

# PENGARUH CAMPURAN ABU SEKAM PADI TERHADAP DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI DANGKAL PADA TANAH GAMBUT

Dwitya Okky Azanna<sup>1</sup>, Muhammad Rifqi Abdurrozak, ST., M.Eng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: *okkyazanna@yahoo.com*

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: *ryf\_oke@yahoo.com*

**Abstract :** *Berbagai metode perbaikan tanah telah banyak dikembangkan, salah satunya dengan stabilisasi tanah sebagai alternative pemecahan masalah terhadap penurunan dan daya dukung tanah yang rendah. Salah satu alternatif yang diberikan pada pemodelan ini yaitu abu sekam padi (RHA) sebagai bahan pengisi untuk stabilisasi pondasi dangkal pada tanah gambut. Tujuan dari pemodelan ini untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dan penurunan yang terjadi dengan variasi campuran RHA dengan Pemodelan menggunakan bantuan program Plaxis versi 8.2. Dari hasil penelitian didapatkan jenis tanah gambut Kalimantan Tengah mempunyai kadar organik yang tinggi sebesar 80,15%. Kadar bahan organik yang tinggi pada tanah gambut berdampak pada berat volume atau bulk density tanah gambut yang rendah yaitu sebesar 1,06 gr/cm<sup>3</sup> sehingga membuat tanah gambut yang terlalu gembur dengan nilai angka pori sebesar 6,0398. Hasil pengujian triaksial dengan kondisi UU pada tanah asli diperoleh nilai kohesi (c) sebesar 0,645 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai  $\phi$  sebesar 8,6°, sedangkan penambahan RHA kadar 8%, pada masa peram 3 hari dengan nilai c sebesar 0,3089 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai  $\phi$  sebesar 29,53°. Campuran RHA dapat meningkatkan daya dukung tanah besar dari 100% dari hasil qu tanah asli. Hasil qu pada tanah asli sebesar 750,612 kN/m<sup>2</sup>, sedangkan dengan penambahan variasi campuran RHA didapat nilai qu terbesar pada kadar 11% masa peram tujuh hari dengan nilai sebesar 2162,763 kN/m<sup>2</sup> dan nilai qu terkecil pada kadar 5% masa peram satu hari dengan nilai 1010,885 kN/m<sup>2</sup>.*

**Keywords :** *Tanah Gambut, Abu Sekam Padi, Pondasi Dangkal, daya dukung tanah, Penurunan, Plaxis.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari beribu-ribu pulau dengan kondisi geografis yang berbeda-beda. Kondisi geografis wilayah menunjukkan kondisi lingkungan alam atau bentang alam fisik suatu wilayah. Kondisi tersebut dapat dilihat dari beberapa aspek seperti iklim, tanah, hidrologi, letak, topografi, dan batuan. Kondisi tanah yang berbeda-beda

mempengaruhi pemilihan pondasi, Sebelum melakukan pembangunan perlu adanya perencanaan pondasi dengan mempertimbangkan kondisi tanah (Wikipedia).

Tanah gambut adalah campuran dari fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah membusuk. Tanah gambut atau yang lebih sering disebut *Peat Soil* diketahui sebagai tanah organik yang terbagi atas gambut berserat dan gambut tidak berserat. Tanah

gambut juga mempunyai karakteristik yang sangat berbeda, jika dibandingkan dengan tanah lempung. Perbedaan ini terlihat jelas pada sifat fisik dan sifat teknisnya. Secara fisik tanah gambut dikenal sebagai tanah yang mempunyai kandungan bahan organik dan kadar air yang sangat tinggi, angka pori yang besar, berat volume tanah kecil dan adanya serat-serat serta kuat geser rendah, sedangkan secara teknis yang sangat penting untuk tanah gambut adalah pemampatan yang tinggi, terjadinya pemampatan primer yang singkat adanya pemampatan akibat *creep* (pemampatan yang terjadi pada tekanan efektif yang konstan), dan kemampuan mendukung beban yang rendah. Untuk itu diperlukan suatu perbaikan apabila tanah gambut akan dijadikan penopang bangunan sipil. Metode yang telah dikenal selama ini terbagi atas metode mekanis dan metode stabilisasi.

