

## PASIR DARI LIMBAH MARMER SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA TANAH EKSPANSIF

Candra Aditya<sup>1)</sup>, Dafid Irawan<sup>1)</sup>, Silviana<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

### ABSTRACT

Expansive soil caused the unstable structure. A treatment is needed to improve the soil. One of them is by doing a stabilization. Stabilization of expansive soil can use the material added. The goal is lower plasticity index value and increase the power dukungnya. On the other hand the use of waste in construction has been utilized as a replacement for conventional materials. The purpose of this study was to optimize the utilization of waste materials as marble sand stabilization of expansive soil and found a mixed composition of waste land on the expansive marble the most optimal. Testing is done by analyzing the change of physical properties of expansive soil and mechanical and soil mixture with the addition of marble-sand variation of 10%, 20%, 30% and 40%. The results obtained are the water levels decrease an average of 1.93%, heavy kind of rising an average of 0.96 grams/cm<sup>3</sup> and plasticity index value has decreased an average of 12.84%. On the mechanical properties of strong focus was more on the increase of 0.22 kg/cm<sup>2</sup>-0.63 kg/cm<sup>2</sup> (average of 31.71% each addition 10% sand marble), while on the powerful gesernya undergo a decrease of 0.17-0.27 kg/cm<sup>2</sup> (average of 27.05% each the addition of 10% sand marble). Sand the marble wastes can be used as material for the stabilization of expansive soils of low, medium and high because of enduring physical properties and had engineer a better changes.

**Keywords:** *Waste materials marble, soil stabilization, expansive*

### 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang sangat penting dalam kaitannya dengan sistem pergerakan orang dan barang. Pada pembangunan jalan di Indonesia, banyak daerah kondisi tanah dasarnya terletak di tanah yang tidak stabil seperti lempung lunak atau tanah ekspansif sehingga perkerasan jalan sering mengalami kerusakan. Lapis perkerasan tersebut dapat langsung menumpu pada tanah dasar lunak atau di atas lapis fondasi jalan. Namun penurunan tanah lunak di bawahnya cenderung bersifat tidak seragam (*differential settlement*) sebagai akibat distribusi beban yang tidak merata sepanjang perkerasan atau disertai dengan penurunan tidak seragam akibat ketidak-homogenan tanah (Puri, 2015).

Untuk itu, dibutuhkan suatu perlakuan terhadap tanah lunak tersebut antara lain dengan melakukan stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan tambahan bahan atau material dengan tujuan untuk menurunkan nilai indeks plastisitas dan potensi mengembang, yaitu dengan mengurangi persentase butiran halus atau kadar lempungnya dan juga melakukan perencanaan struktur perkerasan (*pavement*) yang dapat melindungi tanah tersebut dari beban yang berlebihan akibat kendaraan.

Disisi lain, dalam beberapa tahun terakhir penggunaan berbagai macam limbah untuk konstruksi sipil telah banyak dimanfaatkan sebagai pengganti material konvensional seperti agregat maupun semen. Pada industri pengolahan batu marmer produk utama yang dihasilkan berupa marmer dalam berbagai macam bentuk dan jenis. Limbah yang berupa pasir marmer merupakan limbah utama yang dihasilkan dari hasil olahan industri batu marmer. Beberapa penelitian tentang material limbah marmer ini telah dilakukan. Dari hasil beberapa penelitian ternyata material limbah marmer sangat potensial untuk terus dikembangkan sebagai bahan alternatif pada pembuatan bahan bangunan karena selain ketersediaan limbah marmer ini cukup banyak juga terbukti bisa dipakai sebagai bahan pengganti material seperti pasir dan semen yang mampu meningkatkan mutu bahan bangunan.

Penelitian yang bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah pasir marmer sebagai material stabilisasi tanah ekspansif pada kondisi tanah ekspansif. Selain itu juga merupakan salah satu upaya untuk membuat inovasi dalam perbaikan kondisi tanah dan pembuatan perkerasan jalan dengan memanfaatkan limbah yang ada dan membuat perkerasan jalan yang ramah lingkungan dengan harga yang relatif murah tanpa mengurangi mutunya.

