

IDENTIFIKASI SIFAT FISIK TANAH PADA KAWASAN TERKENA DAMPAK LIKUIFAKSI DI DESA JONO OGE LEMBAH PALU

Identification of Soil Physical Properties in Impacted Liquefaction Area in Jono Oge Village of Palu Valley

Akbar Wirawan¹⁾, Danang Widjajanto²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

²⁾Staf Dosen Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Tondo-Palu 94118, Sulawesi Tengah. Telp. 0451-429738

Email: akbarwirawan91@gmail.com, danangwidjajanto20@gmail.com

ABSTRACT

The study aimed to identify the physical properties of land affected by liquefaction in Jono Oge village, Palu Valley. Land survey in which soil samples purposively taken was carried and soil analysis were then conducted in the Soil Science Unit Laboratory, Faculty of Agriculture, Tadulako University. The time of research started from January to May 2019. The soil textures of the liquefied area are loam to loamy sand whereas those of the unaffected area are sandy loam. The saturated soil hydraulic conductivity ranged from slow to fast in both areas. The bulk density ranged from light to heavy in the liquefied area and moderate to heavy in its counterpart. Plasticity index was classified as very low to moderate in the liquefied area and low to moderate in its counterpart. In general, the saturated water content and field capacity were generally higher in the unaffected area than in the liquefied area.

Keywords : Jono Oge Village, Liquefaction, Palu Valley, and Soil Physical Properties.

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi sifat-sifat fisik tanah yang terkena dampak likuifaksi di Desa Jono Oge Lembah Palu. Survei tanah dengan metode *purposive sampling* dilaksanakan di Desa Jono Oge Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. Analisis sifat fisik tanah dilaksanakan di Laboratorium Unit Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Waktu penelitian dimulai bulan Januari hingga Mei 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa areal yang terkena dampak likuifaksi memiliki tekstur tanah yang tergolong lempung hingga pasir berlempung, konduktivitas Hidraulik jenuh tergolong lambat hingga cepat, kadar air jenuh dan kapasitas lapang lebih tinggi dari tanah yang tidak terdampak likuifaksi, bobot isi tanah tergolong ringan hingga sedang, indeks plastisitas tergolong sangat rendah hingga sedang. Areal yang tidak terkena dampak likuifaksi memiliki tekstur tanah lempung hingga lempung berpasir, konduktivitas Hidraulik jenuh yang tergolong agak lambat, kadar air jenuh dan kapasitas lapang pada area yang tidak terkena likuifaksi lebih rendah dari tanah yang terkena likuifaksi, bobot isi tanah yang tergolong sedang hingga berat dan plastisitas tergolong rendah hingga sedang.

Kata Kunci : Desa Jono Oge, Lembah Palu, Likuifaksi, dan Sifat Fisik Tanah.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting sebagai penghasil bahan pangan, sandang, perumahan, tambang, energi serta tempat dilaksanakannya segala aktivitas dan kegiatan ekonomi, terutama kegiatan produksi dibidang pertanian (Darmawijaya, 1990).

Sifat fisika tanah merupakan unsur lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap ketersediaan air, udara tanah dan secara tidak langsung mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Sifat ini juga mempengaruhi potensi tanah untuk dapat memproduksi secara maksimal (Naldo, 2011).

Dewasa ini, ketersediaan lahan pertanian semakin berkurang akibat peralihan fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi lahan pemukiman. Selain itu berkurangnya lahan juga disebabkan oleh beberapa fenomena bencana alam seperti tanah longsor, erosi maupun likuifaksi.

Likuifaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa. Lapisan tanah berubah menjadi seperti cairan sehingga tidak mampu menopang beban bangunan didalam atau diatasnya, yang disebabkan oleh beban siklik pada waktu terjadi gempa sehingga tekanan air pori meningkat mendekati atau melampaui tegangan vertikal (Towhata, 2008).

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2018), luasan yang terkena dampak likuifaksi sangat besar. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa likuifaksi pasca gempa Sulawesi Tengah (Sulteng) yang menyebabkan pengangkatan dan amblesan akibat likuifaksi di Jono Oge, Kabupaten Sigi, mencapai 366 unit rumah dengan luas area 202 hektar.

Fenomena ini telah banyak menjadi penyebab dari hilangnya sumber daya lahan, hancurnya bangunan di beberapa kejadian gempa bumi. Fenomena likuifaksi yang pernah terjadi di Desa Jono Oge Kabupaten Sigi pasca gempa Sulawesi Tengah

meebabkan terjadinya longsoran lempeng tanah, amblesnya bangunan dan perpindahan lateral pada permukaan tanah yang berupa retakan serta hilangnya lahan pertanian masyarakat.

