

LAPORAN HASIL PENELITIAN PEMBINAAN PROGRAM STUDI

Tahun Anggaran 2011



**ANALISIS ASPEK BIOKIMIA PEMBENTUKAN TANAH
DARI BATUAN TRAKIT KABUPATEN PANGKEP
SULAWESI SELATAN**

Oleh :

Asmita Ahmad, ST. MSi. (197312162006042001)
DR Ir Burhanuddin Rasyid, MSc. (196407211990021001)
Ir Zulkarnain, MP. (195909191986041001)
Ir Muh. Jayadi, MP. (195909261986011001)
Rismaneswati, SP. MP. (197603022002122002)
Sartika Laban, SP. MP. (198210282008122002)

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
Universitas Hasanuddin
2011**

HALAMAN PENGESAHAN

USUL PENELITIAN PEMBINAAN PROGRAM STUDI

1. Judul Penelitian : Analisis aspek biokimia pembentukan tanah dari batuan Trakit kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan.
2. Ketua Peneliti :
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Asmita Ahmad, ST. MSi.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 197312162006042001
 - d. Pangkat/Golongan : Penata Muda/IIIa
 - e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - f. Fakultas/Jurusan/Prodi : Pertanian/Ilmu Tanah/Ilmu Tanah
 - g. Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin
 - h. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Unhas
 - i. Telp/Fax : 0411587076
 - j. Alamat Rumah : Batuan Raya III No.15 Makassar
 - k. Telp/Hp : 0411493671/081342542792
3. Jumlah Anggota Peneliti : 5 (lima) orang
 - a. Anggota Peneliti I : DR Ir Burhanuddin Rasyid, MSc.
 - b. Anggota Peneliti II : Ir Zulkarnain, MP.
 - c. Anggota Peneliti III : Ir Muh. Jayadi, MP.
 - d. Anggota Peneliti IV : Rismaneswati, SP. MP.
 - e. Anggota Peneliti V : Sartika Laban, SP. MP.
4. Kerjasama Instansi Lain : -
5. Masa Penelitian : 8 Bulan
6. Biaya yang diperlukan : (.....)

Makassar, 3 November 2011

Mengetahui,

Ketua Program Studi,

Ketua Tim/Pengusul,

(DR Ir Burhanuddin Rasyid, MSc.)

NIP. 196407211990021001

(Asmita Ahmad, ST. MSi)

NIP. 197312162006042001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian

(Prof. DR Yunus Musa, MSc.)

NIP. 195412201983031001

ABSTRACT

Silicate rocks have very strong resistance than sedimentary rocks. Felsic silicate rock have higher resistance than mafic and intermediate rocks. But in our research sites, felsic rocks have a very strong weathering than mafic rocks and it is very interesting for further analysis especially if associated with presence of Shale stone outcrop at the research sites. Therefore, the aim of this study is to analyze the biochemical aspects that affect the high rate weathering of Trachyte (felsic rocks) and investigate the biochemical processes that develop on soil mineral that formation from Trachyte. This study includes the analysis of rocks and soil mineral by polarizing microscopy, analysis of the content of humic substances from Shale stone and analysis of soil fertility. The result showed that the Shale stone contain high fulvic acid. Fulvic acid is a major factor in the weathering of silicate minerals that have increased the weathering of Trachyte at the research site. Fulvic acid also still influence the stability of soil mineral that formed from Trachyte. Soil in the research site have lack of nutrient content. That caused by the properties of fulvic acid which is easily soluble in water because it have low molecular weight. So as to maintain a nutrient element that has been released by fulvic acid, need to be added humic substances that is rich in humic acids such as humic substances derived from peat. This is because the humic acid has a high molecular weight and high power chelate so not susceptible to leaching.