---

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Candra Aditya, Telp 081357804991, raditya\_ir@yahoo.com

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 klasifikasi utama yaitu berdasarkan sifat teknisnya dan berdasarkan pada tujuannya, dimana beberapa variasi dapat digunakan. Dari sifat teknisnya, stabilisasi dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu : stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimiawi (Ingles dan Metcalf, 1972). Stabilitas tanah ekspansif yang murah dan efektif adalah dengan menambahkan bahan kimia tertentu, dengan penambahan bahan kimia dapat mengikat mineral lempung menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif (Ingles dan Metcalf, 1972).

Das (1994) menyatakan lempung merupakan salah satu jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat cukup kompleks. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesinya. (Sudjianto, 2006), lempung yang memiliki fluktuasi kembang susut tinggi disebut lempung ekspansif. Tanah ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang dan sebagainya. Usaha stabilisasi kimiawi lempung dilakukan dengan penambahan limbah garam dapur (NaCl) sebagai *stabilizing agent* untuk mengurangi tekanan pengembangan lempung ekspansif (Sudjianto, 2007). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sudjianto dkk (2009) dan Sudjianto (2007) menunjukkan bahwa tanah lempung ekspansif mempunyai tingkat kembang susut tinggi dan daya dukung rendah. Berdasarkan hasil penelitian, keberadaan air pada badan jalan akan menyebabkan kadar air yang ada didalam tanah akan meningkat dan menimbulkan kembang (swelling) yang tinggi sehingga daya dukung tanah dasar menjadi turun (Sudjianto dkk, 2012).

Limbah marmer merupakan limbah dari industri batu marmer yaitu limbah dari proses penggergajian atau ukiran yang dibentuk dengan tangan sehingga pecahannya ada yang berupa kerikil, ada juga yang berupa pasir. Batu marmer didapat dari gunung yang terletak di wilayah Campurdarat Kabupaten Tulungagung.



Gambar 1. Marmer dan limbah marmer

Limbah marmer ini mempunyai ciri-ciri sebagai berikut : Berwarna putih kecoklatan dan mempunyai permukaan yang tajam dan keras serta bersih dari lempung dan lumpur, sehingga memberikan ikatan yang kuat pada pasta semen. Pasir marmer mempunyai karakteristik yang sama dengan pasir sungai, tetapi dalam pasir marmer ini berwarna putih kecoklatan dan mempunyai butir-butir halus dengan ukuran butiran antara 0,5 mm dan 5 mm. Dimana butiran ini hampir mendekati karakteristik pasir yang berasal dari kikisan bebatuan yang berasal dari sungai. Tidak mengandung bahan organik, sehingga proses pengerasan semen tidak terhambat, karena bahan organik dapat menghambat pengerasan semen.

Sedangkan penelitian tentang limbah marmer sebagai material fungsional untuk konstruksi sudah banyak dilakukan. Penggantian pasir dengan pasir marmer pada genteng beton (Aditya, C., 2010) beban lentur genteng beton meningkat sebesar 327,86 N (29,26%) dari genteng beton normal (0% pasir onyx). Penggantian pasir dengan pasir onyx pada paving block (Aditya, C., 2011) menimbulkan peningkatan kuat tekan paving block komposisi 1 PC : 6 PsO meningkat sebesar 147,72 kg/cm<sup>2</sup> (64,05%), dibandingkan dengan kuat tekan paving block komposisi 1 PC : 6 Ps (0% pasir onyx). Penggantian pasir sungai dengan pasir marmer dan semen portland dengan serbuk limbah marmer pada pembuatan genteng beton dan paving block (Aditya, C., Halim, Chauliah, 2013) menghasilkan penurunan pada berat dan kuat lentur tapi masih layak dan memenuhi syarat SNI 0096:2007.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan pasir marmer terhadap sifat fisik dan mekanik tanah ekspansif dengan kembang susut kecil, sedang dan besar. Tujuan lainnya adalah untuk mengetahui komposisi campuran penggunaan limbah marmer sebagai material stabilisasi tanah ekspansif yang paling optimal serta membuat model stabilisasi tanah ekspansif dengan limbah marmer.

