

---

## Solidifikasi Struktur Tanah Lempung Lunak Banjarmasin Dengan Limbah Plastik Pet (*Polyethylene Terephthalate*)

**Irwandy Muzaidi<sup>1</sup>**

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Kota Banjarmasin

Email: [irwandy.muzaidi@umbjm.ac.id](mailto:irwandy.muzaidi@umbjm.ac.id)

**Elia Anggarini<sup>2</sup>**

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Kota Banjarmasin

Email: [eliaang@umbjm.ac.id](mailto:eliaang@umbjm.ac.id)

**Dyah Pradhitya Hardiani<sup>3</sup>**

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Kota Banjarmasin

Email: [Dyah.hardiani@umbjm.ac.id](mailto:Dyah.hardiani@umbjm.ac.id)

### **Abstrak**

Pembangunan jalan raya sering mengalami masalah pada saat pembangunannya, diantaranya pada daerah berjenis tanah ekspansif, swelling soils dan tanah lunak. Di Banjarmasin umumnya masalah yang sering dihadapi adalah pembangunan jalan raya di atas tanah lempung lunak,. Limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) sangat banyak dijumpai di Banjarmasin. Limbah plastik tersebut dibiarkan/ dibuang begitu saja dan sangat jarang dimanfaatkan sebagai alternatif solusi permasalahan baik dibidang infrastruktur maupun bidang lainnya. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) untuk stabilisasi tanah lempung lunak Banjarmasin. Adapun komposisi campuran sebesar 1%, 3% dan 5% limbah plastik PET dari berat total sampel tanah. Sedangkan ukuran limbah plastik di variasikan dengan ukuran 0,5x0,5 cm , 1x1 cm dan 2x2 cm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dari sifat fisis dan nilai kuat geser tanah serta nilai kuat tekan bebas tanah sebelum dan sesudah adanya penambahan limbah plastik PET. Dari hasil pengujian UCT dan Direct Shear dengan potongan PET berbagai ukuran dapat diketahui bahwa semakin besar ukuran potongan PET maka akan meningkatkan nilai uji tekan bebas. Nilai uji tekan bebas tertinggi didapat pada campuran tanah dengan potongan 2,0 cm x 2,0 cm dengan campuran tanah asli + 3% potongan limbah PET yaitu sebesar 1,366 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Banjarmasin, Direct Shear, PET, Tanah Lempung Lunak, UCT

### **Abstract**

Road construction often experiences problems during its construction, including in areas of expansive soil type, swelling soils, and soft soil. In Banjarmasin generally, the problem that is often faced is the construction of roads on soft clay soil. PET (*Polyethylene Terephthalate*) plastic waste is very common in Banjarmasin. Plastic waste is thrown away and is rarely used as an alternative solution to problems in infrastructure and other fields. This study, using PET (*Polyethylene Terephthalate*) plastic waste for the stabilization of soft clay soil in the city of Banjarmasin. The composition of the mixture is 1%, 3%, and 5% PET plastic waste from the total weight of the soil sample. While the size of plastic waste is varied with sizes 0.5x0.5 cm, 1x1 cm, and 2x2 cm. The purpose of this study was to determine the value of the physical properties and the value of the soil

---

*shear strength and the value of the free compressive strength of the soil before and after the addition of PET plastic waste. From the results of UCT and Direct Shear testing with PET pieces of various sizes, it can be seen that the larger the size of the PET pieces, the higher the free compression test value. The highest free compressive test value was obtained in the soil mixture with pieces of 2.0 cm x 2.0 cm with a mixture of original soil + 3% pieces of PET waste, which was 1.366 kg/cm<sup>2</sup>*

**Keywords:** Banjarmasin, Direct Shear, PET, Soft clay, UCT

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan suatu konstruksi jalan, bendungan dan tanggul, sering kali berhadapan dengan masalah yang kompleks jika harus dibangun pada daerah rawa atau tanah lempung lunak dengan muka air yang dangkal atau lebih tinggi dari permukaan tanah setempat (tergenang) sehingga perlu dilakukan pekerjaan timbunan sebelum konstruksi lain didirikan. Namun dengan adanya tambahan beban dan rendahnya kuat geser undrained serta besarnya kompresibilitas sering kali menimbulkan masalah stabilitas dan penurunan pada tanah dasar.

