

Kajian Kuat Tekan Material Tanah Lempung dan Pasir Berbahan Campur Sampah Plastik Rumah Tangga

(Study Of Compressive Strength Material From Clayed and Sand Soil Mixed With Household Plastic Waste)

TAUFIQ ILHAM MAULANA

ABSTRACT

In Indonesia, the waste has become a national issue which must be managed in a comprehensive and integrated from upstream to downstream in order to provide economic benefits, healthy for the community, and safe for the environment, and can change people's behavior. From various types of waste, plastic is a very dangerous household waste. One effort to reduce dam use plastic waste is to be made as mixing clay and sand to produce material that can be used as building materials. In this research molten plastic waste was mixed with clay and sand with variations of ratio plastic-sand and plastic-clay is 1: 2, 1: 3 and 1: 4. The results revealed that the optimum ratio of plastic-sand mixture is 1: 3 with a compressive strength of 13.5 MPa and the optimum mix of plastic-clay is 1: 2 with a compressive strength of 14.21 MPa. The collapse pattern that occurred in the plastic-sand mixture was shear failure that caused test object splitting, while the plastic-clay mixture is shear failure, but without causing the test object splitting.

Keywords:waste, plastic, sand, clay, compressed strength

PENDAHULUAN

Pada *issue* lingkungan hidup, sampah plastik menempati *ranking* 7 dalam permasalahannya tingkat dunia setelah *issue* peledakan penduduk, perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, siklus fosfordan nitrogen, air, dan pengasaman air laut (Planet Earth Herald Editor, 2015). Sampah yang dihasilkan Indonesia sebanyak 175.000 ton sampah per hari atau 0,7 kg sampah per orang. Pada tahun 2014, Indonesia menduduki posisi kedua sebagai Negara penghasil sampah terbesar di dunia setelah Cina. Ini menjadi masalah serius ketika belum ada titik terang penyelesaian. Jumlah sampah di Indonesia akan terus meningkat jika penanganan sampah belum serius. Diprediksi tahun 2019 produksi sampah Indonesia akan menyentuh angka 67,1 juta ton sampah per tahun (RedaksiGeotimes, 2015).

Kebiasaan penanganan sampah yang dibuang begitu saja di tempat pembuangan akhir tanpa terlebih dahulu dipilih, dipilah, dipergunakan kembali dan didaur ulang (*reduce, reuse* dan *recycle*), menyebabkan plastik yang tertimbun tanah dapat merusak lingkungan dan

menjadikannya tidak sehat. Apabila plastic dibakarpun akan menghasilkan racun yang berupa karbon monoksida (CO) maupun karbon dioksida (CO₂) yang dapat menghasilkan berbagai penyakit dan dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan pemanasan global.

Permasalahan menjadi melebar, memanjang dan meluas mengingat penanganan sampah bukan hanya berpengaruh pada polusi, kesehatan lingkungan dan keindahan, namun yang lebih mengawatirkan adalah menyangkut RTRW (Rencana Tata Ruang dan Tata Wilayah) Indonesia, terutama masalah pengadaan tanah untuk Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sampah yang dibuang di tempat pembuangan akhir adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (Republik Indonesia, 2008). Pemaparan latar belakang di atas hanya mencakup sampah rumah tangga, bukan sampah industry dan sampah spesifik lain. Sampah sejenis sampah rumah tangga adalah sampah rumah tangga yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya. (Republik Indonesia, 2012).



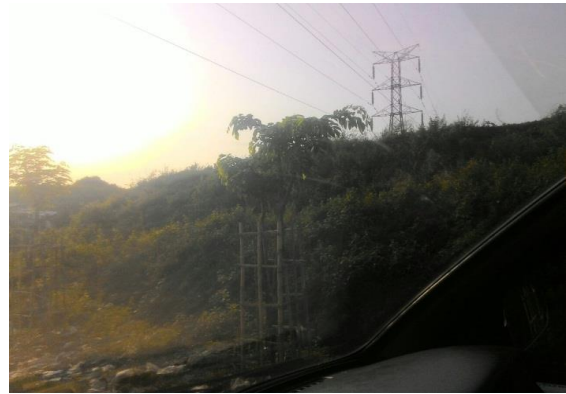
GAMBAR 1. Spanduk penolakan calon TPA warga Troketon dan sekitarnya

Pengadaan tanah untuk keperluan TPA tidak selalu berjalan dengan baik di sekitar masyarakat. Salah satu contoh yang peneliti temukan adalah adanya berbagai spanduk penolakan keras warga Desa Troketon, Kaligawe dan Kalangan atas pendirian TPA di Desa Troketon, Kecamatan Pedan Kab. Klaten, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1).