Temuan yang ditargetkan dalam penelitian ini adalah inovasi dalam produksi material stabilisasi tanah ekspansif dengan memanfaatkan limbah marmer yang belum dimanfaatkan secara optimal sebagai

substitusi agregat sehingga tercipta produk bahan konstruksi berbahan baku limbah marmer yang bernilai ekonomis tinggi dan ramah lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

### A. Sampel Penelitian

#### 1. Pasir Limbah Marmer

Sebelum limbah marmer diolah menjadi bahan baku material stabilisasi tanah ekspansif maka terlebih dahulu harus dilakukan analisis gradasi agregat terhadap pasir marmer untuk mengetahui ukuran agregat limbah marmer yang sesuai. Pasir marmer yang dipakai adalah pasir dari olahan limbah marmer di Kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung.

#### 2. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah ekspansif sebagai bahan uji diambil dari daerah Saradan yang mempunyai kembang susut kecil, Caruban yang mempunyai kembang susut sedang dan Ngawi yang mempunyai kembang susut besar. Variasi pemakaian limbah marmer sebagai bahan stabilisasi untuk tanah campuran sebagai benda uji adalah 10%, 20%, 30%, 40%.

### B. Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir marmer sebagai material stabilisasi tanah ekspansif dengan kembang susut kecil, sedang dan besardan untuk mengetahui komposisi campuran penggunaan limbah marmer sebagai material stabilisasi tanah ekspansif yang paling optimal maka dilakukan sejumlah pengujian di laboratorium. Pengujian dimulai dengan pengujian pendahuluan berupa pengujian unsur fisik limbah marmer yang meliputi berat jenis, penyerapan, modulus halus dan gradasi. Dilanjutkan pengambilan sampel tanah pada lokasi tanah ekspansif rendah, sedang dan tinggi. Tahap berikutnya adalah penentuan variasi komposisi penambahan limbah marmer pada tanah ekspansif, pembuatan benda uji berupa tanah asli dan tanah campuran (tanah ekspansif rendah, sedang, tinggi + 10%, 20%, 30%, 40% pasir limbah marmer).

Berikutnya adalah pemeraman benda uji serta pengujian sifat fisik tanah ekspansif asli dan campuran serbuk dan pasir marmer meliputi kadar air, berat jenis (*specific gravity*), density, analisis ayakan (*grain size*), atterberg limit (LL, PL, PI) dan pengujian sifat mekanik tanah ekspansif asli dan campuran serbuk dan pasir marmer meliputi kuat tekan bebas (*unconfined*), kuat geser (*direct shear*), (*specific gravity*), konsolidasi dan *swelling*. Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan, analisis statistik dan pembahasan serta menyimpulkan hasil penelitian.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### I. Hasil Pengujian Bahan Pasir Limbah Marmer sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Ekspansif

Data hasil pengujian pasir limbah marmer yang meliputi kadar air, berat jenis, berat volume, penyerapan/absorbs dan modulus kehalusan hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

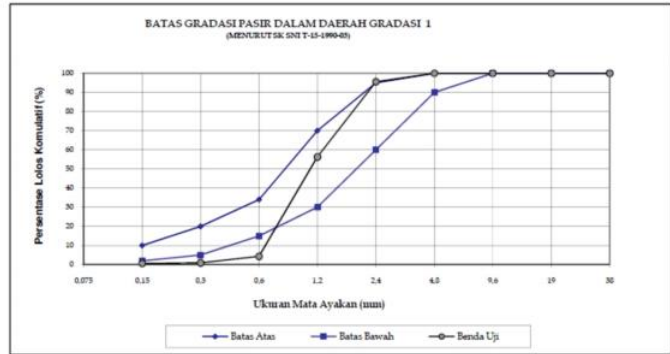
Tabel 1. Hasil Pengujian Pasir Limbah Marmer Tulungagung

Macam Pengujian	Hasil uji	Standart ASTM
Kadar Air (kondisi JPK/SSD)	1,34	-
Berat Jenis Kering Oven ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2,58	2,5 – 2,7
Berat Jenis JPK/SSD ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2,69	2,5 – 2,7
Berat Volume ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )		
• Kondisi padat	1,52	Max 1,6
• Kondisi gembur	1,36	Max 1,2
Penyerapan (%)	1,84	1 – 2
Modulus Kehalusan (FM)	3,51	2 – 4

Sumber : Hasil Perhitungan 2018

Hasil uji gradasi dari limbah marmer Tulungagung berdasarkan SK SNI M-08-1989-F adalah sebagai berikut:

