

# Pengaruh Penambahan Semen terhadap Nilai CBR Tanah Bawen-Ungaran

*The Effect of Cement on the CBR of Soil at Bawen-Ungaran*

**Novia Latifah Utami, Edi Hartono, Agus Setyo Muntohar**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Stabilisasi tanah dengan semen diartikan sebagai pencampuran tanah yang dihancurkan, semen, dan air lalu dipadatkan menghasilkan material baru yaitu tanah-semen membuat kekuatan, deformasi, karakteristik, daya tahan terhadap air, cuaca dapat disesuaikan dengan kebutuhan perkerasan jalan, pondasi bangunan dan jalan. Presentase semen mempengaruhi nilai parameter utama pengujian yaitu nilai berat jenis, distribusi ukuran butir, nilai batas konsistensi tanah, dan nilai CBR rendaman. Presentase semen yang digunakan adalah 0% dan 10% dari berat benda uji dan dengan waktu pemeraman 7 hari dengan kondisi CBR tanah rendaman (*soaked*). Pengaruh penambahan semen terhadap pengujian menunjukkan bahwa semakin besar kadar semen maka nilai berat jenis semakin tinggi, nilai batas cair semakin menurun, nilai batas plastis, batas susut, indeks plastisitas semakin tinggi, nilai CBR semakin tinggi, dan tidak berpengaruh pada nilai pengembangan. Dari perbandingan seluruh benda uji maka nilai CBR yang diambil yaitu pada benda uji I kadar semen 10% sebesar 75,33%. Selisih nilai CBR antar benda uji kadar semen 0% dan 10% sebesar 71%.

Kata kunci : stabilisasi, semen, rendaman, CBR, lempung.

**Abstract.** Soil stabilization with cement is defined as mixing of crushed soil, cement, and water and then compacted to produce new material which is soil-cement making strength, deformation, characteristic, water resistance, weather can be adjusted to road pavement, foundation and road. The percentage of cement affects the values of the main test parameters is the specific gravity value, grain size distribution, soil consistency limit value, and the value of CBR immersion. The percentage of cement used was 0% and 10% of the weight of the specimen and with a 7-day curing time under soaking CBR conditions. The effect of the addition of cement to the test shows that the higher the cement content the higher the weight value, the decreasing liquid limit value, the plastic limit value, the shrinkage limit, the higher plasticity index, the higher CBR value, and no effect on the development value. From the comparison of all specimens, the CBR value taken on the test specimens I content of cement 10% of 75.33%. Difference between CBR values use cement 0% and 10% was 71%.

Keywords: stabilization, cement, soaking, CBR, lempung.

## 1 Pendahuluan

Jalan tol Semarang – Solo pada beberapa ruas seperti pada Sta. 5+500 hingga 6+300, dan Sta. 22+975 hingga 23+500 dibangun pada tanah yang mengandung lapisan kelompok *shale*. Jenis lapisan ini oleh Muhrozi dan Wardani (2011) disebutkan dapat menimbulkan permasalahan longsoran pada struktur timbunan badan jalan di atasnya. Tanah kelompok *shale* ini memiliki kekuatan yang tinggi pada kondisi kering, tetapi kekuatannya berkurang drastis akibat pembasahan. Perilaku *shale* sangat sulit, namun begitu terkena sinar matahari, udara, dan air dalam waktu yang

relatif singkat dan membentuk lumpur (Agung dkk., 2013). Perilaku ini memerlukan usaha perbaikan tanah untuk meningkatkan kekuatan tanah akibat pembasahan. *Shale* terdiri dari beberapa jenis, salah satunya, *siltstone* memiliki ukuran partikel 0,0065 sampai 0,0039 mm, ukuran partikel tersebut merupakan ukuran pasir dan serpih (Dayal dkk., 2017).