Keywords: Trachyte, Shale stone, silicate mineral, fulvic acid, biochemical

ABSTRAK

Batuan silikat merupakan batuan yang memiliki resistensi yang sangat kuat dibanding batuan sedimen. Batuan silikat yang bersifat masam memiliki resistensi yang lebih tinggi dibanding batuan silikat basa dan intermediat. Tetapi mudahnya batuan beku masam di lokasi penelitian mengalami pelapukan merupakan hal yang sangat menarik untuk dianalisis apalagi jika dihubungkan dengan keterdapatannya batu Serpih di lokasi penelitian. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah menganalisis aspek biokimia yang mempengaruhi tingginya tingkat pelapukan batuan Trakit (batuan beku masam) dan meneliti lebih lanjut proses biokimia yang berkembang pada mineral tanah bentukan dari batuan Trakit. Penelitian ini meliputi analisis mineral batuan dan tanah dengan mikroskop polarisasi, analisis kandungan senyawa humat batu Serpih dan analisis kesuburan tanah. Hasil analisis menunjukkan data bahwa batu Serpih mengandung asam fulvat yang tinggi. Asam fulvat merupakan faktor utama dalam pelapukan mineral silikat yang telah meningkatkan pelapukan batuan beku Trakit di lokasi Penelitian. Asam fulvat juga tetap mempengaruhi kestabilan mineral tanah bentukan dari batuan Trakit. Kurangnya kandungan hara di tanah diakibatkan oleh kemudahan asam fulvat larut dalam air karena bobot molekulnya yang rendah. Sehingga untuk mempertahankan hara yang telah dilepaskan oleh asam fulvat, tanah perlu penambahan senyawa humat yang kaya akan asam humat seperti senyawa humat yang berasal dari gambut. Hal ini disebabkan karena asam humat memiliki bobot molekul dan daya khelat yang tinggi sehingga tidak mudah mengalami pelindian.

Kata kunci: batuan Trakit, batu Serpih, mineral silikat, asam fulvat, biokimia

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penelitian dan penulisan laporan kami yang berjudul “Analisis Aspek Biokimia Pembentukan Tanah dari Batuan Trakit Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan” ini dapat kami selesaikan tepat pada waktunya. Penelitian ini dilaksanakan dalam rangka penguatan dan pembinaan program studi.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ketua LP2M Universitas Hasanuddin atas bantuan dan kesempatan yang diberikan kepada kami, sehingga kami dapat melaksanakan penelitian ini.
2. Bapak Dekan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk melaksanakan penelitian ini.
3. Bapak Ketua Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin atas bantuan dan kerjasamanya sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan tepat waktu.

Kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan penelitian ini. Untuk itu segala kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan penelitian ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi dunia pendidikan dan masyarakat. Amin.

Makassar, November 2011

Tim penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR FOTO	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Hipotesis Penelitian.....	2
Manfaat Penelitian	3
Kebaharuan Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	4
Batuan Beku Trakit	4
Batuan Sedimen Serpih.....	5
Hubungan Litologi Batuan Trakit dan Batu Serpih	6
Pelapukan Batuan dan Pembentukan Tanah	7
Senyawa Organik	7
BAHAN DAN METODE	10
Lokasi dan Waktu	10
Alat dan Bahan Penelitian.....	10
Metode Penelitian.....	10
Studi Pendahuluan.....	10
Penelitian Lapangan	10
Penelitian Laboratorium.....	11
Analisis Data	11
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	13
Kandungan Senyawa Humat Serpih.....	13
Analisis Aspek Biokimia Pelapukan Batuan Trakit.....	13
Analisis Aspek Biokimia Tanah yang Berkembang dari Batuan	

	Halaman
Trakit	16
KESIMPULAN	21
SARAN	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	24

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Kandungan Senyawa dan Unsur Batuan Beku Trakit Porfiri	5
2 Fraksi Senyawa Humat	8
3 Kandungan Senyawa Humat Batu Serpih.....	13
4 Hasil Analisis Tanah pada Horison A dan Horison C	19
5 Kisaran Kecukupan Hara Tanaman	19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Bagan Alir Penelitian	12