Lubang Saringan ( mm )	Tertahan		% Kumulatif	
	Gram	%	Tertinggal	Tembus
38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
38,10 - 19,20	0,00	0,00	0,00	100,00
19,20 - 9,60	0,00	0,00	0,00	100,00
9,60 - 4,80	0,00	0,00	0,00	100,00
4,80 - 2,40	49,70	4,38	4,38	95,62
2,40 - 1,20	446,30	39,37	43,75	56,25
1,20 - 0,60	589,00	51,95	95,70	4,30
0,60 - 0,30	38,50	3,40	99,10	0,90
0,30 - 0,15	3,00	0,26	99,36	0,64
0,15 - 0,00	7,20	0,64	100,00	0,00
<b>Jumlah</b>	1133,70			
Angka Kehalusan		3,42		



Gambar 2. Hasil Uji Analisis Gradasi dan Hasil gradasi limbah marmer Tulungagung dengan batas gradasi zone I

Dari hasil uji gradasi ini berdasarkan standar British Standard (B.S. 882), agregat halus ini termasuk dalam Daerah I (zone I) yaitu pasir kasar. Dari hasil uji bahan pasir limbah marmer didapatkan hasil berat volume, berat jenis, dan modulus halus sudah sesuai dengan standar ASTM. Ini berarti pasir marmer ini layak dipakai untuk material stabilisasi tanah ekspansif.

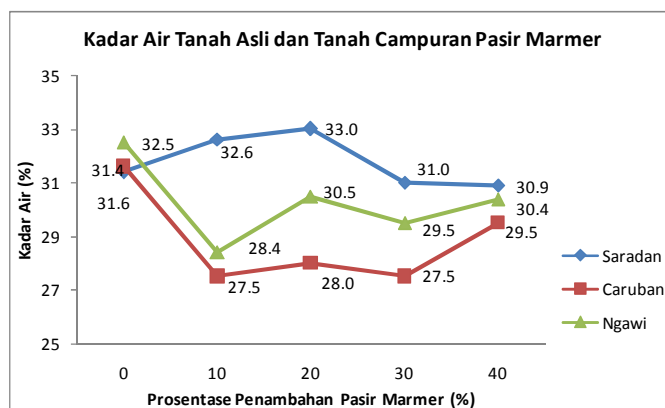
## II. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah asli dan Tanah Campuran Pasir Marmer

### a. Pengujian Kadar Air

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli dan Campuran Pasir Marmer

No	Lokasi Sampel Tanah	Kadar Air (%)				
		Tanah Asli	Tanah Asli + 10% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 20% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 30% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 40% Pasir Limbah Marmer
1	Saradan	31,4	32,6	33,0	31,0	30,9
2	Caruban	31,6	27,5	28,0	27,5	29,5
3	Ngawi	32,5	28,4	30,5	29,5	30,4

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018



Gambar 3. Grafik kadar air tanah asli dan tanah campuran pasir marmer

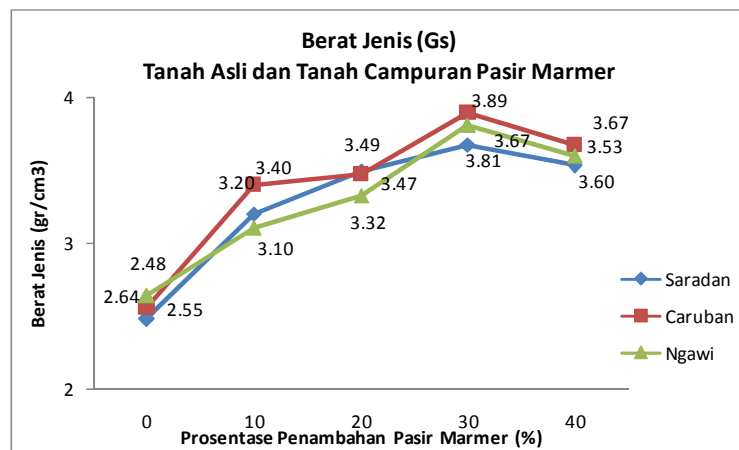
Hasil perhitungan kadar air tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa pemakaian pasir limbah marmer menimbulkan perbedaan terhadap kadar air tanah ekspansif baik tanah ekspansif rendah (Saradan), tanah ekspansif sedang (Caruban) dan tanah ekspansif tinggi (Ngawi). Pada tanah asli atau komposisi 0% pasir marmer diperoleh kadar air rata-rata sebesar 31,83 %. Sedangkan pada komposisi pemakaian pasir limbah marmer 10%, 20%, 30% dan 40% kadar air tanah mengalami kenaikan dan penurunan. Tetapi secara umum mengalami penurunan kadar air rata-rata sebesar 1,93% (6,85% setiap penambahan 10% pasir marmer)