Selain itu, peneliti juga melakukan survey lokasi di TPA Putri Cempo, yang terletak di kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta seluas 18 hektar ini menurut beberapa sumber pada sekitar tahun 2000-an sebagian besar masih berupa lembah. Namun lokasi saat ini sudah berupa perbukitan yang menggunung dengan tumpukan sampah bahkan di beberapa lokasi terlihat hampir menyentuh kabel listrik SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) yang melintas TPA Putri Cempo. (Gambar 2)

Beberapa nara sumber di TPA Putri Cempo bahkan berpendapat bahwa tidak lama lagi TPA ini tidak dapat dipergunakan, sementara jika mencari lokasi baru sebagai TPA pengganti Pemerintah Kota Surakarta pasti akan mengalami banyak kendala dan kesulitan, bahkan bisa dikatakan kecil kemungkinan hal tersebut terealisasi. UU No. 18 Tahun 2008 pun sudah mengakui bahwa di Indonesia sampah telah menjadi permasalahan tingkat nasional.

Dari berbagai literatur dan laman internet diperoleh informasi bahwa sejak beberapa decade sampai hari ini ternyata salah satu ancaman pencemaran lingkungan hidup terbesar adalah permasalahan sampah plastik. Berbagai macam penelitian dan ilmu terapan memang telah dilaksanakan namun permasalahan masih selalu muncul dan belum terselesaikan.



GAMBAR 2. Perbukitan sampah di TPA Putri Cempo

Dari adanya masalah tersebut, pada penelitian ini, sampah plastik yang berasal dari rumah tangga akan dimanfaatkan sebagai campuran pada tanah lempung dan pasir dengan cara dipanaskan untuk dijadikan material alternatif untuk bangunan khususnya di bidang teknik sipil. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan yang dapat dihasilkan dari campuran tersebut, maka dilakukan penelitian kajian kuat tekan material tanah lempung dan plastik dengan bahan campur plastik sampah rumah tangga.

Diharapkan dengan adanya penelitian ini, mampu memberikan sumbangsih, meskipun kecil dan sedikit, untuk mengurangi sampah plastik yang ada dan memberikan alternatif penggunaan material bangunan di bidang teknik sipil.

TINJAUAN PUSTAKA

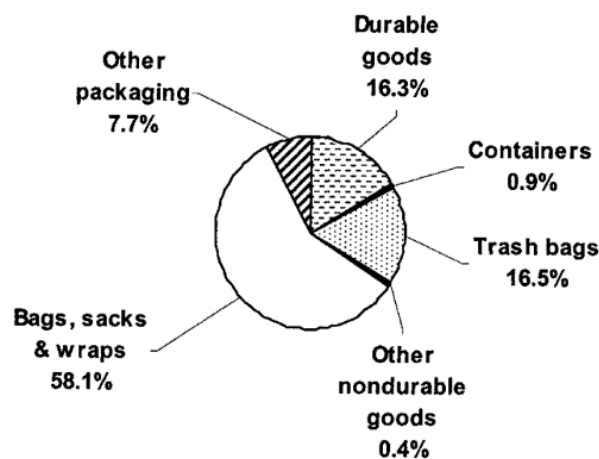
Harper (2006) menyebutkan bahwa terdapat macam-macam jenis plastik yang dapat didaur-ulang, yaitu *polyethyleneterephthalate* (PET), *High-Density Polyethylene* (HDPE), *Low-Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), *PolyvinylChloride* (PVC), *Polyurethane*, *Polycarbonate* (PC), dan masih banyak lainnya. Sebanyak 58,1% LDPE yang ada di Amerika Serikat dari data pada tahun 2003, dimanfaatkan sebagai plastik pembungkus, sak, maupun pastik tas dan jenis LDPE ini sebanyak 16,5% dimanfaatkan sebagai kotak sampah. Hal tersebut dapat terlihat pada persentase penggunaan LDPE pada Gambar 3. LDPE merupakan salah satu bentuk *Polyethylene* (PE), yaitu jenis plastik yang terbuat dari bahan polimer. Jenis PE sendiri memiliki kelebihan yaitu tingkat