Pembangunan di Indonesia yang selalu dilakukan salah satunya adalah di bidang transportasi yaitu pembangunan jalan raya. Dalam suatu pembangunan konstruksi jalan raya, hal yang harus selalu diperhatikan adalah jenis tanah apa yang akan digunakan sebagai lapisan tanah dasarnya (subgrade). Lapisan tanah dasar inilah yang mempunyai peran penting sebagai pemikul beban statis maupun beban dinamis di atasnya (Muzaidi, Fitriansyah, & Hardiani, 2018)

Akan tetapi dalam prakteknya di lapangan, sering dijumpai masalah-masalah teknis yang berkaitan dengan tanah. Pembangunan jalan raya sering mengalami masalah pada saat pembangunannya, diantaranya pada daerah berjenis tanah ekspansif, swelling soils dan tanah lunak. Di Banjarmasin umumnya masalah yang sering dihadapi adalah pembangunan jalan raya di atas tanah lunak atau tanah lempung lunak, dikarenakan jenis tanah di Banjarmasin termasuk jenis tanah lunak.

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lempung lainnya. Adapun tanah lempung lunak secara umum mempunyai sifat kuat geser rendah, bisa kadar air bertambah, kuat gesernya berkurang, bila sudut gesernya terganggu kuat gesernya berkurang, menyusut bila kering dan mengembang bila basah.

Beberapa penelitian terdahulu tentang stabilisasi tanah dengan limbah plastik diantaranya adalah (Endaryanta & Wibowo, 2016) meneliti tentang pemanfaatan dan modifikasi limbah plastik untuk perbaikan sifat teknik (kuat-geser) tanah lempung. Dari penelitian tersebut didapatkan kenaikan nilai  $q_u$  pada tanah lempung yang distabilisasi dengan potongan limbah plastik dan nilai dari sudut gesek  $\phi$  akan naik sebanding dengan penambahan potongan plastik bergirigi.

---

(Hisyam & Manalu, 2014) meneliti tentang pemanfaatan limbah plastik untuk stabilitas lereng. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin kecil persen campuran limbah plastik terhadap tanah maka akan menaikkan nilai sudut geser tanah yang akan berpengaruh dalam keamanan stabilitas lereng.

(Fathonah, Intari, & Mina, 2018) meneliti tentang pemanfaatan limbah plastik PET (Polyethylene Terephthalate) sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa serbuk plastik mempengaruhi nilai kuat tekan bebas sesuai dengan persentase plastik yang diberikan.

(K, Mina, & Supandi, 2017) meneliti tentang stabilisasi tanah lempung lunak menggunakan fly ash dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan bebas. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan penambahan limbah fly ash dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas dari tanah lempung tersebut.

Berdasarkan dari permasalahan diatas, maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Solidifikasi Struktur Tanah Lempung Lunak Banjarmasin dengan Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dari sifat fisis dan nilai kuat geser tanah serta nilai kuat tekan bebas tanah sebelum dan sesudah adanya penambahan limbah plastik PET.

## 2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah model eksperimen, yaitu dengan mengambil sampel tanah lempung lunak di lokasi pengambilan sampel yaitu di Banjarmasin dan kemudian akan dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis di laboratorium.

Sampel tanah lempung lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah terganggu (*disturb*). Tanah digali dengan menggunakan cangkul dan tanah dimasukkan ke dalam karung, lalu sampel tanah tersebut langsung dibawa ke laboratorium mekanika tanah untuk dilakukan pengujian.

Pembuatan benda uji pada penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu, tanah lempung lunak tanpa penambahan limbah plastik PET dan tanah lempung lunak dengan tambahan limbah plastik PET. Berat limbah plastik PET (%) dari berat kering tanah asli. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah plastik PET. Berikut komposisi campuran yang akan digunakan pada pembuatan benda uji.

Pada campuran ditetapkan berat tanah bercampur dengan limbah plastik PET yang digunakan sebesar 5000 gr. Komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Komposisi campuran Tanah Asli (TA) dan Limbah plastik PET

| No. | Ukuran Limbah Plastik | Komposisi Campuran           | Jumlah Benda Uji |
|-----|-----------------------|------------------------------|------------------|
| 1.  | 0,5 x 0,5 cm          | - Tanah Asli + 1% limbah PET | 2                |
|     |                       | - Tanah Asli + 3% limbah PET | 2                |

| No. | Ukuran Limbah Plastik | Komposisi Campuran           | Jumlah Benda Uji |
|-----|-----------------------|------------------------------|------------------|
|     |                       | - Tanah Asli + 5% limbah PET | 2                |
| 2.  | 1 x 1 cm              | - Tanah Asli + 1% limbah PET | 2                |
|     |                       | - Tanah Asli + 3% limbah PET | 2                |
|     |                       | - Tanah Asli + 5% limbah PET | 2                |
| 3.  | 2 x 2 cm              | - Tanah Asli + 1% limbah PET | 2                |
|     |                       | - Tanah Asli + 3% limbah PET | 2                |
|     |                       | - Tanah Asli + 5% limbah PET | 2                |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pelaksanaan dan pengujian penelitian

Pengambilan sampel tanah dalam penelitian ini di daerah Banjarmasin. Penelitian ini mengambil sampel tanah lempung lunak. Sampel tanah adalah sampel tanah terganggu (disturb) dan dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis tanah di laboratorium mekanika tanah ULM Banjarbaru.