Salah satu material yang digunakan dalam pelaksanaan *soil stabilization* (*Chemical Modification*) adalah sekam padi. Keberadaan sekam padi yang melimpah di Indonesia masih tidak dimanfaatkan dengan baik. Produksi sekam padi di Indonesia bisa mencapai lebih dari 4 juta ton per tahun. Jika diasumsikan, pembakaran sekam padi menghasilkan abu sekam sekitar 15% dari bobotnya, maka abu sekam atau *rice husk ash* (RHA) yang dihasilkan dalam setahun ialah sekitar 400 ribu ton dan jika sekitar 90% bobot abu sekam tersebut menghasilkan silika ( $\text{SiO}_2$ ), maka dalam setahun kita memiliki sekitar 360 ribu ton silika yang siap dimanfaatkan. Beberapa pengujian terakhir menunjukkan bahwa sekam padi berdaya guna sebagai campuran dalam stabilisasi tanah. Sekam, yang dalam bentuknya yang lain yaitu abu sekam, dapat mengisi rongga-rongga yang ditinggalkan di antara butiran-butiran agregat yang mengisi suatu campuran

Bangunan teknik sipil secara umum meliputi dua bagian utama, yaitu struktur bawah dan struktur atas. Kerusakan bangunan teknik sipil tidak hanya disebabkan oleh struktur bangunan, tapi juga kondisi tanah dimana struktur bangunan

diletakkan. Penyebab kerusakan tersebut adalah besarnya penurunan yang terjadi dan rendahnya daya dukung tanah, seperti pada tanah kohesif khususnya yang mengandung kadar air cukup tinggi, untuk itu harus diperhatikan dengan seksama mengenai daya dukung dari tanah kohesif tersebut, apakah perlu adanya usaha perbaikan atau stabilisasi tanah untuk mendapatkan sifat-sifat tanah yang diinginkan sehingga kerusakan konstruksi dapat dicegah (Das, 1995).

Banyak penelitian menggunakan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) sebagai metode stabilisasi, tetapi pencampuran dilakukan dengan menggunakan sampel tanah lempung. Penulis melakukan penelitian dengan metode stabilisasi tanah gambut menggunakan campuran abu sekam padi yang kemudian dilakukan pengujian terhadap daya dukung pondasi dengan menggunakan pemodelan Program *Plaxis versi 8.2* dengan model material *Mohr Coulumb*. Penulis berharap penambahan campuran abu sekam padi dapat mengisi rongga-rongga untuk menambah kuat geser tanah gambut dan menaikkan daya dukung pondasi serta diharapkan dapat menjadi solusi dalam permasalahan yang dihadapi oleh para praktisi yang akan membangun suatu konstruksi di atas lapisan tanah gambut.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yaitu :

1. mendapatkan sifat fisik tanah gambut pada kondisi natural termasuk kuat gesernya,
2. mengetahui pengaruh campuran RHA dengan kadar 5%, 8%, 11%, dan 15% dari berat kering tanah gambut terhadap parameter kuat geser pada tanah gambut,
3. mengetahui besarnya daya dukung pondasi dangkal yang terjadi pada tanah gambut yang distabilisasi dengan berbagai variasi campuran RHA,
4. mengetahui besarnya penurunan yang terjadi dengan pemodelan menggunakan software *Plaxis Versi 8.2*.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Sifat Fisik Tanah

Menurut ASTM D-4427 tanah gambut dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar abu dan daya serap terhadap air dan bahan pembentuknya.

1. Berdasarkan kadar abu, tanah gambut diklasifikasikan menjadi:
  - a. kadar abu rendah: kadar abu < 5%
  - b. kadar abu sedang: kadar abu 5%-15%
  - c. kadar abu tinggi: kadar abu > 15%
2. Berdasarkan daya serap terhadap air
  - a. ekstrim: kapasitas air > 1500%
  - b. tinggi: kapasitas air 800-1500%
  - c. moderat: kapasitas air 300-800%
  - d. kecil: kapasitas air < 300%

### 2.2 Keruntuhan Mohr-Coulomb

Hubungan dari ketiga tersebut disimpulkan bahwa tegangan efektif adalah jumlah dari tegangan efektif ( $\sigma'$ ) dan tekanan air pori ( $u$ ). Tegangan effective ( $\sigma'$ ) berlaku untuk tanah padat. Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, dinyatakan dalam ketentuan tegangan efektif pada Persamaan 3.4.