Metode perbaikan tanah dengan bahan semen merupakan cara yang paling sering dilakukan pada pekerjaan jalan (Muntohar, 2016; Kezdi, 1979). Namun kekurangannya menurut Alhasan dkk. (2007) semen *portland*, berdasarkan sifat kimia menghasilkan CO<sub>2</sub> pada tiap ton diakhir penggunaan sehingga

menimbulkan dampak lingkungan. Pandiangan dkk. (2016) menjelaskan stabilisasi dengan semen dapat mencegah kegagalan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Semen berfungsi sebagai pengikat dan memberikan efek pengerasan selain itu juga penguatan tanah sesuai dengan yang diinginkan (Mahamaya dkk., 2015; Takaendengan dkk., 2013). Kekuatan tanah yang distabilisasi dengan semen bergantung pada kadar semen yang dicampurkan (Joel dan Agbede, 2010). Kadar semen optimum untuk setiap tanah berbeda-beda. Quadri dkk. (2009) menetapkan bahwa kadar semen 4% paling optimal untuk menstabilkan tanah di Nigeria Utara.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh penambahan semen terhadap daya dukung tanah (CBR) yang diambil dari ruas jalan tol Semarang – Solo di Bawen. Penelitian ini juga mengkaji pengaruh pembasahan (perendaman) terhadap daya dukung tanah yang distabilisasi dengan semen. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjelaskan usaha perbaikan tanah *siltstone* pada ruas jalan tol Semarang–Solo. Sehingga dapat digunakan sebagai alternatif penanganan permasalahan pada badan jalan tol.

## 2 Metode Penelitian

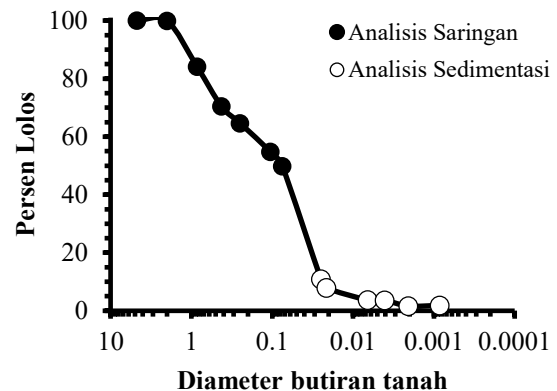
### Tanah

Tanah jenis *siltstone* diambil dari daerah Bawen, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Distribusi ukuran butiran tanah seperti disajikan pada Gambar 1. Sifat-sifat indeks tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat-sifat indeks tanah

Variabel	Hasil
Berat Jenis, Gs	2,58
<i>Atteberg Limit</i>	
Batas Cair (%)	37
Batas Plastis (%)	22
Batas Susut (%)	17
Indeks Plastisitas (%)	15
Distribusi fraksi tanah	
Pasir (%)	50
Lanau/Lempung (%)	50
Pemadatan <i>Proctor Standard</i>	
Berat volume kering maksimum (kN/m <sup>3</sup> )	14,8
Kadar Air Optimum (%)	25

Tanah mengandung 50% fraksi halus. Berdasarkan nilai batas cair dan indeks plastisitas, maka tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas rendah bercampur pasir simbol CL menurut *USCS*.



Gambar 1 Kurva distribusi butiran

### Semen

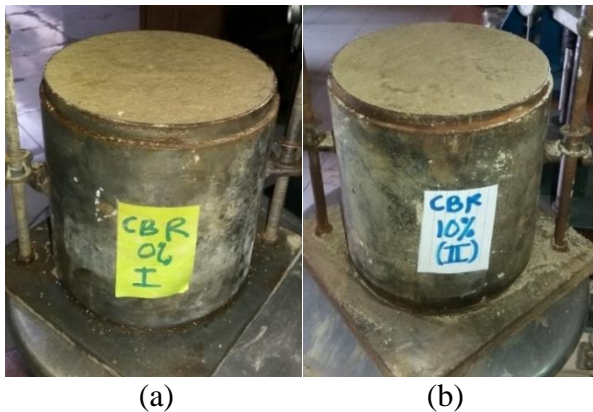
Semen yang digunakan jenis semen *portland* merk Holcim sesuai dengan SNI 2049:2004 (SNI, 2004). Semen *Portland* adalah semen hidrolis didapatkan melalui proses menggiling kalsium silikat digiling bersama bahan tambahan berupa satu atau lebih kalsium sulfat dan bisa ditambah bahan lain SNI 2049:2004 (SNI, 2004).

