaman	4	20.00	16	80.00
4. Produksi tanaman bertambah setelah diberikan pupuk kompos	4	20.00	16	80.00

Tabel 3. Data persepsi masyarakat setelah kegiatan

Pertanyaan	Jumlah	Persentase	tidak menjawab	
			Jumlah	Persentase
1. Sudah mengetahui dan tahu cara membuat pupuk kompos	18	90.00	2	2.00
2. Ikut bersama tim untuk percontohan pupuk kompos	19	95.00	1	1.00
3. Setelah ikuti Demplot mau melanjutkan secara mandiri	19	95.00	1	1.00
4. Kegiatan ini bermanfaat baik pengetahuannya dan cara budidaya tanaman kompos setelah diberikan pupuk kompos	18	90.00	2	2.00

## 2. Demonstrasi Plot

Pemberian pupuk kompos dengan berbagai dosis pada tanaman sayuran chaisim, memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun dan berat segar tanaman bila dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk kompos, sebagaimana terlihat pada Tabel 4.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Berat Segar (kg)
Ko (0 ton/ha)	21,5 d	8,0 c	1,25 c
K1 (10 ton/ha)	24,5 c	12,0 b	2,85 b
K2 (20 ton/ha)	27,5 b	12,0 b	3,55 ab
K3 (30 ton/ha)	28,5 b	16,0 a	4,05 a
K4 (40 ton/ha)	29,0 a	16,0 a	4.15 a
BNT 95%	1,05	1,20	1,15

Keterangan : Angka rata2 yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 95 %.

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan berbagai pupuk kompos berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat segar tanaman chasim. Kondisi ini menggambarkan bahwa dosis pupuk kompos mengandung unsur hara yang dapat menopang pertumbuhan dan metabolisme tanaman chasim dengan baik. Sebagaimana diketahui bahwa hasil dekomposisi bahan organik di dalam pupuk kompos menghasilkan ketersediaan unsur Nitrogen (N), Phospat (P) dan Sulfur (S), selain itu adanya bahan organik dari pupuk kompos tersebut meningkatkan kapasitas tukar kation dalam tanah. Ketersediaan unsur N, P, dan S disertai dengan meningkatnya kapasitas tukar kation berdampak pada proses fisiologis dan metabolisme tanaman chasim yang lebih baik,



dimana penambahan tinggi dan jumlah daun serta berat segar panen nyata lebih baik pada tanaman yang diberi pupuk kompos dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberikan pupuk kompos.

## SIMPULAN

Dari pembahasan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Masyarakat tani atau kelompok tani belum mendapat pelatihan dan pendampingan yang baik dalam hal memanfaatkan serasah tanaman dan kotoran hewan sebagai pupuk kompos
2. Demonstrasi plot di lapangan merupakan cara mentransfer pengetahuan kepada kelompok tani di lapangan
3. Pemberian dosis pupuk kompos 10-40 ton/ha nyata berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun dan berat segar tanaman chaisim.

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Diperlukan pelatihan dan pendampingan kepada masyarakat dalam hal budidaya tanaman dan pemasaran hasil tanaman
2. Diperlukan pendampingan secara berkala dalam meningkatkan kemampuan kelompok tani baik terhadap pembuatan pupuk organik maupun system budidaya tanaman dan pemasaran hasil

## DAFTAR PUSTAKA

- Aktar, M. W., Dwaipayan, S., & Ashim C. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*. 2(1), 112. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Allison, S. D. & Jastrow J. D. (2006). Activities of extracellular enzymes in physically isolated fractions of restored grassland soils. *Soil Biology & Biochemistry*. 38(11), 3245. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.04.011>
- Brookes, P. (2001). The soil microbial biomass: Concept, Measurement, and Applications in Soil Ecosystem Research. *Microbers and Environments*, 16(3). 131. <https://doi.org/10.1264/jsme2.2001.131>
- Bitton, G. (2002). *Encyclopedia of environmental microbiology*. John Wiley & Sons, Inc.
- Jaber M., JF Lambert., S Balme. (2018). *Surface and Interface Chemistry of Clay Minerals Developments in Clay Science*, (Schoonheydt, R., Johnston, C. T., & Bergaya, F., Ed).
- Soepardi, G. (1983). Sifat dan Ciri Tanah. IPB Press Bogor.
- Tan WF., LK Koopal., and W Norde. (2008). Interaction between humic acid and lysozyme, studied by dynamic light scattering and isothermal titration calorimetry. *Environmental Sci. Technol.*, 43, 591-596.
- Theng BKG. (2012). Formation and Properties of Clay-Polymer Complexes in *Developments in Clay Science*, Vol. 4. Elsevier B.V. doi: 10.1016/B978-0-444-53354-8.00008-6