**b. Berat Jenis ( *Specific Gravity* )**

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*) Tanah Asli dan Campuran Pasir Marmer

No	Lokasi Sampel Tanah	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )				
		Tanah Asli	Tanah Asli + 10% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 20% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 30% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 40% Pasir Limbah Marmer
1	Saradan	2,48	3,20	3,49	3,67	3,53
2	Caruban	2,55	3,40	3,47	3,89	3,67
3	Ngawi	2,64	3,10	3,32	3,81	3,60

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018



Gambar 4. Grafik berat jenis tanah asli dan tanah campuran pasir marmer

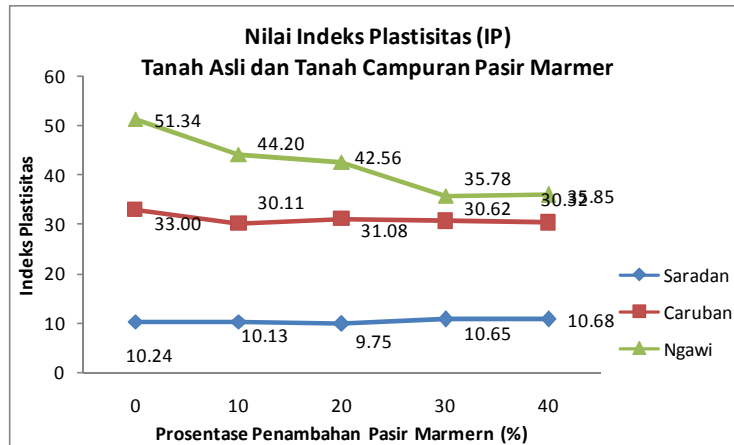
Hasil perhitungan berat jenis tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa pemakaian pasir limbah marmer menimbulkan perbedaan terhadap berat jenis tanah ekspansif baik tanah ekspansif rendah (Saradan), tanah ekspansif sedang (Caruban) dan tanah ekspansif tinggi (Ngawi). Pada tanah asli atau komposisi 0% pasir marmer diperoleh berat jenis rata-rata sebesar 2,56 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan pada komposisi pemakaian pasir limbah marmer 10%, 20%, 30% dan 40% berat jenis tanah mengalami kenaikan. Secara umum mengalami kenaikan berat jenis rata-rata sebesar 0,96 gr/cm<sup>3</sup> (26,88% setiap penambahan 10% pasir marmer)

**c. Index Plastisitas**

Tabel 4. Hasil Pengujian *Index Plastisitas* Tanah Asli dan Campuran Pasir Marmer

No	Lokasi Sampel Tanah	Indeks Plastisitas				
		Tanah Asli	Tanah Asli + 10% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 20% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 30% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 40% Pasir Limbah Marmer
1	Saradan	10,24	10,13	9,75	10,65	10,68
2	Caruban	33,00	30,11	31,08	30,62	30,32
3	Ngawi	51,34	44,20	42,56	35,78	35,85

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018



Gambar 5. Grafik Index Plastisitas (IP) tanah asli dan tanah campuran pasir marmer

Hasil perhitungan indeks plastisitas tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa penambahan pasir limbah marmer menimbulkan perbedaan terhadap nilai indeks plastisitas tanah ekspansif baik tanah ekspansif rendah (Saradan), tanah ekspansif sedang (Caruban) dan tanah ekspansif tinggi (Ngawi). Pada tanah asli atau komposisi 0% pasir marmer diperoleh nilai IP 10,24; 33; dan 51,34. Sedangkan pada komposisi pemakaian pasir limbah marmer 10%, 20%, 30% dan 40% nilai IP tanah mengalami penurunan. Secara umum penurunannya sebesar 12,84% setiap penambahan 10% pasir marmer)