DAFTAR FOTO

	Halaman
1 Kenampakan mineral K-Feldspar (F) yang berukuran ≥ 1 cm pada batuan Trakit	5
2 Kenampakan batu Serpih di desa Mangilu Kabupaten Pangkep	6
3 Kontak batuan beku Trakit dan batu Serpih.....	7
4 Kenampakan mikroskopis batuan Trakit	14
5 Kenampakan mikroskopis mineral Biotit pada batuan Trakit	14
6 Kenampakan kerusakan kristal mineral K-feldspar dan mineral Biotit..	15
7 Kenampakan lapangan batuan beku Trakit.....	16
8 Kenampakan horison tanah yang berkembang dari batuan Trakit.....	17
9 Kenampakan mikroskopis mineral tanah dari horison A.....	17
10 kenampakan mikroskopis mineral tanah dari horison C.....	18

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Hasil Analisis Tanah	25
2 Hasil Analisis Senyawa Humat Batu Serpih.....	26

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Batuan merupakan bahan induk pembentuk tanah. Batuan tersusun atas kumpulan mineral yang berfungsi sebagai pembawa hara bagi tanah dan tanaman. Batuan yang berbeda sifat akan menghasilkan karakteristik tanah yang berbeda pada proses awal pembentukannya tetapi akan memiliki karakteristik yang sama pada tahap lanjut.

Perubahan batuan menjadi tanah dipengaruhi oleh proses pelapukan fisik, kimia dan biologi. Pelapukan secara fisik hanya merubah bentuk batuan menjadi partikel yang lebih kecil. Pelapukan kimia memberikan reaksi sekunder pada batuan, dimana mineral dalam batuan akan mengalami reaksi yang menghasilkan pelepasan unsur dan pembentukan senyawa baru. Pelapukan biologi akan menghasilkan reaksi yang relatif sama dengan pelapukan kimia.

Batuan diklasifikasikan ke dalam empat jenis yaitu batuan beku, piroklastik, sedimen dan metamorf. Batuan beku dan piroklastik yang paling banyak mengandung mineral primer dibanding yang lain. Pelapukan mineral primer merupakan sumber hara terbesar bagi tanah dan tanaman. Menurut Shaw *et al.* (1973), mineral primer terbagi dua yaitu mineral primer mudah lapuk (*weatherable mineral*) dan mineral primer tahan lapuk (*resistant mineral*). Mineral mudah lapuk banyak dijumpai pada batuan beku yang bersifat basa dan intermediat. Sedangkan mineral resisten banyak terdapat pada batuan beku yang bersifat masam. Meskipun batuan beku masam banyak mengandung mineral resisten tetapi mineral-mineralnya merupakan sumber kalium terbesar dibanding batuan yang lain. Batuan beku masam banyak mengandung unsur kalium yang bersumber dari mineral mika dan K-feldspar. Hal ini juga dijumpai pada batuan beku Trakit (batuan beku masam) yang terdapat di Desa Mangilu, Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan. Trakit di Pangkep mengandung mineral sulung berupa mineral K-feldspar dan Biotit hingga mencapai ukuran 1–3 centimeter (Sukamto, 1982). Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa batuan Trakit mengandung 6,79 % K_2O (Ahmad, 2011). Sehingga Trakit dapat memenuhi kecukupan hara kalium tanaman yang berkisar 1-5% (Bennet, 1996).

Tanah yang berkembang dari bahan induk Trakit diharapkan memiliki kadar kalium yang cukup untuk penyuplai hara bagi tanaman.