Pengujian sifat fisis meliputi pengujian sifat fisis tanah asli lempung lunak tanpa adanya tambahan potongan plastik PET. Sedangkan pengujian sifat mekanis terdiri dari sifat mekanis tanah asli lempung lunak, tanah + potongan plastik PET. Komposisi campuran dan banyaknya benda uji seperti pada tabel 1 sebelumnya.

#### 3.2 Hasil pengujian sifat fisis dan analisis tanah lempung lunak Banjarmasin

Hasil pengujian sifat fisis tanah lempung lunak Banjarmasin seperti pada tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Hasil pengujian sifat fisis tanah lempung lunak

| No                           | Pengujian              | Hasil Uji |        |        | Rata-Rata |
|------------------------------|------------------------|-----------|--------|--------|-----------|
|                              |                        | 1         | 2      | 3      |           |
| 1                            | Kadar Air (w)          | 22,35%    | 20,21% | 22,89% | 21,82%    |
| 2                            | Berat Volume           | 2,12      | 1,71   | 1,64   | 1,83      |
| 3                            | Berat Jenis (Gs)       | 2,62      | 2,71   | 2,67   | 2,67      |
| Batas-batas <i>Atterberg</i> |                        |           |        |        |           |
| 1                            | Batas Cair (LL)        | 39,77%    |        |        |           |
| 2                            | Batas Plastis (PL)     | 18,82%    |        |        |           |
| 3                            | Indeks Plastis (PI)    | 18,11%    |        |        |           |
| Analisa Saringan             |                        |           |        |        |           |
| 1                            | Lolos Saringan No.40   | 41,15%    | 73,15% | 79,54% |           |
| 2                            | Lolos Saringan No. 200 | 32,43%    | 61,78% | 60,32% |           |

Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat diketahui bahwa tanah lempung lunak memiliki kadar air rata-rata sebesar 21,82%. Pada pengujian berat volume didapatkan hasil pada sampel 1 sebesar 2,12, pada sampel 2 sebesar 1,71 dan sampel 3 adalah 1,64 sehingga didapatkan nilai berat volume rata-rata sebesar 1,83. Sedangkan pada pengujian berat jenis didapatkan hasil sebesar 2,67. Untuk pengujian batas cair (LL) memiliki nilai sebesar 39,77%, pengujian batas plastis (PL) sebesar 18,82% dan hasil pengujian indeks plastisitas memiliki nilai sebesar 18,11%

### 3.3 Sifat mekanis tanah lempung lunak

Pengujian sifat mekanis tanah lempung terdiri dari pengujian *Direct Shear* dan pengujian Uji tekan bebas tanah asli lempung lunak dan tanah asli dicampuran potongan plastik PET dengan berbagai ukuran

#### a. Tanah asli (tanpa campuran)

Hasil pengujian sifat mekanis (uji tekan bebas dan *direct shear*) untuk tanah lempung lunak tanpa campuran limbah PET dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 3.** Hasil pengujian sifat mekanis tanah asli tanpa campuran

| Jenis Tanah         | Pengujian Sifat Mekanis  |                           |                      |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
|                     | Uji tekan bebas          | Uji <i>Direct Shear</i>   |                      |
|                     |                          | C (kohesi)                | $\phi$ (sudut geser) |
| Tanah Lempung Lunak | 0,976 kg/cm <sup>2</sup> | 0,0259 kg/cm <sup>2</sup> | 10,21°               |

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai uji tekan bebas tanah lempung lunak adalah sebesar 0,976 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kohesi tanah sebesar 0,0259 kg/cm<sup>2</sup> dan memiliki nilai sudut geser sebesar 10,21°