Sebagaimana yang telah dijelaskan bahwa perilaku likuifaksi pada tanah bersifat merusak dan menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap stabilitas tanah dapat menyebabkan perubahan terhadap sifat-sifat tanah serta hilangnya lahan pertanian yang sangat merugikan petani karena kehilangan tempat mata pencaharian, maka langkah awal yang perlu dilakukan dalam rangka perbaikan sumber daya lahan akibat bencana likuifaksi adalah mengidentifikasi sifat fisik tanah pada kawasan yang terkena dampak likuifaksi untuk dapat memberikan informasi sifat fisik tanah yang terkena dampak likuifaksi dan memberikan rekomendasi kebijakan penggunaan dan pengelolaan lahan pasca bencana likuifaksi di Desa Jono Oge lembah Palu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Jono Oge Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi di lahan pertanian yang terkena dan tidak terkena dampak likuifaksi. Analisis sifat fisik tanah dilaksanakan di Laboratorium Unit Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari sampai Mei 2019.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan survei dilapangan seperti ring sampel, kertas label, palu, balok, meteran, plastik, linggis, bor tanah, parang, mistar, GPS (Global Position System), kamera dan alat tulis menulis serta peralatan pendukung untuk analisis di Laboratorium.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah yang berasal dari Desa Jono Oge yang terdampak dan tidak terdampak likuifaksi dan beberapa bahan kimia yang merupakan bahan pendukung untuk analisis sifat fisik tanah dilaboratorium.

Penelitian ini menggunakan metode survei dilapangan dan kemudian didukung dengan hasil analisis di Laboratorium.

Pelaksanaan Penelitian

Survei dan Pengambilan Sampel Tanah.

Pengamatan dan pengambilan sampel tanah di lapangan ditentukan berdasarkan teknik *purposive sampling* dan diambil dilokasi terkena dampak likuifaksi dan daerah yang tidak terkena dampak likuifaksi. Titik koordinat pengambilan sampel tanah disesuaikan pada saat proses penentuan titik sampel dilapangan dengan menggunakan GPS. Sampel tanah yang diambil dilapangan berupa sampel tanah utuh dan sampel tanah tidak utuh. Tanah utuh diambil pada lapisan atas (topsoil) menggunakan ring sampel sedangkan tanah tidak diambil menggunakan bor tanah berdasarkan lapisan tanah pada kedalaman 0-120 cm. Kemudian contoh tanah yang diambil dibungkus dengan kantong plastik dan diberi label dan kode sampel.

Tabel 1. Titik Koordinat Pengambilan Sampel Tanah.

Kode Sampel	Titik Koordinat
JL 1	0° 59' 6,72" S 119° 55' 12,81" E
JL 2	0° 59' 4,58" S 119° 55' 17,54" E
JL 3	0° 59' 1,95" S 119° 55' 23,54" E
JL 4	0° 59' 7,87" S 119° 55' 25,21" E
JL 5	0° 59' 9,75" S 119° 55' 6,96" E
JL 6	0°59' 11,42" S 119° 55' 2,33" E
JL 7	0°59' 14,62" S 119° 54' 56,44" E
JL 8	0°59' 17,60" S 119° 54' 50,70" E
JTL 1	0°59' 16,50" S 119° 55' 26,74" E
JTL 2	0°58' 59,97" S 119°54' 45,66" E
JTL 3	0° 59' 1,18" S 119° 54' 22,52" E

Analisis Tanah.

Tabel 2. Variabel Amatan Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya.

No	Analisis	Metode
1	Konduktivitas Hidraulik Jenuh	Constant Head Permeameter
2	Kadar Air Tanah	Gravimetrik
3	Tekstur Tanah	Pipet
4	Bobot Isi Tanah	Gravimetri
5	Konsistensi Tanah	Angka Atterbeg

Analisis Data. Analisis data yang digunakan menggunakan metode deskriptif yaitu mendeskripsikan masing-masing variabel sifat fisik tanah berdasarkan hasil analisis tanah dilaboratorium. Data hasil analisis diinterpretasi dengan melihat kecenderungan nilai data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekstur Tanah. Tabel 3 menunjukkan bahwa tekstur tanah pada daerah yang terkena likuifaksi (JL) pada titik JL 1 tergolong tanah lempung, JL 2 tergolong Lempung berpasir, JL 3 tergolong pasir berlempung, titik JL 4, 5 dan 6 tergolong lempung berpasir, titik JL 7 tergolong tanah lempung liat berpasir dan pada titik JL 8 tergolong pasir berlempung.