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi' \quad (1)$$

Keterangan ;

$\tau$  = kuat geser tanah

$c$  = kohesi tanah

$\sigma$  = tegangan normal pada bidang runtuh

$\varphi$  = sudut geser dalam

### 2.3 Pondasi Dangkal

Menurut Terzaghi (1943), suatu pondasi dangkal ditentukan dari kedalaman yaitu  $D_f/B \leq 1$ . Perancangan pondasi harus mempertimbangkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Untuk itu, perlu dipenuhi dua kriteria, yaitu kriteria stabilitas dan kriteria penurunan. Persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan pondasi adalah (hardiyatmo, 2006);

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah harus dipenuhi. Faktor aman (SF) yang

bisa digunakan untuk perencanaan adalah 3

2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Terutama pada kasus penurunan tak seragam.

Pada penelitian ini digunakan keruntuhan General Shear dan jenis pondasi tapak dengan dimensi Lingkaran. Rumus Kapasitas daya dukung (Terzaghi) yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan 3.11 dan rumus mencari  $q_{all}$  pada Persamaan 3.12.

Dengan bentuk pondasi lingkaran  
 $q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (2)$

$$q_u = \frac{q_{ult}}{SF} \quad (3)$$

Keterangan ;

$q_{ult}$  = kapasitas dukung ultimit

$c$  = kohesi tanah

$\gamma$  = berat volume tanah yang dipertimbangkan terhadap posisi muka air tanah

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fungsi yang tergantung dari sudut geser dalam, dan merupakan koefisien-koefisien daya dukung

$B$  = lebar atau diameter pondasi (m)

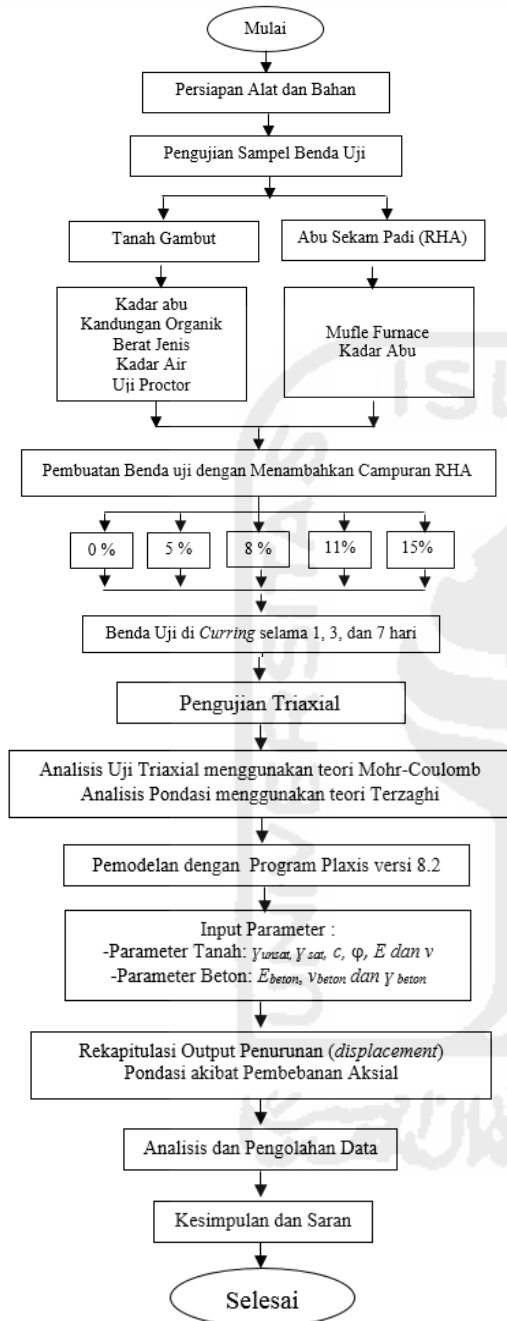
SF = faktor keamanan

$q_u$  = daya dukung ijin

### 2.4 Plaxis

Untuk memodelkan dan menghitung penurunan serta daya dukung pondasi dangkal dalam penelitian ini digunakan program *Plaxis* versi 8.2 yang sudah dilengkapi dengan kemampuan untuk melakukan permodelan elemen hingga. Parameter model yang digunakan yaitu model *axisymmetry*.

### 3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flow Chart

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Sifat Fisik Tanah

Dari hasil pengujian sifat fisik tanah dan sifat kimia yang telah dilakukan dan data-data yang telah diuraikan sebelumnya,

maka hasil pengujian direkapitulasi pada Tabel 1.