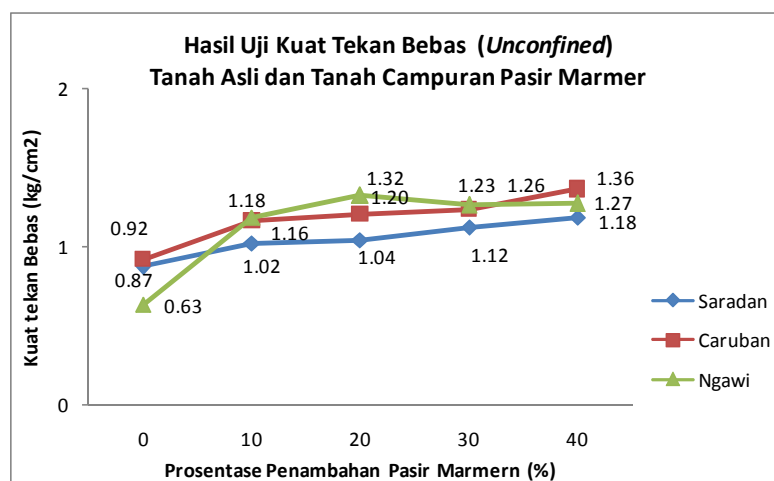
**II. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah asli dan Tanah Campuran Pasir Marmer**

**a. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*)**

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*) Tanah Asli dan Campuran Pasir Marmer

No	Lokasi Sampel Tanah	Kuat Tekan Bebas (Kg/cm <sup>2</sup> )				
		Tanah Asli	Tanah Asli + 10% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 20% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 30% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 40% Pasir Limbah Marmer
1	Saradan	0.87	1.02	1.04	1.12	1.08
2	Caruban	0.92	1.16	1.15	1.23	1.26
3	Ngawi	0.63	1.26	1.51	1.62	1.27

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018



Gambar 6. Grafik Kuat tekan bebas (*Unconfined*) tanah asli dan tanah campuran pasir marmer

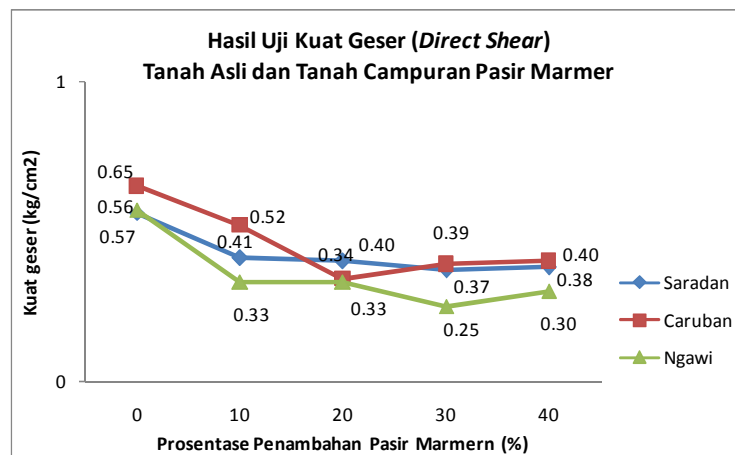
Hasil perhitungan kuat tekan bebas tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa penambahan pasir limbah marmer menimbulkan perbedaan terhadap nilai kuat tekan bebas tanah ekspansif baik tanah ekspansif rendah (Saradan), tanah ekspansif sedang (Caruban) dan tanah ekspansif tinggi (Ngawi). Pada tanah asli atau komposisi 0% pasir marmer diperoleh besarnya kuat tekan bebas 0,87; 0,92; 0,63 gr/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada komposisi pemakaian pasir limbah marmer 10%, 20%, 30% dan 40% nilai kuat tekan tanah mengalami kenaikan. Secara umum kenaikannya sebesar 0,22 kg/cm<sup>2</sup> - 0,63 kg/cm<sup>2</sup> (rata-rata 31,71% setiap penambahan 10% pasir marmer)

**b. Kuat Geser (Direct Shear)**

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Geser (Direct Shear) Tanah Asli dan Campuran Pasir Marmer

No	Lokasi Sampel Tanah	Kuat Geser (kg/cm <sup>2</sup> )				
		Tanah Asli	Tanah Asli + 10% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 20% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 30% Pasir Limbah Marmer	Tanah Asli + 40% Pasir Limbah Marmer
1	Saradan	0,56	0,41	0,40	0,37	0,38
2	Caruban	0,65	0,52	0,34	0,39	0,40
3	Ngawi	0,57	0,33	0,33	0,25	0,30