Pada tanah yang tidak terkena dampak likuifaksi (JTL) terlihat bahwa pada titik JTL 1 tergolong tanah lempung, titik JTL 2 tergolong tanah lempung berpasir dan pada titik JTL 3 tergolong tanah lempung liat berpasir.

Tanah lempung merupakan tekstur tanah yang mengandung liat 7-27 %, debu 28-50 % dan pasir kurang dari 52 %. Tanah yang bertekstur lempung akan membentuk bongkah atau gumpalan yang sangat keras jika kering, dan akan cukup plastis dan lekat jika dalam keadaan basah, dan jika lembab akan menghasilkan pita-pita tanah lentur Panjang (Mubaraq, 2008).

Konduktivitas Hidraulik Jenuh. Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai konduktivitas

pada daerah yang terkena dan tidak terkena dampak likuifaksi terdapat perbedaan. Pada titik JL 1 dan 5 memiliki konduktivitas Hidraulik jenuh yang tergolong lambat, pada titik JL 2, 4, 6 dan 9 tergolong lambat, pada titik JL 3 dan 8 tergolong sedang dan pada titik JL 7 tergolong cepat. Sedangkan pada daerah yang tidak terkena likuifaksi yakni titik JTL 1, 2 dan 3 tergolong tanah dengan konduktivitas Hidraulik jenuh agak lambat.

Perbedaan ini disebabkan karena pada daerah yang terkena likuifaksi telah mengalami pencampuran antara tanah lapisan atas dan lapisan bawah yang menyebabkan tanah berubah dari sifat aslinya sehingga kecepatan tanah mengalirkan air ke lapisan bawah berubah.

Tanah pada areal yang tidak terkena dampak likuifaksi tidak mengalami perubahan karena masih merupakan sifat asli dari tanah tersebut. Cepatnya laju permeabilitas dipengaruhi oleh kerapatan massa dan kerapatan partikel tanah. Tanah yang didominasi fraksi pasir, akan mempercepat laju infiltrasi karena memiliki pori makro dan sebaliknya jika lapisan itu di dominasi

Tabel 3. Tekstur Tanah Terlikuifaksi di Desa Jono Oge

Kode Sampel	Kelas Tekstur
JL 1	Lempung
JL 2	Lempung berpasir
JL 3	Pasir berlempung
JL 4	Lempung berpasir
JL 5	Lempung berpasir
JL 6	Lempung berpasir
JL 7	Lempung liat berpasir
JL 8	Pasir berlempung
JTL 1	Lempung
JTL 2	Lempung berpasir
JTL 3	Lempung liat berpasir

Tabel 4. Konduktivitas Hidraulik Jenuh terlikuifaksi di Desa Jono Oge

Kode Sampel	Konduktivitas Hidraulik Jenuh (cm/jam)	Kriteria
JL 1	0,66	Agak Lambat
JL 2	0,15	Lambat
JL 3	2,61	Sedang
JL 4	0,22	Lambat
JL 5	1,62	Agak Lambat
JL 6	0,49	Lambat
JL 7	16,95	Cepat
JL 8	5,44	Sedang
JL 9	0,27	Lambat
JTL 1	1,38	Agak Lambat
JTL 2	0,70	Agak Lambat
JTL 3	0,66	Agak Lambat

oleh debu atau liat maka permeabilitasnya akan rendah.

Hal ini sesuai dengan pendapat Hanafiah (2005), yang menyatakan bahwa pori tanah sangat menentukan dalam dalam permeabilitas (konduktivitas Hidraulik tanah), semakin besar pori dalam tanah tersebut, maka semakin cepat pula permeabilitas tanah tersebut.

Bobot Isi Tanah. Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai bobot isi tanah pada daerah yang terkena likuifaksi terdapat perbedaan. Pada titik JL 1, 3, 4, dan 7 memiliki bobot isi tanah yang tergolong sedang, pada titik JL 2, 5, 6, 8 dan 9 tergolong ringan. Sedangkan pada daerah yang tidak terkena likuifaksi yakni titik JTL 1 dan 2 memiliki bobot isi tanah berat dan pada JTL 3 memiliki bobot isi tanah yang tergolong sedang.

Peningkatan bobot isi tanah menyebabkan menurunnya daya tanah untuk menghantarkan air, dan sebaliknya pada tanah-tanah yang kurang mengalami

Tabel 5. Bobot Isi Tanah terlikuifaksi di Desa Jono Oge

Kode Sampel	Bobot Isi Tanah (g/cm ³)	Kriteria
JL 1	1,25	Sedang
JL 2	1,11	Ringan
JL 3	1,27	Sedang
JL 4	1,15	Sedang
JL 5	1,18	Ringan
JL 6	1,12	Ringan
JL 7	1,31	Sedang
JL 8	1,12	Ringan
JL 9	1,10	Ringan
JTL 1	1,43	Berat
JTL 2	1,54	Berat
JTL 3	1,36	Sedang

pemadatan maka berat volume tanah menjadi rendah dan daya tanah untuk menghantarkan air menjadi lebih cepat (Hasanah, 2008).