**Tabel 1** Perbandingan Sifat Fisik Gambut di Indonesia dengan Hasil Pengujian

No	Sifat Fisik	Parameter	Hasil Uji
1	Spesifik gravity (Gs)	1,25 – 1,8	1,49
2	Berat volume basah ( $\gamma$ ) gr/cm <sup>3</sup>	0,9 – 1,25	1,06
3	Berat volume kering ( $\gamma_d$ ) gr/cm <sup>3</sup>	0,4 – 0,6	0,53
4	Kadar air (w) %	750 - 1500	287
5	Angka pori ( $e_o$ )	5 – 15	6,03981
6	Kadar abu (Ac)	1 – 15 %	19,85 %
7	Kandungan Organik	> 75 %	80,15 %

#### 4.2. Keruntuhan Mohr-Coulomb

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan data-data yang telah diuraikan sebelumnya, maka hasil pengujian triaxial selanjutnya direkapitulasi pada Tabel 2.

**Tabel 2** Rekapitulasi Nilai C dan  $\phi$  Tanpa Masa Peram

Jenis Tanah + Bahan Stabilisasi	Kohesi (c) (kg/cm <sup>2</sup> )	Sudut geser ( $\phi$ ) (°)
1. Tanah Gambut Asli	0,645	8,60
2. Tanpa Masa Peram		
5% RHA	0,4820	23,86
8% RHA	0,5027	24,72
11% RHA	0,5235	21,59
15% RHA	0,5786	20,10
3. Masa Peram 1 Hari		
5% RHA	0,2746	25,51
8% RHA	0,2929	27,28
11% RHA	0,4577	25,04
15% RHA	0,4684	20,19
4. Masa Peram 3 Hari		
5% RHA	0,3177	25,75
8% RHA	0,3089	28,26
11% RHA	0,3090	29,53
15% RHA	0,4896	25,73
5. Masa Peram 7 Hari		
5% RHA	0,4243	24,57
8% RHA	0,3207	28,30
11% RHA	0,4988	27,92
15% RHA	0,4810	24,88

#### 4.3. Pondasi Dangkal

Untuk hasil perhitungan analisis daya dukung tanah selanjutnya dengan cara perhitungan yang sama dengan yang diatas

maka hasil perhitungan direkapitulasi dan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3** Rekapitulasi Perhitungan Analisis Daya Dukung Tanah

		DAYA DUKUNG TANAH	
		q ult	q all
Satuan		kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Tanah asli		750,612	250,204
Tanpa Masa Peram	5%	1513,697	504,566
	8%	1667,012	555,671
	11%	1401,318	467,106
	15%	1366,992	455,664
Masa Peram 1 Hari	5%	1010,885	336,962
	8%	1260,650	420,217
	11%	1557,834	519,278
	15%	1123,925	374,642
Masa Peram 3 Hari	5%	1181,815	393,938
	8%	1427,517	475,839
	11%	1566,773	522,258
	15%	1771,186	590,395
Masa Peram 7 Hari	5%	1400,313	466,771
	8%	1477,409	492,470
	11%	2162,763	720,921
	15%	1605,287	535,096

#### 4.4. Penurunan

Dari hasil perhitungan didapat nilai  $Q_u$  plaxis yang lebih besar dari hasil perhitungan terzaghi, hal ini dikarenakan spesifikasi perhitungan lebih akurat dengan menggunakan program Plaxis versi 8.2. Seluruh hasil selanjutnya dari program plaxis direkapitulasi dan dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Plaxis

Parameter	$M_{SF}$	q plaxis	penurunan
Satuan	-	kN	m ( x 10 <sup>-3</sup> )
Tanah asli	3,3912	848,491	29,13
Tanpa Masa Peram	5%	3,3906	1710,780
	8%	3,3931	1885,447
	11%	3,3908	1583,863

**Tabel 4** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Plaxis

Parameter	$M_{SF}$	q plaxis	penurunan
Satuan	-	kN	m ( x 10 <sup>-3</sup> )
Masa Peram 1 Hari	15%	3,3908	1545,065
	5%	3,3885	1141,795
	8%	3,3929	1425,753
	11%	3,3921	1761,442
	15%	3,3917	1270,672
Masa Peram 3 Hari	5%	3,3885	1334,860
	8%	3,3918	1613,951
	11%	3,3921	1771,550
	15%	3,3894	2001,086
Masa Peram 7 Hari	5%	3,3983	1586,228
	8%	3,3919	1670,408
	11%	3,3907	2444,427
	15%	3,3886	1813,225