kekerasan yang cukup tinggi, daktilitas yang baik, tahan terhadap bahan kimia, dan penyerapan air yang cukup rendah, sehingga menjadikan jenis plastik ini paling banyak digunakan di dunia. Namun terdapat pula beberapa kelemahan dari jenis PE ini, yaitu terbatas pada modulus elastisitas, kuat leleh dan titik lebur yang cukup rendah. Struktur ikatan karbon jenis plastik ini berupa CH_2CH_2 , sedangkan jenis LDPE merupakan proses lanjutan dari PE, yaitu dengan melakukan pemanasan PE mencapai 200°C dengan pemberian tekanan mencapai 20 – 35 ksi (*kilo pounds per square inch*).

Consoli, dkk (2002), pernah memanfaatkan sampah plastik sebagai campuran tanah pada penelitian tentang perilaku mekanik pasir yang diperkuat ditambah dengan sampah plastik. Plastik yang digunakan pada pencampuran pasir adalah plastik botol daur ulang dengan dan tanpa dicampur semen Portland untuk meningkatkan karakteristik mekanik pasir. Pengujian yang dilakukan terdapat 3 jenis, yaitu uji tekan tidak terkekang (*unconfined compression test*), uji tarik belah, dan uji triaxial. Variasi yang digunakan dalam mencampur sampah plastik yaitu penambahan serat plastik hingga 0,9%, dengan panjang serat maksimal 3,6 cm, dan semen yang dicampurkan sebesar 0% hingga 7% dari berat pasir. Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa sampah

plastik yang dibentuk menjadi serat dan dicampurkan pada pasir meningkatkan kekuatan ultimit pasir, baik yang diberikan perkuatan semen maupun tanpa perkuatan semen, dan selain itu penambahan plastik dapat mengurangi sifat getas campuran pasir dengan semen.

Subramaniaprasad, dkk (2015) meneliti tentang pengaruh penambahan serat sampah plastik terhadap peningkatan kuat tarik tanah yang distabilkan menggunakan semen OPC (*ordinary portland cement*). Jenis plastik yang digunakan sebagai campuran merupakan potongan plastik tas dan potongan plastik botol dengan kode PET (*Polietilena tereftalat*). Terdapat 2 variasi yang digunakan, yaitu perbedaan penggunaan panjang serat dan jumlah serat yang dicampurkan. Pada penggunaan panjang serat, digunakan 2 jenis panjang serat yaitu panjang 1 cm dan panjang 2 cm, sedangkan jumlah serat yang dicampurkan divariasikan sebesar 0,1% dan 0,2% dari berat total. Sampel pengujian dibuat menjadi silinder dan diuji menggunakan mesin tekan untuk uji kuat tekannya dan uji kuat tarik belahnya. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa penambahan serat sampah plastik dapat meningkatkan kuat tarik belah hingga mencapai 4,5 kali lipat dibandingkan tidak diberikan serat, dan dari pengamatan pola keruntuhan, selain itu penambahan sampah plastik juga dapat meningkatkan daktilitas tanah.



GAMBAR 3. Penggunaan LDPE di AS tahun 2003 (Harper, 2006)