### Pembuatan Benda Uji

Dua kelompok benda uji yang dibuat dalam penelitian yaitu (1) benda uji tanah tanpa campuran semen, dan (2) benda uji dengan campuran 10% semen. Benda uji dibuat dari tanah kering oven yang lolos saringan No. 4. Untuk benda uji dengan campuran semen, tanah kering oven dicampur dengan 10% semen (dari berat kering tanah). Tanah yang telah disiapkan lalu dicampur air sebanyak 25% dari berat kering tanah secara merata. Setelah pencampuran air, benda uji tanpa semen didiamkan ±16 jam, sedangkan benda uji dengan campuran semen didiamkan selama 1 jam dalam plastik tertutup. Kemudian benda uji dipadatkan dalam silinder CBR. Pemadatan dilakukan dalam 5 lapisan dengan jumlah tumbukan setiap lapisan sebanyak 56 kali. Benda uji yang telah dipadatkan seperti ditampilkan pada Gambar 2. Benda uji dengan campuran semen selanjutnya dibungkus dalam plastik tertutup dan dilakukan perawatan selama 7 hari.

### Pengujian CBR Laboratorium

Jenis uji CBR yang dilakukan adalah uji CBR dengan rendaman yang mengacu pada ASTM D1883 (ASTM, 1999). Setelah masa perawatan benda uji selesai, benda uji direndam selama 96 jam guna mengukur pengembangan tanah, kriteria Snetehn (1977) potensi pengembangan tanah ditampilkan pada Tabel 2 (Yahya, 2015). Selanjutnya dilakukan penetrasi hingga diperoleh kurva hubungan antara penetrasi dengan tekanan penetrasi seperti Gambar 3. Nilai CBR dihitung dari perbandingan penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch terhadap tekanan standar seperti pada persamaan 1 dan 2.



Gambar 2 Benda uji CBR laboratorium setelah dicetak (a) tanpa semen, (b) 10% semen.

Tabel 2 Klasifikasi potensi pengembangan tanah

$L_L$ (%)	IP (%)	Potensial Swell (%)	Klasifikasi Potensial Swell
> 60	> 35	> 1,5	Tinggi
50 – 60	25 – 35	0,5 – 1,5	Umum
< 50	< 25	< 0,5	Rendah

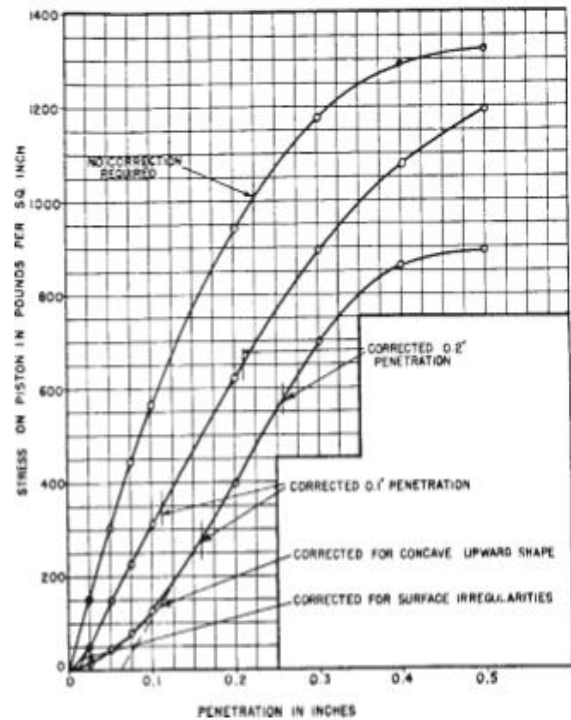
$$CBR_{0,1''} = \frac{P_{0,1''}}{6,9} \times 100\% \text{ (psi)} \quad (1)$$

$$CBR_{0,1''} = \frac{P_{0,1''}}{10,3} \times 100\% \text{ (psi)} \quad (2)$$

dengan :

$CBR_{0,1''}$  &  $CBR_{0,2''}$  : nilai CBR masing-masing pada penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch

$P_{0,1}$  &  $P_{0,2}$  : nilai penetrasi masing-masing pada penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch.