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan data bahwa batuan Trakit yang terdapat di daerah Pangkep telah mengalami proses pelapukan yang cukup tinggi. Hal ini ditandai dengan berkurangnya tingkat kekompakan batuan Trakit. Batuan menjadi mudah hancur dan rapuh. Hal ini sangat bertentangan dengan tingkat resistensi batuan beku. Dimana batuan beku yang bersifat masam memiliki tingkat resistensi yang lebih tinggi dibanding yang lainnya. Tetapi kenyataan dilapangan menunjukkan hal yang sebaliknya. Dimana batuan Basalt yang juga terdapat di lokasi penelitian tidak menunjukkan gejala yang dialami batuan Trakit. Ditinjau dari kondisi litostratigrafi, batuan Trakit ternyata memiliki kontak struktur dengan batu Serpih. Batu Serpih adalah batuan sedimen yang berwarna hitam yang banyak mengandung bahan organik (Tourtelot, 1979; Burgan dan Ali, 2009). Kontak antara batuan Trakit dan batu Serpih memungkinkan terjadinya proses biokimia yang menjadi faktor mempercepat proses pelapukan batuan Trakit. Proses biokimia yang terjadi pada batuan Trakit menjadi aspek yang sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut, terutama pengkonsentrasian unsur pada tanah yang dibentuknya. Proses pembentukan tanah dari batuan Trakit diharapkan memiliki kadar hara yang sama potensialnya dengan batuan induknya.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aspek biokimia yang mempengaruhi tingginya tingkat pelapukan batuan Trakit dan meneliti lebih lanjut proses biokimia yang berkembang pada mineral tanah bentukan dari batuan Trakit.

Hipotesis Penelitian

Bahan organik terutama bahan organik yang telah terhumifikasi yang terkandung dalam endapan sedimen memiliki peranan yang sangat nyata dalam mempercepat pelapukan batuan, utamanya mineral yang terdapat dalam batuan.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat menjadi sumber informasi bagi perkembangan ilmu mineralogi dan genesis tanah. Dengan mengetahui aspek biokimia yang dapat mempercepat pelapukan mineral, penelitian ini diharapkan menjadi dasar dalam pemanfaatan mineral alam sebagai sumber bagi kesuburan tanah.

Kebaharuan Penelitian

Penelitian tentang pemanfaatan senyawa organik alami utamanya yang berasal dari batu Serpih dalam bidang pelapukan mineral belum dimanfaatkan oleh para peneliti. Sehingga penelitian ini diharapkan menjadi pelopor dalam pemanfaatan bahan alam dalam meningkatkan pelapukan untuk kesuburan tanah.

TINJAUAN PUSTAKA DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Batuan Beku Trakit

Batuan beku Trakit merupakan batuan beku yang bersifat masam, terbentuk pada zona hipabisal (gang/korok) dan bertekstur porfiritik. Porfiri menunjukkan tekstur hipokristalin, dimana terdapat mineral sulung (*Phenocryst*) di dalam massa dasar gelas/kristal. Tekstur ini menunjukkan adanya dua tahap pembekuan magma, yaitu tahap pembentukan mineral sulung dan tahap pembentukan massa dasar (Rogers dan Adams 1966).

Batuan Trakit memiliki kandungan silika (SiO_2) > 66%, dengan kandungan mineral utama K-Feldspar > 2/3 seluruh feldspar, Kuarsa dan Feldspatoid < 10%, dengan mineral tambahan utama; Hornblende, Biotit, Piroksin dan muskovit. Mineral tambahan dalam jumlah yang kecil berupa; Amphibol, Aegerin dan Turmalin (Travis 1955). Kandungan mineral Plagioklas didominasi oleh Oligoklas dan Albit (Raymond 1995).