#### b. Tanah asli dicampur dengan limbah PET ukuran 0,5 x 0,5 cm

Hasil pengujian sifat mekanis (uji tekan bebas dan *direct shear*) untuk tanah lempung lunak dengan campuran potongan limbah PET ukuran 0,5 x 0,5 cm dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 4.** Hasil pengujian tanah asli dicampur dengan limbah PET ukuran 0,5 x 0,5 cm

| Ukuran potongan | Komposisi Tanah            | Pengujian                 |                          |                      |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
|                 |                            | Uji tekan bebas           | Uji <i>Direct Shear</i>  |                      |
|                 |                            |                           | C (kohesi)               | $\phi$ (sudut geser) |
| 0,5 x 0,5 cm    | Tanah asli + 1% limbah PET | 1,032 kg/ cm <sup>2</sup> | 0,319 kg/cm <sup>2</sup> | 10,03°               |

|  |                                  |                          |                             |                   |
|--|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
|  | Tanah asli +<br>2% limbah<br>PET | 1,097 kg/cm <sup>2</sup> | 0,348<br>kg/cm <sup>2</sup> | 9,85 <sup>0</sup> |
|  | Tanah asli +<br>3% limbah<br>PET | 1,181 kg/cm <sup>2</sup> | 0,372<br>kg/cm <sup>2</sup> | 8,77 <sup>0</sup> |

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan adanya peningkatan jumlah limbah PET dari 1% hingga 3% dapat meningkatkan nilai dari uji tekan bebas. Nilai uji tekan bebas tertinggi terdapat pada komposisi tanah asli + 3% limbah PET yaitu sebesar 1,181 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan dilihat dari pengujian kuat geser langsung dengan peningkatan % limbah PET dapat menurunkan nilai dari sudut geser tanah lempung lunak. Untuk nilai kohesi cenderung mengalami peningkatan, akan tetapi pada komposisi tanah asli + 2% limbah PET nilai kohesi tanah tersebut menurun

- c. Tanah asli dicampur dengan limbah PET ukuran 1,0 x 1,0 cm  
Hasil pengujian sifat mekanis (uji tekan bebas dan *direct shear*) untuk tanah lempung lunak dengan campuran potongan limbah PET ukuran 1,0 x 1,0 cm dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 5.** Hasil pengujian tanah asli dicampur dengan limbah PET ukuran 1,0 x 1,0 cm

| Ukuran<br>potongan | Komposisi<br>Tanah            | Pengujian                 |                             |                    |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|
|                    |                               | Uji tekan<br>bebas        | Uji <i>Direct Shear</i>     |                    |
|                    |                               |                           | C (kohesi)                  | Φ (sudut<br>geser) |
| 1,0 x 1,0 cm       | Tanah asli + 1%<br>limbah PET | 1,189 kg/ cm <sup>2</sup> | 0,476<br>kg/cm <sup>2</sup> | 10,41 <sup>0</sup> |
|                    | Tanah asli + 2%<br>limbah PET | 1,236 kg/cm <sup>2</sup>  | 0,389<br>kg/cm <sup>2</sup> | 10,13 <sup>0</sup> |
|                    | Tanah asli + 3%<br>limbah PET | 1,251 kg/cm <sup>2</sup>  | 0,401<br>kg/cm <sup>2</sup> | 9,87 <sup>0</sup>  |

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan adanya peningkatan jumlah limbah PET dari 1% hingga 3% dapat meningkatkan nilai dari uji tekan bebas. Nilai uji tekan bebas tertinggi terdapat pada komposisi tanah asli + 3% limbah PET yaitu sebesar 1,251 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan dilihat dari pengujian kuat geser langsung dengan peningkatan % limbah PET dapat menurunkan nilai dari sudut geser tanah lempung lunak. Nilai sudut geser tanah terendah terjadi pada komposisi tanah asli + 3% limbah PET yaitu sebesar 9,87<sup>0</sup>. Untuk nilai kohesi cenderung mengalami peningkatan, akan tetapi pada komposisi tanah asli + 2% limbah PET nilai kohesi tanah tersebut menurun.