Penurunan ekstrim pada gambar 5.18 sampai 5.34 menunjukkan bahwa terjadi tepat dibawah pondasi, digambarkan dengan warna merah. Hasil penurunan tidak terlalu signifikan perbedaannya dapat dilihat perbandingan penurunan terhadap masa peram pada gambar 5.36 sampai dengan 5.43, penurunan yang terjadi pada tanah asli sebesar  $29,13 \cdot 10^{-3}$  m sama dengan 2,913 cm sedangkan pada tanah campuran dapat dilihat bahwa penurunan lebih kecil dibandingkan tanah asli. Penurunan pada campuran RHA terkecil didapatkan pada campuran 8% pada masa peram 3 hari senilai 1,769 cm. Hasil plaxis ini juga didapatkan nilai SF (*Safety Factor*) sebesar 3,39, hal ini menunjukkan bahwa pondasi masih bisa menahan beban lebih dari hasil perhitungan terzaghi. Hasil pemograman plaxis ini didapatkan data hasil penurunan pondasi pada setiap campuran. Campuran RHA pada tanah gambut dapat mengurangi penurunan yang terjadi pada tanah gambut asli, hal ini dikarenakan adanya reaksi yang terjadi pada RHA dengan tanah gambut, zat yang bereaksi tersebut yaitu berupa silika. Reaksi sempurna terjadi pada hari ketiga dengan kadar campuran RHA sebesar 8% dengan penurunan yang terjadi sebesar

17,69.  $10^{-3}$  m. Hasil ini membuktikan bahwa campuran RHA dengan tanah gambut dapat meningkatkan daya dukung pondasi dibuktikan dengan pemodelan penurunan pondasi menggunakan program Plaxis versi 8.2.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah UII maka jenis tanah gambut Kalimantan Tengah mempunyai kadar organik yang tinggi sebesar 80,15%. Kadar bahan organik yang tinggi pada tanah gambut berdampak pada berat volume atau bulk density tanah gambut yang rendah yaitu sebesar  $1,06 \text{ gr/cm}^3$  sehingga membuat tanah gambut yang terlalu gembur dengan nilai angka pori sebesar 6,0398. Kondisi tanah gambut yang telah mengalami kering tak balik membentuk pasir semu yang tidak mampu lagi menyerap air.
2. Hasil pengujian triaksial dengan kondisi UU pada tanah asli diperoleh nilai kohesi (c) sebesar  $0,645 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai  $\phi$  sebesar  $8,6^\circ$ . Pada penambahan abu sekam dengan kadar yang berbeda untuk masa peram yang sama didapat nilai optimum penambahan kadar abu sekam sebesar 8%, sedangkan jika dilihat pada masa peram, pemeraman efektif pada 3 hari dengan nilai c sebesar  $0,3089 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai  $\phi$  sebesar  $29,53^\circ$ .
3. Campuran RHA dapat meningkatkan daya dukung tanah besar dari 100% dari hasil qu tanah asli. Didapat hasil qu pada tanah asli sebesar  $750,612 \text{ kN/m}^2$ , sedangkan dengan penambahan variasi campuran RHA didapat nilai qu terbesar pada kadar 11% masa peram tujuh hari dengan nilai sebesar  $2162,763 \text{ kN/m}^2$  dan nilai qu terkecil pada kadar 5% masa peram satu hari dengan nilai  $1010,885 \text{ kN/m}^2$ .
4. Hasil dari pemodelan Plaxis dapat disimpulkan bahwa penurunan pada

tanah asli sebesar 2,912 cm, sedangkan penurunan terkecil pada campuran RHA terjadi pada masa peram 3 hari dengan kadar campuran 8% sebesar 1,769 cm. kadar optimum campuran berada pada kadar optimum 5% sampai 11% dengan masa peram untuk reaksi sempurna telah terjadi pada hari ketiga.