Gambar 3 Jenis dan koreksi kurva CBR (ASTM, 1999)

Selanjutnya nilai CBR ditetapkan dengan ketentuan sebagai berikut : (i) jika nilai tekanan penetrasi maksimum terjadi pada penetrasi kurang dari 0,2 inch, maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai  $CBR_{0,1''}$ , (ii) jika pada pengujian nilai  $CBR_{0,2''}$  lebih besar dari nilai  $CBR_{0,1''}$ , maka pengujian harus diulang. Jika setelah diulang, nilai  $CBR_{0,2''}$  lebih besar dari nilai  $CBR_{0,1''}$ , maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai  $CBR_{0,2''}$ .

### 3 Hasil Penelitian dan Pembahasan Sifat Indeks Tanah

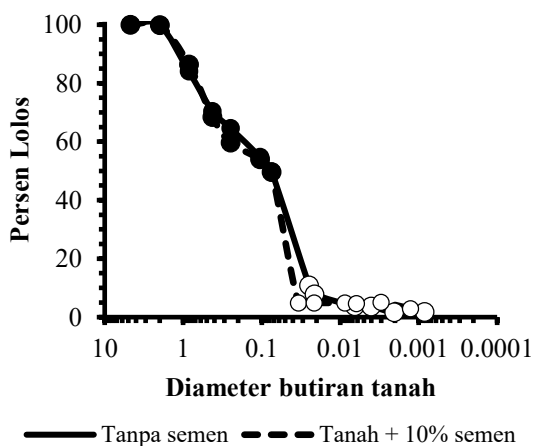
Sifat-sifat indeks tanah meliputi berat jenis, batas-batas Atterberg, dan distribusi ukuran butiran tanah. Berat jenis tanah dengan campuran semen lebih besar daripada tanah tanpa semen yaitu 2,73 dibandingkan 2,58 (lihat Tabel 1). Tabel 3 menyajikan hasil pengujian batas-batas konsistensi tanah tanpa semen dan dengan semen.

Tabel 3 Hasil pengujian *Atterberg limit*

Jenis Pengujian	Kadar Semen	
	0%	10%
Batas cair ( $LL$ )	38%	34%
Batas plastis ( $PL$ )	22%	33%
Batas susut ( $SL$ )	17%	31%
Indek plastisitas ( $PI$ )	16%	1%

Indek plastisitas tanah berkurang drastis dari 16% menjadi 1% setelah tanah dicampur dengan semen. Indek plastisitas tanah dengan campuran semen berkurang karena berkurangnya nilai batas cair dan meningkatnya batas plastis tanah.

Hasil pengujian distribusi butiran tanah ditampilkan pada Gambar 4. Kurva distribusi ukuran butiran tanah tidak menunjukkan perubahan fraksi tanah yang berarti untuk tanah tanpa semen dan dengan campuran 10% semen. Namun, terjadi perbesaran ukuran butiran tanah fraksi halus. Ukuran butiran tanah fraksi halus tanpa semen berkisar 0,000848 mm hingga 0,02498 mm, sedangkan untuk tanah dengan campuran semen berkisar 0,00128 mm sampai 0,034 mm. Sehingga terjadi perbesaran ukuran butiran tanah sebanyak 1,3 hingga 1,5 kali. Kondisi ini menunjukkan adanya pembesaran ukuran butir tanah pada fraksi halus.