Batuan beku Trakit Porfiri yang terdapat di Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep Propinsi Sulawesi Selatan memperlihatkan warna putih keabuan hingga kelabu muda, bertekstur porfiritik dengan kandungan mineral K-Feldspar ($(\text{K,Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$) dan Biotit ($\text{K}_2(\text{Mg,Fe})_2(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$) sebagai mineral sulung. Menurut Sukamto (1982), ukuran mineral sulung K-feldspar dapat mencapai panjang hingga 3 cm (Foto 1). Mineral K-feldspar termasuk ke dalam kelompok mineral silikat grup tektosilikat sedangkan mineral Biotit termasuk ke dalam kelompok mineral silikat grup phyllosilikat (Kerr, 1959). Hasil analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) dari batuan Trakit Porfiri (Tabel 1) di daerah Pangkep menunjukkan data bahwa batuan ini banyak mengandung Unsur Fe, Ca, K, Mg, P dan S yang sangat penting sebagai sumber hara bagi tanaman (Ahmad, 2011). Cadangan batuan Trakit di pangkep berkisar 198.360.000 ton (Priyono *et al.* 2005).



Foto 1 Kenampakan mineral K-Feldspar (F) yang berukuran ≥ 1 cm pada batuan Trakit.

Tabel 1 Kandungan senyawa dan unsur batuan beku Trakit Porfiri.

Senyawa	Trakit Porfiri (% bobot)	Senyawa	Trakit Porfiri (% bobot)
SiO ₂	62,09 (29,03)	MnO	0,0515 (0,0399)
Al ₂ O ₃	19,38 (10,26)	CuO	0,0109 (0,0087)
Fe ₂ O ₃	3,27 (2,29)	S	–
CaO	0,714 (0,511)	Co ₃ O ₄	0,0036 (0,0028)
MgO	0,363 (0,219)	Cl	0,0089 (0,0089)
K ₂ O	6,79 (5,63)	NiO	0,0034 (0,0027)
Na ₂ O	2,95 (2,19)	BaO	–
P ₂ O ₅	0,264 (0,115)	ZnO	0,0055 (0,0044)

Ket : (...) % bobot unsur

Batuan Sedimen Serpih

Batuan sedimen batu lempung yang banyak mengandung bahan organik yang dikenal dengan nama batu Serpih atau batu lempung hitam (Foto 2). Batu Serpih dikenal dalam dunia perminyakan sebagai batuan sedimen sumber minyak bumi. Penemuan batu Serpih merupakan indikasi ditemukannya jebakan minyak bumi (Tourtelot 1979).

Batu Serpih yang tersingkap di Pangkep merupakan anggota dari Formasi Balang baru yang berumur Kapur dan memiliki ketebalan 2000 meter (Sukanto, 1982). Batuan ini mulai tersingkap ke permukaan akibat proses pengerjaan jalan desa pada tahun 2006.



Foto 2 Kenampakan batu Serpih di desa Mangilu Kabupaten Pangkep.

Analisis kandungan bahan organik pada endapan sedimen, terutama kandungan C-organik memberikan nilai C-organik pada batu Serpih berkisar antara 0,40-1,68 % bobot (Wedephol, 1978).

Hubungan Litologi Batuan Trakit dan Batu Serpih

Secara litostratigrafi batuan beku Trakit dan batu Serpih memiliki kontak struktur dimana batuan yang berumur Kapur (batu Serpih) bisa terdapat bersama-sama dengan batuan terobosan yang berumur Miosen (batuan beku Trakit). Hasil penelitian lapangan menunjukkan tidak terdapatnya backing efek (efek dari intrusi batuan terobosan). Kontak antara batu Serpih dan batuan beku Trakit ditunjukkan pada Foto 3.