### 5.2. Saran

Berdasarkan pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa saran yang perlu disampaikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Perlu diteliti lebih lanjut reaksi kimia yang terjadi antara campuran RHA dengan tanah gambut sehingga diketahui spesifikasi yang lebih mendalam.
2. Bagi para peneliti yang ingin melakukan penelitian Tugas Akhir dapat menambahkan variasi campuran tambahan lain sehingga menjadi 2 variasi campuran sebagai menjadi bahan pengisi yang lebih baik.
3. Perlu adanya pemodelan lebih lanjut mengenai variasi dimensi pondasi dan jumlah lapisan stabilisasi tanah untuk mengetahui pemodelan terbaik
4. Dapat menganalisis lebih lanjut tekanan efektif yang terjadi pada pondasi dengan bantuan Plaxis.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. (2011). "Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen". *Jurnal Rekayasa*. Vol.15 No.1. Bandar Lampung.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (1989). *Standard Methods of Testing Mechanical Fasteners in Wood*. Philadelphia, USA.
- Bakri. (2008). "Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM untuk Pembuatan Komposit Semen". *Jurnal Perennial*. 5(1). Makassar.

- Craig, R.F. (1987). *Soil Mechanics*, 4<sup>th</sup>. Erlangga. Jakarta
- Das, Braja M. (1985). *Principles of Geotechnical Engineering*. Boston: Pridle weber & Schmidt Published
- Hardiyatmo, H.C. (1992). *Mekanika Tanah*, PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (1992). *Stabilisasi Tanah*, PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Heriyanto, 2011, [heriyanto's blog](http://heriyanto.blog.ugm.ac.id) Just another blog.ugm.ac.id site : *Pemanfaatan Silika dari Abu Sekam Padi*, (Online), (<http://heriyanto.blog.ugm.ac.id/>), Diakses 13 Februari 2015).
- Head, K.H. (1986). *Manual of Soil Laboratory Testing*, ELE International Limited, Publish by Halsted Press, a Division of John Wiley & Son. Inc., New York  
<https://id.wikipedia.org/wiki/HalamanUtama>
- Ilyas, T. Rahayu, W. dan Arifin, S.D. (2008). "Studi Perilaku Kekuatan Tanah Gambut Kalimantan yang distabilisasi dengan Semen Portland". *Jurnal Teknologi*, Edisi No. 1 Tahun XXI. Riset Geoteknik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia
- Ingles, G.O. and Metcalf, B.J. (1972). *Soil Stabilization Principles and Practice*. Butterworths, Australia
- Macfarlene, I.C. (ed). 1969. *Muskeg engineering handbook*. National Research Council of Canada. University of Toronto Press, Toronto, Canada
- Muntohar, A. S. dan B. Hantoro. (2001). "Penggunaan abu sekam sebagai campuran kapur untuk stabilisasi tanah". *Tesis Magister*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Narsito, N. S. (2005), "Imobilisasi Senyawa Amin pada Silika Gel dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol-Gel dan Kinetika Adsorpsi Ion Logam Divalen". *Penelitian Fundamental*. Perguruan Tinggi UGM. Yogyakarta.
- Noor, E. M. (1997). Perbedaan Perilaku Teknis Tanah Lempung dan Tanah Gambut (peat soil). *Jurnal Geoteknik*. Volume, III. Bandung
- Noor, Muhammad. (2001) *Pertanian Lahan Gambut (Potensi dan Kendala)*, Penerbit Kanisius., Yogyakarta
- Nusantara, Agustian Medio. (2014). Analisa Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Menggunakan Perkuatan Anyaman Bambu Dan Grid Bambu Dengan Bantuan Program Plaxis. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol.2.No.3, Palembang
- Priyosulistyo, Sudarmoko, Suhendro, B., Sumardi, P.C., Supriyadi, B. (1999). "Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi untuk Peningkatan Mutu Beton". *Laporan Penelitian*, Pusat Antar Universitas Studi Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Panjaitan, N.R.S. (2013). "Kajian Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Gambut Muara Batang Toru Sumatera Utara Setelah Mengalami Pemampatan Awal". *Jurnal Rancang Sipil*. Vol.2 No.1. Medan.
- Plaxis, 2005, *Reference Manual*.
- Shabrina, Yurisky. (2013). "Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Melayang (Floating Foundation) Pada Tanah Lempung Lunak Dengan Menggunakan Software Plaxis Versi 8.2". Skripsi. Universitas Andalas. Padang.
- Wanadri, A. (1999), "Penerapan Spouted-Bed Dalam Pembuatan Natrium Silikat Dari Abu Sekam Padi: Hidrodinamika, Perpindahan Massa, dan Perolehan Silikat". Tesis Magister. Institut Teknologi Bandung. Bandung