Gambar 4 Kurva distribusi ukuran butiran tanah

### Uji CBR

Pada penelitian ini, proses perendaman selama 96 jam tidak menghasilkan pengembangan tanah. Menurut Yahya (2015) menjelaskan penyebab terjadinya pengembangan yaitu tanah memiliki plastisitas tinggi jika  $LL > 40\%$  dan  $PI > 15\%$ , terdapat kandungan *montmorillonite*, dan cuaca yang menyebabkan perubahan kadar air.

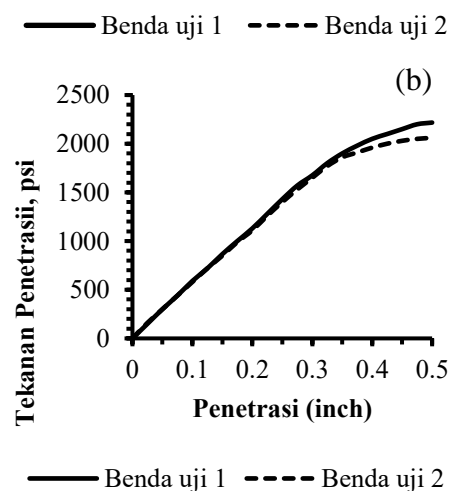
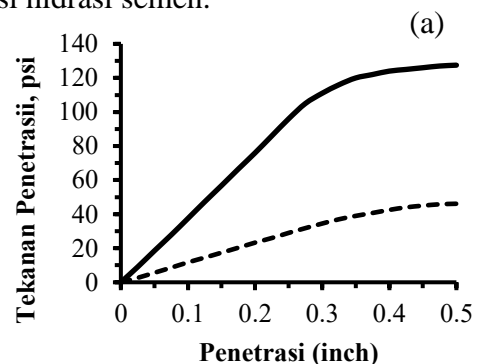
Hasil uji penetrasi untuk semua benda uji ditampilkan pada Gambar 5. Selanjutnya, data setelah dan sebelum rendaman ditampilkan pada Tabel 4. Dan hasil pengukuran penetrasi 0,1" dan 0,2" atau hasil  $CBR_{0,1"}$  dan  $CBR_{0,2"}$  ditampilkan pada Tabel 5.

Nilai CBR yang diambil yaitu benda uji I kadar semen 10% sebesar 75,33% sesuai dengan persyaratan ASTM D 1883-99.

### Pembahasan

#### Pengaruh Semen terhadap Sifat Indeks Tanah

Peningkatan nilai berat jenis tanah akibat pencampuran dengan semen juga ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Andriani dkk. (2012). Hal ini terjadi karena semen bercampur tanah mengakibatkan terjadinya pertukaran kation alkali ( $Na^+$  dan  $K^+$ ) tanah digantikan kation semen ( $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ ) sehingga tanah mengalami flokulasi (menggumpal) dan mengakibatkan mikropori dan makropori tanah meningkat seiring bertambahnya kadar bahan stabilisasi (Andriani dkk., 2012 ; Lesmana dkk., 2016). Pengamatan mikroskopik yang dilakukan oleh Ilyas dkk. (2008) menyebutkan bahwa semakin banyak penambahan semen pada tanah menyebabkan rapatnya porositas antar partikel tanah sebagai hasil dari terjadi pembentukan gumpalan dari reaksi hidrasi semen.



Gambar 5 Kurva hubungan penetrasi dan tekanan uji CBR (a) tanah tanpa semen, (b) tanah dengan 10% semen

Tabel 4 Data setelah dan sebelum rendaman

Parameter	Kadar Semen							
	0%				10%			
	Sebelum		Sesudah		Sebelum		Sesudah	
	BU I	BU II	BU I	BU II	BU I	BU II	BU I	BU II
Berat tanah basah, g	4285	4000	4335	4192	5265	4371	5230	4441
Berat tanah kering, g	3406,4	3200	798,85	713,88	200,97	169,42	60,88	49,84
Berat volume tanah basah, g	1,33	1,23	0,74	0,78	1,59	1,23	0,62	0,69
Berat volume tanah kering, g	1,06	0,98	0,23	0,11	0,06	0,06	0,02	0,02
Berat air terisap, g	77	192	77	192	65	70	65	70
Kadar air, %	25	24,7	32,72	41,16	24,7	24,8	32,34	41,32