- d. Tanah asli dicampur dengan limbah PET ukuran 2,0 x 2,0 cm

Hasil pengujian sifat mekanis (uji tekan bebas dan *direct shear*) untuk tanah lempung lunak dengan campuran potongan limbah PET ukuran 2,0 x 2,0 cm dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 6.** Hasil pengujian tanah asli dicampur dengan limbah PET ukuran 2,0 x 2,0 cm

| Ukuran potongan | Komposisi Tanah            | Pengujian                 |                          |                      |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
|                 |                            | Uji tekan bebas           | Uji <i>Direct Shear</i>  |                      |
|                 |                            |                           | C (kohesi)               | $\phi$ (sudut geser) |
| 2,0 x 2,0 cm    | Tanah asli + 1% limbah PET | 1,254 kg/ cm <sup>2</sup> | 0,477 kg/cm <sup>2</sup> | 10,79 <sup>0</sup>   |
|                 | Tanah asli + 2% limbah PET | 1,134 kg/cm <sup>2</sup>  | 0,408 kg/cm <sup>2</sup> | 9,97 <sup>0</sup>    |
|                 | Tanah asli + 3% limbah PET | 1,366 kg/cm <sup>2</sup>  | 0,491 kg/cm <sup>2</sup> | 9,17 <sup>0</sup>    |

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan adanya peningkatan jumlah limbah PET dari 1% hingga 3% dapat meningkatkan nilai dari uji tekan bebas. Nilai uji tekan bebas tertinggi terdapat pada komposisi tanah asli + 3% limbah PET yaitu sebesar 1,366 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan dilihat dari pengujian kuat geser langsung dengan peningkatan % limbah PET dapat menurunkan nilai dari sudut geser tanah lempung lunak. Nilai sudut geser tanah terendah terjadi pada komposisi tanah asli + 3% limbah PET yaitu sebesar 9,17<sup>0</sup>. Untuk nilai kohesi cenderung mengalami peningkatan, akan tetapi pada komposisi tanah asli + 2% limbah PET nilai kohesi tanah tersebut menurun.

Dari ketiga ukuran potongan limbah dapat diketahui bahwa semakin besar ukuran potongan limbah PET akan meningkatkan nilai dari kuat tekan bebas dari tanah lempung lunak tersebut

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisa diatas dapat diketahui bahwa sifat fisis tanah lempung lunak Banjarmasin memiliki nilai kadar air sebesar 21,82% , nilai batas cair sebesar 39,77% , nilai batas plastis sebesar 18,82% dan nilai indeks plastisitasnya sebesar 18,11%. Sedangkan pada sifat mekanis dilihat dari pengujian UCT dan *Direct Shear* dengan potongan PET berbagai ukuran dapat diketahui bahwa semakin besar ukuran potongan PET maka akan meningkatkan nilai uji tekan bebas. Nilai uji tekan bebas tertinggi didapat pada campuran tanah dengan potongan 2,0 cm x 2,0 cm dengan campuran tanah asli + 3% potongan limbah PET yaitu sebesar 1,366 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan dengan adanya campuran limbah PET akan meningkat nilai kohesi tanah dibandingkan kohesi tanah asli tanpa campuran PET. Pada nilai sudut geser tanah ( $\phi$ ) dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan limbah PET pada campuran tanah lempung lunak maka akan menurunkan nilai sudut geser tanahnya.

---

## 5. REFERENSI

- ASTM D4427-84. (1989). *Organic Sedimen Research Center (OSRC)*. The University of South Carolina. Das, B.M.,1987
- Endaryanta, & Wibowo, D. E. (2016). Pemanfaatan dan Modifikasi Limbah Plastik untuk Perbaikan Sifat Teknik (Kuat-Geser) Tanah Lempung. *Inersia*, 103-113.
- Fathonah, W., Intari, D. E., & Mina, E. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif. *Jurnal Fondasi*, 31-40.
- Hisyam, E. S., & Manalu, D. F. (2014). Pemanfaatan Limbah Plastik untuk Stabilitas Lereng. *Fropil*, 92-101.
- K, R. I., Mina, E., & Supandi. (2017). Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Jurnal Fondasi*, 24-33.
- Kusuma, L. 2001. Pengaruh Pencampuran Tanah Ekspansif dalam Kondisi Batas Cair dengan Kapur terhadap Sifat Kembang Susut Tanah. Tugas Akhir. Universitas Kristen Petra.
- Muzaidi, I., Fitriansyah, M., & Hardiani, D. P. (2018). Pengaruh Penambahan Ecocure21 dan Semen terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Gambut. *Konstruksia*, 51-63.
- Van D Meene. (1984). Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malyasin LowlandS. Buletin Geological Research and Development Centre, 9. 20-31.
- Wijaya Adhi, dkk. (1993). Pengelolaan Tanah dan Air Lahan Rawa: Suatu Tinjauan Hasil Penelitian Proyek Swamps II. Review Hasil - Hasil Penelitian Proyek Swamps II di Bogor 19-20 Februari 1993. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Wiqoyah, Q. 2006. Pengaruh Kadar Kapur, waktu perawatan dan perendaman terhadap kuat dukung tanah lempung. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta.