

## PENERAPAN LAPIS PONDASI AGREGAT SEMEN DENGAN MATERIAL LOKAL UNTUK LAPIS PONDASI JALAN

Franky E. P. Lapian<sup>1</sup>, Reny Rochmawati<sup>2</sup>

Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Merauke<sup>1</sup>, Universitas Yapis Papua

Jalan RE. Martadinata Kompleks Bina Marga Merauke

Email: [lapianedwin@gmail.com](mailto:lapianedwin@gmail.com)

### ABSTRAK

Pembangunan struktur bangunan, di atas tanah lunak sudah menjadi pilihan yang sulit dihindari. Berbagai macam cara telah dilakukan untuk penanganan masalah tanah lunak, baik secara fisis maupun secara mekanis, atau dengan penambahan zat kimia tertentu ke dalam tanah. Tetapi dengan beberapa pertimbangan, teknologi penanganan tanah lunak tersebut, ada beberapa alternatif yang tidak bisa digunakan. Salah satu alternatif penanganan tanah lunak adalah menerapkan lapis pondasi agregat semen dengan material lokal. Perkuatan tanah lunak dengan lapis pondasi agregat semen, menjadi salah satu inovasi teknologi yang dipilih, khususnya untuk perkuatan tanah di daerah Merauke pada ruas Tanah Merah-Mindiptana. Pengujian kuat tekan digunakan untuk mengevaluasi lapis pondasi agregat semen dengan material lokal untuk lapis pondasi jalan dengan material lokal yang ada di daerah sekitar Kab. Merauke dan Kab. Boven Digoel (sirtu tanah merah). Kadar semen yang digunakan yaitu sebesar 3, 5, 7 dan 9%. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai kuat tekan rata-rata lapis pondasi agregat semen menggunakan material lokal Papua yaitu sirtu Tanah merah yang dicuci dengan kadar semen 3%, 5%, 7% dan 9%, yaitu masing-masing sebesar 22 kg/cm<sup>2</sup>, 39 kg/cm<sup>2</sup>, 54 kg/cm<sup>2</sup> dan 78 kg/cm<sup>2</sup> atau meningkat seiring dengan penambahan kadar semen sebesar 77,27%, 38,46% dan 44,44%.

**Kata Kunci:** lapis pondasi agregat semen, material lokal, kuat tekan

### ABSTRACT

*Construction of building structures, on soft soil has become a choice that is difficult to avoid. Various methods have been used to treat soft soil problems, either physically or mechanically, or by adding certain chemicals to the soil. But with some considerations, the soft soil handling technology, there are several alternatives that cannot be used. One alternative for handling soft soil is to apply a cement aggregate foundation layer with local materials. Reinforcement of soft soil with a cement aggregate foundation layer is one of the chosen technological innovations, especially for soil reinforcement in the Merauke area on the Tanah Merah-Mindiptana section. The compressive strength test is used to evaluate the cement aggregate foundation layer with local materials for road foundation layers with local materials in the area around Merauke district and Boven Digoel district (Tanah Merah sirtu). The cement content used was 3, 5, 7 and 9%. Based on the results of research that has been carried out, the average compressive strength value of cement aggregate foundation layer using local Papuan material, namely Tanah Merah sirtu washed with cement content of 3%, 5%, 7% and 9%, which are 22 kg/cm<sup>2</sup>, 39 kg/cm<sup>2</sup>, 54 kg/cm<sup>2</sup> and 78 kg/cm<sup>2</sup> or increased with the addition of cement content of 77.27%, 38.46% and 44.44%, respectively.*

**Key words:** cement aggregate foundation layer, local material, compressive strength

### 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana yang menghubungkan antar wilayah atau daerah, berupa sebuah struktur yang dapat dilalui di atasnya. Struktur jalan dirancang untuk dapat menahan beban di atasnya dan diteruskan kebawah sampai dengan tanah dasarnya. Sebuah jalan dirancang supaya kuat dan nyaman bagi penggunaannya. Perkerasan jalan merupakan bagian struktur dari jalan yang

diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekakuan, kekuatan dan kestabilan tertentu sehingga mampu menahan beban lalu lintas yang melintas di atasnya dan meneruskan ke lapisan tanah dasar.

Kabupaten Merauke, merupakan kabupaten yang berada di wilayah paling Timur Indonesia. Dengan kondisi permukaan tanah yang cenderung datar (*flat*) hingga radius kurang lebih 400 km<sup>2</sup>,

kabupaten Merauke mempunyai deposit tanah lunak yang sangat melimpah. Tetapi kabupaten Merauke mempunyai satu keunikan, yaitu tidak terdapatnya agregat kasar (kerikil) alami. Hal ini menyebabkan komponen biaya pembangunan infrastruktur menjadi sangat mahal, karena agregat kasarnya harus didatangkan dari luar pulau. Sehingga penggunaan agregat semen menjadi alternatif yang sangat logis untuk menjawab persoalan ini. Dengan bahan utamanya adalah tanah lunak, semen dan air, agregat semen ini, nantinya akan dapat mereduksi biaya konstruksi yang dibutuhkan. Agregat semen ini dibuat dengan tujuan dapat menyerupai lapis pondasi jalan dalam pembangunan jalan, khususnya jalan nasional. Agregat semen ini nantinya akan digunakan sebagai material sebagai pengganti lapis pondasi jalan yang menyerupai karakteristik lapis pondasi jalan.

Contoh perkerasan jalan yang dapat diterapkan, khususnya pada jalan-jalan yang ada di Kab. Merauke dan Kab. Boven Digoel adalah aplikasi semen dengan material lokal, dalam hal ini material sirtu setempat. Lapis Pondasi Agregat Semen dengan material lokal adalah istilah umum untuk campuran material sirtu dan/atau agregat dengan jumlah semen portland dan air tertentu yang mengeras setelah pemadatan dan perawatan untuk membentuk material lapis pondasi yang kuat dan tahan lama.

Upaya yang dilakukan saat ini adalah material yang ada atau bekas struktur jalan akan dimanfaatkan lagi dengan menggunakan bahan aditif sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembentuk struktur jalan. Gambar 1 memperlihatkan contoh kondisi jalan yang ada di lokasi penelitian dengan penanganan yang kurang tepat.

Penelitian yang dilakukan oleh Brian Rivaldo Purba (Uji Kelayakan Agregat Dari Saoka Sorong Barat Sebagai Material Lapis Pondasi Agregat Jalan Raya) menyimpulkan bahwa agregat dari daerah Saoka Sorong Barat dapat digunakan untuk lapis pondasi kelas A dan B, nilai *CBR* Lapis Pondasi Kelas A = 147 % dan Lapis Pondasi Kelas B *CBR* = 123%. Perbedaan dalam penelitian ini adalah pembuatan LPA/LPB tidak menggunakan bahan tambah zat aditif dan pengujian yang dilakukan tidak menggunakan uji tekan bebas.

Penelitian Aria Alhadi (Tinjauan Kuat Tekan Beton Terhadap Aplikasi Bahan Aditif Plastiment

Vz Dengan Variasi Dosis 0,15%; 0,20%; 0,25% Dari Berat Semen) menyimpulkan bahwa variasi kandungan dosis yang optimum dari 0,15%; 0,20%; 0,25% untuk mutu beton k-250 yang ditinjau dari nilai kuat tekan adalah (0,15%) dengan kuat tekan yang dicapai 321,88 kg/cm<sup>2</sup>. Perbedaan dalam penelitian ini adalah presentase variasi tanah dan bahan aditif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan lapis pondasi agregat semen dengan material lokal untuk lapis pondasi jalan dengan material lokal yang ada di daerah sekitar Kab. Merauke dan Kab. Boven Digoel (Sirtu Tanah Merah). Diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi terhadap permasalahan tanah lunak di Papua.

## 2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

### 2.1 Persyaratan dari Agregat dengan Material Lokal

Lapis pondasi agregat semen dengan material lokal adalah merupakan sirtu alam, bahan kapur, atau material lokal lainnya yang memenuhi persyaratan dalam spesifikasi, yang dicampur dengan semen PC. Tabel 1 menunjukkan persyaratan dari agregat dengan material lokal yang terdiri dari keausan dengan mesin abrasi Los Angeles, indeks plastisitas, batas cair dan pengujian gumpalan lempung dan butir mudah pecah dalam agregat. Semua pengujian yang dilakukan berdasarkan SNI.

**Tabel 1.** Persyaratan dari agregat dengan material lokal

Sifat	Metode pengujian	Persyaratan
Keausan dengan mesin abrasi Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 35%
Indeks plastisitas	SNI 1966-2008	Maks. 6%
Batas cair	SNI 1967-2009	Maks. 35%
Pengujian gumpalan lempung dan butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%



**Gambar 1.** Contoh kerusakan jalan di lokasi penelitian dengan penanganan yang kurang tepat

Oleh karena semen PC bisa mengeras seperti batu maka kualitas atau kekuatan dari Lapis Pondasi Agregat Semen dengan Material Lokal adalah jauh lebih baik dari pada base biasa dengan filler debu atau tanah liat, sehingga Lapis Pondasi Agregat Semen ini dapat memberikan nilai struktur lebih tinggi dari pada base dari bahan batu pecah biasa, namun demikian masih di bawah base dari *lean concrete* yang mempunyai kandungan semen PC sedikit lebih tinggi. Kelebihan lapis pondasi agregat semen dengan material lokal:

- Nilai CBR yang dihasilkan > 100% lebih tinggi dari agregat biasa
- Dapat dilaksanakan meskipun di daerah dengan kondisi curah hujan yang tinggi.
- Masa pelaksanaan yang relative sangat cepat sehingga terciptanya efisiensi waktu. Lapis Pondasi Agregat Semen dengan Material Lokal hanya membutuhkan masa curing 3 hari
- Tidak membutuhkan cetakan dan tulangan.
- Tidak membutuhkan siar detalasi maupun *construction joint*.
- Dapat mengakomodasi penurunan setempat.
- Dicampur di tempat atau dicampur di instalasi pencampur
- Sifat dan kekuatan struktural lapis pondasi agregat semen tergantung pada material sirtu/agregat, kuantitas semen, kondisi dan umur perawatan.

## 2.2 Lapi Pondasi (Base Course)

Fungsi lapis pondasi antara lain adalah sebagai bagian perkerasan, yang menahan beban roda. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan. Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik. Berbagai-bagai bahan alam/bahan setempat (CBR  $\geq$  50%, PI  $\leq$  4%) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain: batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

## 2.3 Persyaratan dan Ketentuan Saringan Agregat

Tabel 2 dan Tabel 3 masing-masing memperlihatkan persyaratan dari agregat kasar dan persyaratan dari agregat halus. Agregat kasar dan agregat halus digunakan bersamaan dengan semen PC dan material lokal.

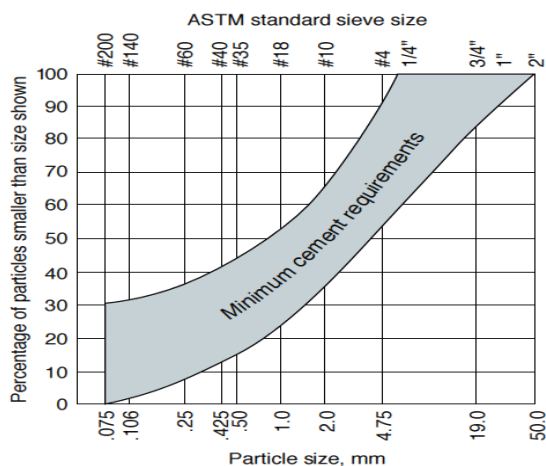
**Tabel 2.** Persyaratan dari agregat kasar

Saringan (ASTM)	Lolos (%)
50	100
37,5	95 – 100
19	45 - 80

**Tabel 3.** Persyaratan dari agregat halus

Saringan (ASTM)	Lolos (%)
4,75	25 - 50
2,35	8 - 30
1,18	0 - 8
0,075	0 - 5

Untuk mengurangi jumlah pemakaian semen untuk lapis pondasi agregat semen, direkomendasikan untuk menggunakan tanah/agregat bergradasi baik dengan ukuran maksimum nominal tidak melebihi 3 inci (75 mm) untuk membantu meminimalkan segregasi dan menghasilkan permukaan jadi halus. Sirtu atau agregat tidak boleh mengandung akar-akar, tidak boleh *topsoil* atau bahan lain yang mengganggu reaksi semen. Sirtu atau agregat yang digunakan harus 100% lolos ayakan 3' (75 mm), minimum 95% lolos ayakan 2' (50 mm), dan minimum 55% lolos ayakan No. 4 (4.75 mm), yang diperlihatkan dalam Gambar 2.



**Gambar 2.** Gradasi agregat kasar dan halus dengan menggunakan semen PC berdasarkan standard ASTM

#### 2.4 Pengujian Lapis Pondasi Agregat Semen

Dua cara pemadatan di laboratorium, yaitu *Standard Proctor Test* dan *Modified Proctor Test*. Kedua tes pemadatan tersebut pada prinsipnya adalah sama kecuali tenaga, jumlah tumbukan, berat *hammer* dan tinggi jatuh yang diperlukan untuk pemadatan.

Penentuan jumlah tumbukan dari benda uji bentuk silinder 15 x 30 cm dilakukan dengan pedoman energi pemadatan dari *modified*

*proctor* yang sudah umum digunakan dalam perencanaan jalan. Energi pemadatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus energi pemadatan yang diperlihatkan pada pers. 1.

$$E = (N \cdot W \cdot S) / V \quad (1)$$

Dimana :

E = Energi (ft lb/cu ft)

N = Jumlah tumbukan

V = Volume (cu ft)

S = Tinggi jatuh hamer (ft)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

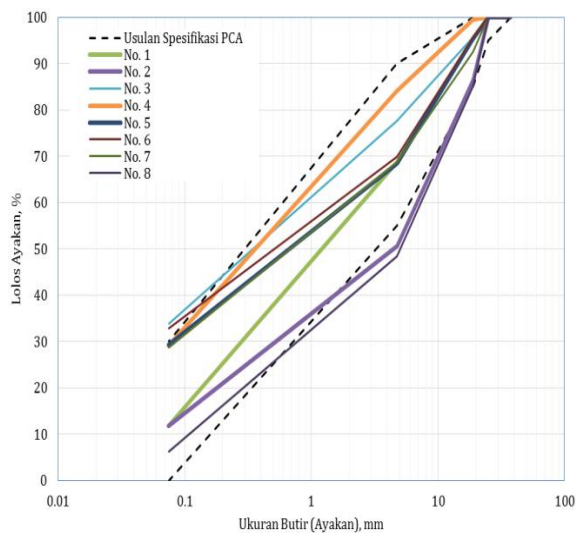
#### 3.1 Hasil Penelitian Penggunaan Material Lokal Papua Untuk Lapis Pondasi Agregat Semen dengan Material Lokal

Hasil penelitian penggunaan material lokal Papua untuk lapis pondasi agregat semen dengan material lokal telah dilakukan oleh Pusjatan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang diperlihatkan pada Tabel 4. Hasil penelitian ini merupakan gradasi agregat dengan berbagai lokasi yang ada di Papua, seperti batu kapur yang terdapat di Maybrat dengan jenis-jenis yang berbeda dan situ Tanah Merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abrasi dengan menggunakan mesin los angeles pada batu kapur Ayamaru adalah 62%, batu kapur Kambuaya adalah 62%, batu kapur Patah Hati adalah 63%, batu kapur Moswaren adalah 76% dan sirtu Tanah Merah adalah 50,5%. Nilai indeks plastistas juga ditunjukkan untuk semua material lokal tidak memiliki nilai, hal ini berarti kondisi dimana tanah berada antara batas cair dan batas plastis. Menurut Seta (2005) menyatakan bahwa batas cair adalah kadar air dimana tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis sedangkan batas plastis adalah kadar air dimana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi non plastis. Nilai indeks plastisitas sangat bergantung pada kadar tanah yang terkandung di dalamnya, semakin tinggi kadar tanah litany maka akan semakin tinggi indeks plastisitas yang dihasilkan, hal ini sesuai dengan Hanafiah (2005) yang menyatakan bahwa tanah dengan fraksi liat yang besar maka indeks plastisitas juga semakin tinggi.



**Tabel 4.** Penggunaan material lokal Papua untuk lapis pondasi agregat semen dengan material lokal telah dilakukan oleh Pusjatan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Ukuran ayakan	Persen Lolos Ayakan								Keterangan
	Sirtu Mentawai	Batu Kapur Pulutan, Talaud	Batu Kapur Ayamaru	Batu Kapur Kambuaya	Batu Kapur Patah Hati	Batu Kapur Moswaren	Sirtu Tanah Merah	Sirtu Tanah Merah (Dicuci)	
	No.1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
Abrasi			62	62	63	76	50,5		
PI	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	
1 in	100	100	100	100	100	100	100	100	Dibatasi
¾ in	96	86	96	97	95	96	92	85	
No. 4	69	51	78	84	68	70	69	48	
No. 10	48	34	68	69	55	58	64	40	
No. 40	25	20	50	47	41	44	56	31	
No. 200	12	12	35	29	21	33	29	6	



**Gambar 3.** Hubungan antara ukuran butir ayakan (mm) dengan persen lolos (%)

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara ukuran butir ayakan (mm) dengan persen lolos ayakan (%). Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa beberapa material lokal berada di luar batas spesifikasi, namun masih menghasilkan kuat tekan yang cukup tinggi (> 25 kg/cm<sup>2</sup>).

### 3.2 Kuat Tekan Material Lokal Papua Untuk Lapis Pondasi Agregat Semen dengan Berbagai Variasi Semen

Tabel 5 memperlihatkan hasil pengujian kuat tekan bebas material lokal Papua yang digunakan sebagai lapis pondasi agregat semen dengan berbagai variasi semen yang digunakan. Variasi semen yang digunakan adalah 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8% dan 9%.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dengan berbagai variasi kadar semen yang digunakan, terlihat bahwa nilai kuat tekan yang dihasilkan

bervariasi. Semakin tinggi kadar semen maka nilai kuat tekan pun semakin meningkat untuk semua jenis material lokal Papua. Kuat tekan yang tertinggi terlihat pada material sirtu Tanah merah yang telah dicuci dengan kadar semen 9% yaitu sebesar 78 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.3 Spesifikasi Material Lokal Papua

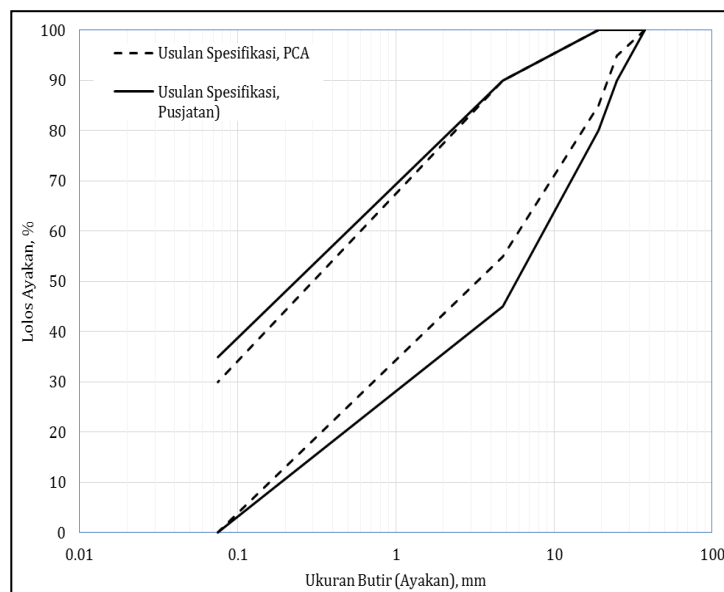
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan berupa gradasi agregat dan pengujian kuat tekan maka dengan mengacu standar spesifikasi lapis pondasi agregat dengan material lokal didapatkan spesifikasi material lokal Papua yang diperlihatkan pada Tabel 6 dan Gambar 4. Spesifikasi yang dimaksud adalah abrasi, plasticity indeks dan gradasi agregat.

**Tabel 6.** Spesifikasi material lokal Papua

Uraian	Minimum	Maksimum
Abrasi	Tidak Dibatasi	
PI	0	10
Lolos Ayakan, %		
- 1 ½ in	100	100
- 1 in	90	100
- ¾ in	80	100
- No. 4	45	90
- No. 200	0	35
UCS, kg/cm <sup>2</sup>	25	40

**Tabel 5.** Hasil pengujian kuat tekan

Semen, %	Kuat tekan, kg/cm <sup>2</sup>							
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
3								22
4		17						
5			29	21	17	12	27	39
6	25	21						
7			34	27	23	23	32	54
8		26						
9			36	39	26	25	40	78

**Gambar 4.** Spesifikasi material lokal Papua

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai kuat tekan rata-rata Lapis Pondasi Agregat Semen menggunakan material lokal Papua yaitu sirtu Tanah merah yang dicuci dengan kadar semen 3%, yaitu sebesar 22 kg/cm<sup>2</sup>, 5% yaitu sebesar 39 kg/cm<sup>2</sup>, 7% yaitu sebesar 54 kg/cm<sup>2</sup> dan 9% yaitu sebesar 78 kg/cm<sup>2</sup> atau meningkat seiring dengan penambahan kadar semen sebesar 77,27%, 38,46% dan 44,44%.

#### DAFTAR PUSTAKA

Afryana. 2009. *Studi Daya Dukung Lapis Pondasi Stabilisasi Tanah Lempung dengan Sekam Padi*. Skripsi Universitas Lampung: Lampung.

Amu, O.O., et. al., 2011, *Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with sugarcane straw Ash*, *American Journal Of Scientific And Industrial Research* © 2011, *Science Huß*, <http://www.scihub.org/AJSIR> ISSN: 2153-649X doi: 10.5251/ajsir.2011.2.2.323.331, pp 323-331

ASTM, Annual Books of ASTM Standards, Volume 04.08 Soil and Rock (I): D420-D5611, 2004.

Bowles, J. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta

Bowles, J. E. (1995). Alih Bahasa Ir. Johan Kelana Putra Edisi Kedua. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.

- Chen, F. H., (1975). *Foundation On Expansive Soil. Elsevier Science Publishing Company, New York.*
- Das, B. M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I.PT.* Erlangga: Jakarta
- Fookes, P. G., 1997, *Tropical Residual Soils: A Geological Society Engineering Group Working Party Report.* Geological Society Professional Handbooks: London.
- Hardiyatmo, C. H. (2010). *Mekanika Tanah 1.* Gadjah Mada University Press: Jakarta.
- Hary Christady Hardiyatmo, (2002), "*Teknik Pondasi I edisi kedua*". Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Insan, M. K., Hariati, F., & Taqwa, F. M. L. (2020). Studi Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash Sebagai Material Stabilisasi Tanah Dasar (Studi Kasus: Pekerjaan Subgrade untuk Jalan Lingkungan di PLTU Sulawesi Utara II, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara). *Jurnal Komposit*, 3(2), 39-44.
- Mario, S. (2016). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Abu Gunung Vulkanik Ditinjau Dari Nilai California Bearing Ratio.* University Of Sumatra utara: Medan
- Olugbenga O. A, Oluwole F.B., dan Iyiola A.K., 2011, The Suitability and Lime Stabilization Requirement of Some Lateritic Soil Samples as Pavemen, Int. J. Pure Appl. Sci. Technol., 2(1), pp. 29-46*
- Penuntun Praktikum Mekanikah Tanah, Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- SNI 03-1742-1989. Panduan pengujian kepadatan ringan untuk tanah. *Standar Nasional Indonesia. Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil.*
- SNI 03-1743-1989. Panduan pengujian kepadatan berat untuk tanah. *Standar Nasional Indonesia. Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil.*
- SNI 03-1967-1990. "*Metode pengujian batas cair tanah dengan alat Cassagrande*".
- SNI 03-6887-2002. "*Metode pengujian kuat tekan bebas campuran tanah-semen*".
- SNI 1964:2008. "*Cara uji berat jenis tanah tanah*". Revisi dari SNI 03-1964-1990.
- SNI 1966:2008. "*Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*". Revisi dari SNI 03-1966-1990
- SNI 3423:2008. "*Cara uji analisis ukuran butir tanah*". Revisi dari SNI 03-3423-1994.
- Suardi, Enita. (2005). *Kajian Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Additive Semen Dan Kapur.* Politeknik Negeri Padang: Padang