Menurut Islami dan Utomo (1995), berat bobot isi tanah bervariasi dan memiliki kisaran antara 1,0 – 1,6 g/cm³, tergantung dari tekstur tanah, kandungan bahan organik dan struktur tanah.

Kadar Air Tanah. Tabel 6 menjelaskan bahwa kadar air jenuh pada tanah pada areal terkena dampak likuifaksi lebih tinggi daripada areal yang tidak terkena likuifaksi. Pada area likuifaksi kandungan air tertinggi yaitu pada JL 8 dengan kadar air jenuh 51,31% dan terendah pada JL 7 yaitu 39,70%, Sedangkan pada area yang tidak terkena likuifaksi kadar air jenuh tertinggi pada JTL 3 hanya 41,19% dan terendah pada JTL 2 yaitu 32,16%.

Berdasarkan hasil analisis kadar air kapasitas lapang, kandungan air pada tanah pada areal terkena dampak likuifaksi lebih tinggi daripada areal yang tidak terkena likuifaksi. Pada area likuifaksi kandungan air tertinggi yaitu pada JL 3 dengan kadar air 28,07% dan terendah pada

JL 7 yaitu 18,14%, Sedangkan pada area yang tidak terkena likuifaksi kadar air kapasitas lapang tertinggi pada JTL 3 hanya 21,32% dan terendah pada JTL 2 yaitu 14,88%.

Kapasitas tanah menahan air berhubungan erat dengan luas permukaan tanah maupun volume ruang pori tanah, sehingga kapasitas tanah menahan air berhubungan langsung dengan tekstur dan struktur tanah. Tanah dengan tekstur halus mempunyai kapasitas menahan air yang lebih besar dibandingkan dengan dengan tekstur kasar. Karena tanah yang didominasi ruang pori mikro sehingga akan membatasi pergerakan air menjadi air kapiler (Foth, 1998).

Hardjowigeno (2003) berpendapat bahwa tanah-tanah bertekstur kasar mempunyai daya menahan air lebih kecil daripada tanah bertekstur halus. Hal tersebut juga sependapat bahwa tanah bertekstur kasar mempunyai kemampuan menyimpan air yang sangat rendah.

Konsistensi Tanah. Tabel 7 menunjukkan bahwa indeks plastisitas pada tanah yang terkena likuifaksi di titik JL 1 tergolong sedang, pada titik JL 2 tergolong sedang, pada titik JL 3 tergolong rendah. Pada titik JL 4 memiliki indeks plastisitas yang tergolong sangat rendah, pada titik JL 5 tergolong sedang, pada titik JL 6 dan 7 tergolong rendah dan pada titik 8 memiliki indeks plastisitas yang tergolong sangat rendah.

Areal yang tidak terkena likuifaksi pada titik JTL 1 dan 2 memiliki indeks plastisitas yang rendah dan pada titik JTL 3 tergolong tanah dengan indeks plastisitas sedang.

Perbedaan konsistensi tanah ini dipengaruhi oleh tekstur tanah, tanah yang didominasi oleh partikel pasir memiliki indeks plastisitas yang rendah sedangkan tanah yang didominasi oleh partikel liat memiliki indeks plastisitas yang lebih tinggi. Kurnia, *dkk* (2006), menyatakan bahwa pasir yang didominasi oleh mineral pasir kuarsa dan mineral pasir lainnya tidak

memiliki sifat plastis walaupun ukuran partikelnya halus dan berapapun air yang ditambahkan. Semua mineral liat mempunyai sifat plastid an dapat digulung atau di ulir tipis seperti benang pada kadar air tertentu dan tidak menjadi hancur.

Menurut Jatmoko (2000), plastisitas merupakan sifat tanah yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk asalnya, plastisitas ini sangat dipengaruhi oleh kadar air, Tanah dengan fraksi liat akan terasa halus, licin dan memiliki tingkat plastisitas yang lebih tinggi.

Hadi, *dkk* (2012), menyatakan bahwa plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali kebentuk asalnya, dan tanpa terjadi retakan atau terpecah-pecah dan nilai plastisitas ini sangat dipengaruhi oleh kadar air. Hal ini sesuai dengan pendapat Muhtadi (2011) yang menyebutkan bahwa plastisitas bergantung pada kadar air, batas cair ini merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kembang-susut tanah.