Tabel 5 Nilai CBR laboratorium

Nilai CBR	Kadar Semen			
	0%		10%	
	BU I	BU II	BU I	BU II
0,1 in.	1,17%	3,75%	59%	58%
0,2 in.	1,55%	5,07%	75,33%	74%
Rata-rata	3,31%		74,66%	

Hasil pengujian *Atterberg limit* menunjukkan bahwa jika kadar semen meningkat maka batas plastis dan batas susut meningkat, maka batas cair menurun, dan indeks plastisitas menurun. Ini terjadi karena pertukaran ion  $K^+$  (kalium) dan  $Na^+$  (natrium) dari tanah dengan ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  dari semen sehingga ukuran partikel tanah menjadi lebih besar, yang dapat mengurangi indeks plastisitas tanah diikuti penurunan potensi pengembangan. Selain itu senyawa silika ( $SiO_2$ ) dan alumina ( $Al_2O_3$ ) dari semen bercampur dengan tanah dan air membuat rongga pori partikel tanah dikelilingi semen membuat tanah sulit ditembus air sehingga memiliki sifat plastisnya cenderung turun ketika semen bertambah (Andriani dkk., 2012). Kadar semen yang tinggi dapat meningkatkan derajat keasaman (pH) sehingga meningkatkan kapasitas pertukaran kation (Lesmana dkk., 2016).

Hasil pengujian ukuran butir tanah menunjukkan bahwa jika kadar semen meningkat, maka ukuran butir tanah lebih besar akibat proses flokulasi, proses ini terjadi karena reaksi tanah semen, pertukaran kation alkali potassium dan sodium ( $Na^+$  dan  $K^+$ ) berasal dari

tanah digantikan dengan kation berasal dari semen yaitu ion  $Na^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ .

### Pengaruh Semen terhadap Nilai CBR Rendaman

Tanah ini memiliki potensi pengembangan yang rendah ( $< 0,5\%$ ), dapat dilihat dari nilai batas cair  $< 50\%$  yaitu 38% dan 34% sedangkan nilai indeks plastisitas  $< 25\%$  yaitu 16% dan 1% sehingga nilai pengembangan kecil bahkan 0%. Hasil pengujian CBR rendaman menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar semen maka nilai CBR lebih tinggi sehingga memiliki daya dukung yang tinggi. Ini terjadi karena campuran tanah, semen, dan air membentuk butiran baru yang lebih keras. Terjadi proses pertukaran kation alkali ( $Na^+$  dan  $K^+$ ) dari tanah dengan kation dari semen sehingga mengalami penggumpalan membentuk butiran dengan ukuran lebih besar selain itu juga terjadi proses pozzolan yaitu kalsium hidroksida [ $Ca(OH)_2$ ] dari tanah dengan silikat ( $SiO_2$ ) dan aluminat ( $Al_2O_3$ ) dari semen membentuk kalsium silikat atau aluminat silikat sebagai bahan pengikat, proses hidrasi terjadi karena reaksi silikat ( $SiO_2$ ) dan aluminat ( $Al_2O_3$ ) dari permukaan tanah membentuk pasta semen sehingga mengikat partikel tanah, dan proses sementasi terjadi akibat sifat semen bercampur dengan air sehingga terjadi proses pozzolan (Andriani dkk., 2012). Pandiangan (2016) menjelaskan seiring penambahan semen maka meningkatkan nilai daya dukung tanah karena pencampuran tanah-semen-air menimbulkan proses sementasi sehingga membentuk partikel