Foto 3 Kontak batuan beku Trakit dan batu Serpih

Pelapukan Batuan dan Pembentukan Tanah

Proses pelapukan batuan dan pembentukan tanah merupakan faktor yang sangat terkait. Perubahan batuan menjadi tanah dipengaruhi oleh faktor iklim, topografi, organisme dan waktu. Faktor iklim, utamanya curah hujan membantu pelapukan batuan melalui proses hidrolisis dan hidrasi. Kedua proses ini dapat menimbulkan reaksi pada permukaan mineral dalam batuan yang menyebabkan reaksi kimia dan pelepasan hara dari mineral. Faktor waktu adalah faktor yang paling penting dalam membentuk profil tanah semakin dalam profil tanah maka waktu yang dibutuhkan juga akan semakin panjang. Aktivitas organisme (hewan dan tumbuhan) akan menghasilkan asam organik yang dapat mempengaruhi kestabilan mineral sehingga mengalami pelapukan. Asam organik memiliki gugus fungsional yang dapat mengalami disosiasi dan melepaskan proton (H^+) yang dapat menyerang mineral batuan. Selain itu sisa asamnya (anion organik) dapat membentuk senyawa kompleks dengan kation-kation pada tepi mineral atau kation yang terlepas dari mineral. Dengan demikian asam-asam organik ini nyata berperan dalam pelapukan kimia yang dikenal dengan proses biokimia.

Senyawa Organik

Senyawa organik memiliki peranan dalam destruksi mineral dan pelepasan unsur (Ahmad, 2011). Senyawa organik yang berbobot molekul rendah dapat mendestruksi ikatan mineral silikat (Stevenson diacu dalam Aiken *et al.* 1985) senyawa organik yang belum terdekomposisi telah diujicoba oleh beberapa ahli

dalam meningkatkan pelapukan mineral. Tetapi belum memberikan hasil yang memuaskan. Senyawa organik yang telah terdekomposisi telah memberikan bukti dapat meningkatkan pelarutan unsur dari mineral silikat (Tan 1986; Ahmad 2011). Senyawa organik yang telah terdekomposisi umumnya didapatkan dalam bentuk senyawa humat yang terdiri dari asam humat, asam fulvat, humin dan himatomelanat yang dapat diekstrak dengan cara berbeda (Tabel 2).

Tabel 2 Fraksi Senyawa Humat

Fraksi	Alkali	Asam	Alkohol
Asam Fulvat	Larut	Larut	-
Asam Humat	Larut	Tidak Larut	Tidak Larut
Himatomelanat	Larut	Tidak Larut	Larut
Humin	Tidak larut	Tidak larut	Tidak larut

Senyawa humat tidak hanya terdapat di dalam tanah, tetapi juga terdapat di dalam batuan, endapan sedimen sungai, laut, dan danau. Berdasarkan hal tersebut, senyawa humat diklasifikasikan ke dalam 5 tipe (Tan, 2003), yaitu :

1. Senyawa humat yang berasal dari *Terrestrial* atau tanah, dibedakan berdasarkan asal dari bahan organiknya; kayu daun jarum (*softwood*), kayu daun lebar (*hardwood*), rumput dan bambu.
2. Senyawa humat dari *aquatic*, merupakan senyawa humat yang berasal dari endapan sungai, laut dan danau, yang materialnya dapat berasal dari luar maupun dalam cekungan. Jika bahannya berasal dari luar cekungan, maka komposisi senyawa humatnya mirip dengan *terrestrial*.
3. Senyawa humat dari gambut atau endapan rawa.
4. Senyawa humat dari endapan geologi, berupa batubara dan Serpih.
5. Senyawa humat dari *Anthropogenic*; senyawa humat yang berasal dari aktivitas pertanian, industri, ternak, unggas dan sisa pembuangan (sampah).

Menurut Lobartini *et al.* (1992), perbedaan tipe tersebut mempengaruhi jumlah gugus dan total kemasaman yang terbentuk. Menurut Tan (2003), Komposisi kimia senyawa humat dari tipe di atas berbeda – beda, dipengaruhi oleh bahan asal dan iklimnya.

Senyawa humat yang terdapat dalam tanah memiliki kandungan asam humat lebih tinggi dibanding asam fulvat sedangkan yang terdapat dalam batuan memiliki konsentrasi asam fulvat lebih tinggi dibanding asam humat.

Fungsi dari senyawa humat (Mayhew, 2004) antara lain:

1. Khelating agen
2. Menghilangkan unsur toksin
3. Meningkatkan aktivitas biologi dan memperbaiki struktur tanah
4. Meningkatkan *water holding capacity*