Tabel 6. Kadar Air Tanah (%) terlikuifaksi di Desa Jono Oge

Kode Sampel	Kadar Air Tanah (%)	
	Jenuh (%)	Kapasitas Lapang (%)
JL 1	45,11	22,42
JL 2	49,83	26,46
JL 3	42,38	28,07
JL 4	51,04	22,09
JL 5	50,95	24,34
JL 6	51,31	24,43
JL 7	39,70	18,14
JL 8	51,52	25,16
JL 9	47,03	27,19
JTL 1	32,78	15,80
JTL 2	32,16	14,88
JTL 3	41,19	21,32

Tabel 7. Konsistensi Tanah (%) ter- likuifaksi di Desa Jono Oge

Kode Sampel	Konsistensi Tanah (g/cm ³)	Kriteria
JL 1	24,55	Sedang
JL 2	21,28	Sedang
JL 3	10,29	Rendah
JL 4	12,63	Rendah
JL 5	20,28	Sedang
JL 6	12,81	Rendah
JL 7	17,82	Rendah
JL 8	8,27	Sangat Rendah
JTL 1	19,78	Rendah
JTL 2	18,03	Rendah
JTL 3	23,81	Sedang

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

Berdasarkan penelitian mengenai identifikasi sifat fisik tanah pada Kawasan terkena dampak likuifaksi di Desa Jono Oge Lembah Palu dapat disimpulkan:

Areal yang terkena dampak likuifaksi memiliki tekstur tanah yang tergolong lempung hingga pasir berlempung, konduktivitas Hidraulik jenuh tergolong lambat hingga cepat, kadar air jenuh dan kapasitas lapang lebih tinggi dari tanah yang tidak terdampak likuifaksi, memiliki bobot isi tanah yang ringan hingga sedang, indeks plastisitas tergolong sangat rendah hingga sedang.

Areal yang tidak terkena dampak likuifaksi memiliki tekstur tanah lempung hingga lempung berpasir, konduktivitas Hidraulik jenuh yang tergolong agak lambat, kadar air jenuh dan kapasitas lapang pada area yang tidak terkena likuifaksi lebih rendah dari tanah yang terkena likuifaksi, bobot isi tanah yang tergolong sedang hingga berat dan plastisitas tergolong rendah hingga sedang.

Saran.

Penelitian ini memiliki intensitas pengamatan yang rendah sehingga tidak

dapat memetakan karakteristik sifat fisik tanah pada skala yang lebih detail sehingga disarankan untuk melakukan penelitian berdasarkan pengambilan sampel tanah sistem grid dan perlunya peralatan yang dapat menunjang pengambilan sampel pada subsoil atau kedalaman tertentu serta perlunya data yang dapat mendukung penjelasan mengenai fenomena likuifaksi di daerah penelitian .

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Sulteng, 2018. Penanganan Wilayah Terdampak Likuifaksi Pasca Gempa Sulawesi Tengah.
- Darmawijaya, I. 1990. *Klasifikasi Tanah: Dasar Teori bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Foth, 1998. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Hadi, B., Yusuf N., M. Ikdham., 2012. *Analisis Sifat Fisika Tanah Akibat Lintasan Bajak dan Traktor Roda Empat*. J. Manajemen Sumber Daya Lahan 1 (1): 43-53.
- Hanafiah, 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada: Jakarta
- Hardjowigeno S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hasanah, U. 2008. *Influence of Matric Suction on Soil Aggregat Coalescence*. J. Agroland 15 (2) : 6-10.
- Islami, .. dan W.H. Utomo., 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Ikip Semarang Press, Semarang.
- Jatmoko. H. D., 2000. *Tinjauan Plastisitas Tanah Lempung yang distabilisasi dengan Kapur*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo. J. Agroteksos 1 (1) : 37-47
- Kurnia, U. F., Agus, A., Adimihaedja., A. Dairah., 2006. *Sifat Fisika Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Penelitian dan Pengembang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Mubaraq, 2008. *Sifat Fisik Tanah di bawah Tegakan Pinus di Desa Tungkolawi, Kecamatan Kulaw, Kabupaten Sigi..* Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako. Palu.
- Muhtadi, A 2011. *Batas-batas Atterberg*. Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Narotama. Surabaya.
- Naldo, R. A., 2011. *Sifat Fisika Ultisol Limau Manis Tiga Tahun Setelah Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Hijauan*. Fakultas Pertanian, UNAND, Padang, J. Solum 5 (2): 78-87
- Towhata, 2008. *Geoteknik Gempa*: Springer Science & Business Media