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018



Gambar 7. Grafik Kuat Geser (Direct Shear) tanah asli dan tanah campuran pasir marmer

Hasil perhitungan kuat geser tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa penambahan pasir limbah marmer menimbulkan perbedaan terhadap nilai kuat geser tanah ekspansif baik tanah ekspansif rendah (Saradan), tanah ekspansif sedang (Caruban) dan tanah ekspansif tinggi (Ngawi). Pada tanah asli atau komposisi 0% pasir marmer diperoleh kuat geser sebesar 0,56; 0,65; 0,57 gr/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada komposisi pemakaian pasir limbah marmer 10%, 20%, 30% dan 40% nilai kuat geser tanah mengalami penurunan. Secara umum penurunannya sebesar 0,17 kg/cm<sup>2</sup> - 0,27 kg/cm<sup>2</sup> (rata-rata 27,05% setiap penambahan 10% pasir marmer)

**4. KESIMPULAN**

1. Penggunaan pasir limbah marmer sebagai bahan stabilisasi tanah ekspansif rendah, sedang dan tinggi secara umum menyebabkan perubahan pada sifat fisik dan mekaniknya.
2. Sifat fisik tanah ekspansif dan tanah campuran pasir limbah marmer mengalami penurunan kadar air rata-rata sebesar 1,93% (6,85% setiap penambahan 10% pasir marmer); berat jenis mengalami kenaikan berat jenis rata-rata sebesar 0,96 gr/cm<sup>3</sup> (26,88% setiap penambahan 10% pasir marmer) dan nilai indeks plastisitas mengalami penurunan sebesar 12,84% setiap penambahan 10% pasir marmer.
3. Sifat mekanik tanah ekspansif dan tanah campuran pasir limbah marmer mengalami kenaikan pada kuat tekanya. Secara umum kenaikannya sebesar 0,22 kg/cm<sup>2</sup> - 0,63 kg/cm<sup>2</sup> (rata-rata 31,71% setiap penambahan 10% pasir marmer), sedangkan pada kuat gesernya sebesar 0,17 kg/cm<sup>2</sup> - 0,27 kg/cm<sup>2</sup> (rata-rata 27,05% setiap penambahan 10% pasir marmer)

4. Pasir limbah marmer dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah ekspansif karena teruji sifat fisik dan mekanik mengalami perubahan yang lebih baik.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Candra, dkk (2012), "Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx sebagai Substitusi Pasir Pada Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Ketahanan Aus Paving Block" Jurnal Ilmiah "Widyateknika" Vol. 20 No. 1 /Maret 2012 Hal. 18 - 24
- Aditya, Candra, dkk. (2014), "Waste Marble Utilization From Residue Marble Industry As A Substitution Of Cement And Sand Within Concrete Rooftile Production" I International Journal of Engineering Research, Vol. 3 Issue 3 / 1 Agustus 2014/ Page 501-506.
- ASTM – C 78 : *Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*.
- Departemen Pekerjaan Umum (1989), *SNI 03-1744-1989 : Metoda pengujian CBR laboratorium*. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003), "Pd T-14-2003 : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*", Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2005), "Pd T-10-2005B:*Penanganan Tanah Ekspansif Untuk Konstruksi Jalan*", Jakarta.
- Dirjen Bina Marga Kementerian PU (2012), "*Manual Desain Perkerasan Jalan*", Jakarta.
- Loca, Rovino, dkk (2014), "*Pengaruh Penambahan Serbuk Onyx Terhadap Terhadap Potensi Kembang Tanah Lempung Ekspansif*", Jurnal Widya Teknika Vol. 22 No. 2, Oktober 2014 Hal. 104-109.
- Puri, Anas, (2015), "*Studi Paramterik Perkerasan Jalan Beton Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Dasar Lunak*" *Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru*
- Sudjianto, A.T., (2007), "*Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (Nacl)*", Jurnal Teknik Sipil, Vol. 8 No. 1 Oktober 2007, Hal. 53-63.
- Sudjianto, A., dkk. (2013), "The effect of Water Content on Free Swelling of Expansive Soil" *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, Vol. 12 No. 06 / December 2012 Page 13-17.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan juga kepada LPPM Universitas Widyagama Malang dan anggota tim peneliti yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.