baru yang lebih keras dan terjadi proses pozzolan karena semen bercampur dengan air. Semua benda uji sebelum dan sesudah rendaman hampir semua parameter memiliki selisih yang hampir sama. Selisih berat air terisap benda uji kadar semen 0% lebih banyak yaitu 115 g dibanding benda uji kadar semen 10% hanya 5 g.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengaruh semen terhadap sifat indek tanah dan CBR rendaman, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan tanah dengan kadar semen 10% dapat meningkatkan nilai berat jenis sebesar 0,15, perbesaran ukuran butiran tanah fraksi halus hingga 1,5 kali, kenaikan nilai batas plastis 11%, nilai batas susut 14%, dan penurunan nilai batas cair 4%, dan indek plastisitas 15%.
2. Penambahan semen mampu meningkatkan nilai CBR tanah hingga 71% daripada tanah tanpa campuran semen.

#### 5 Daftar Pustaka

- Agung, P., Damianto, M.A., Yuwono., Istiatun, 2013, A Critical State Approach to Stability of Clay Shale for Design Structures of the Sentul Hill, West Java, Indonesia, *The 4th International Conference of EACEF* (European Asian Civil Engineering Forum) National University of Singapore. June 26-28. G 7-13.
- Alhasan, M., Mustapha, A.M., 2007, Effect of Rice Husk Ash on Cement Stabilized Laterite, *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 3 (2), 47-58.
- Andriani., Y.R., Fernandez, F.L., 2012, Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8 (1), 29-44.
- ASTM, 1999, *ASTM D1883-99: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils*, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Dayal, A.M., Mani, D., 2017, *Shale Gas Exploration and Environmental and Economic Impacts*, India: CSIR-NGRI. Hyderabad.
- BSN, 2004, *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Ilyas, T., Rahayu, W., dan Arifin D.S., 2008, Studi Perilaku Kekuatan Tanah Gambut Kalimantan yang Distabilisasi dengan Semen Portland, *Jurnal Teknologi*, 1 (2), 1-8.
- Joel, M., dan Agbede, I.O., 2010, Cement Stabilization of Igumale Shale Lime Admixture for Use as Flexible Pavement Construction Material, *Nigerian Society of Engineers Agriculture*, 15, 61-73.
- Lesmana, R.I., Muhardi., Nugroho, S.A., 2016, Stabilisasi Tanah Platisitas Tinggi dengan Semen, *Jom Fteknik*, 3(2), 1-13.
- Mahamaya, M., Suman, S., Anand, A., dan Das, S.K. 2015, Prediction of UCS and CBR Values of Cement Stabilised Mine Overburden and Fly Ash Mixture, *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 294 – 302.
- Muhrozi., Wardani, S,P,R., 2011, Problem of High Embankment on Clay Shale at Semarang-Ungaran Toll Road Sta 5+500 to 6+300, *Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation and Highway Engineering 2011, Proceedings of the 3rd and 5th International Conference Semarang, Indonesia*, 18 – 20 May 2011, 159-171.
- Muntohar, A.S., 2016, Desain Nilai CBR Tanah Dasar Jalan dengan Perbaikan Kapur dan Abu Sekam Padi, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2016*, Surakarta, 13 September, 310-315.
- Pandiangan, B., Iswan., Jafri, M, 2016, Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Semen pada Kondisi Tanpa Rendaman (Unsoaked), *JRSDD*, 4 (2): 256-275.
- Quadri, H.A., Adeyemi, O.A., Bobzom, B.G., 2013, Impact of Compaction Delay on the Engineering Properties of Cement Treated Soil, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 4 (6), 9-15.
- Takaendengan, P.P., Ticoh, J.H., Monintja, S., Sumampouw, J.R., 2013, Pengaruh Stabilisasi Semen terhadap Swelling

- Lempung Ekspansif, *Jurnal Sipil Statik*, 1(6), 382-389.
- Wardani, S.P.R., dan Muntohar, A.S., 2018, *Perbaikan Tanah*, Lembaga Pengembangan, Penelitian, Publikasi dan Masyarakat UMY, Yogyakarta
- Yahya, R.G., 2015, Kerusakan Jalan Raya akibat Tanah Mengembang, *Jurnal Teknik Sipil*, 11 (1), 1-75.