GAMBAR 4. Tungku dan wajan untuk pencampuran



GAMBAR 5. Cetakan sampel

Ghernouti, dkk (2015) pernah memanfaatkan sampah plastik pada beton swa-padat (*self compacting concrete*) untuk diteliti sifat kesegaran dan kekuatan betonnya. Plastik yang ditambahkan berupa serat sampah plastik tas (*plastic bag waste fiber/PBWF*). Beton swa-padat yang diuji menggunakan faktor air semen (fas) sebesar 0,4 dan sampel uji dibuat sejumlah 14 buah dengan 12 buah divariasikan panjang seratnya (2 cm, 4 cm, dan 6 cm) dengan penambahan yang berbeda (1, 3, 5, dan 7 kg/m³). Untuk 2 campuran lainnya yaitu satu campuran menggunakan serat *polypropylene* dengan pencampuran 1 kg/m³ dan satu campuran lainnya tidak ditambahkan plastik sebagai acuan. Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap ketika beton masih segar dan ketika beton sudah mengeras. Pada kondisi beton masih segar, pengujian yang dilakukan berupa uji alir, L-box, dan uji *sievestability*. Sedangkan pengujian yang dilakukan ketika sudah mengeras adalah uji tekan, uji tarik belah, dan uji kekuatan lentur. Hasil menunjukkan bahwa campuran dengan panjang serat 2 cm memenuhi kriteria beton swa-padat. Penambahan serat sampah plastik diketahui dapat menunda keretakan tipis beton swa-padat. Kenaikan kekuatan yang cukup signifikan terjadi hanya pada kuat tarik belah yaitu mencapai peningkatan 74%.

METODE PENELITIAN

Bahan Dasar Sampel

Contoh tanah lempung berasal dari sawah milik Pak Loso di Desa Blimbing, Kecamatan Jeruk

Sawit Kabupaten Karanganyar, sedangkan contoh pasir berasal dari salah satu toko bahan bangunan, yang menurut keterangan penjualnya, pasir tersebut berasal dari lereng gunung Merapi.

Sampah plastik yang digunakan dalam penelitian adalah plastik dari mutu yang paling rendah dan paling murah yang diambil dari TPA Putri Cempo. Sampah plastik yang diambil dapat dikategorikan sebagai *low density polyethylene* atau sering disebut dengan LDPE.

Alat Uji yang Digunakan

Berikut alat yang digunakan dalam proses penelitian ini.

1. *Tungku dan wajan*

Tungku dan wajan digunakan untuk proses memanaskan sampah plastik dan untuk mencampurkan plastik dengan tanah lempung dan pasir. Berikut pada Gambar 4 adalah tungku dan wajan yang digunakan pada proses pencampuran.

2. *Cetakan mortar*

Cetakan yang digunakan dalam mencetak benda uji berupa cetakan kubus kedap air yang terbuat dari besi dengan panjang sisi kubus 5 cm. Cetakan ini disesuaikan dan diadopsi dari SNI 03-6825-2002 tentang metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil. Berikut pada Gambar 5 adalah cetakan sampel.



GAMBAR 6. Proses pemanasan sampah plastik



GAMBAR 7. Proses pencetakan sampel

3. Kaliper / jangka sorong

Kaliper adalah alat uji yang digunakan untuk mengukur luas penampang benda uji dalam keperluan perhitungan kuat tekan sampel. Berikut pada Gambar 4 adalah kaliper yang digunakan, bermerk Viernier Caliper dengan ketelitian 0,1 mm.

4. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat setiap sampel. Berikut pada Gambar 5 adalah timbangan yang digunakan, dengan merk Scout Pro berketelitian 0,01 gram.

5. Mesin uji tekan (*compression machine test*)

Mesin uji tekan yang digunakan berada di Lab. Teknik Sipil UMY, dengan merk Hung-Ta yang memiliki kapasitas mencapai 45 MPa. Berikut pada Gambar 6 tersaji foto mesin uji tekan.

Prosedur penelitian secara umum

Penelitian ini dilaksanakan dengan berbagai macam metode antara lain studi pustaka, survey lokasi, metode komunikasi pribadi (wawancara) kepada warga, ahli, dan pelaku usaha sampah plastik, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji, dan terakhir adalah pengujian di laboratorium.

Disamping kajian pustaka yang terus menerus dilaksanakan, penelitian lapangan dan survey serta wawancara dilakukan di sekitar Kota Surakarta, Jawa Tengah, antara tanggal 24 April 2016 sampai 6 Mei 2016, sementara pembuatan sampel dilaksanakan di rumah yang terletak di Kelurahan Sriwedari, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta, pada tanggal 8, 9 dan 10 Mei 2016. Selanjutnya uji laboratorium

dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) pada tanggal 12 Mei 2016.

Proses pembuatan sampel

Pasir dan tanah lempung terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran-kotoran organik yang terlihat, sedangkan sampah plastik yang telah diolah, dimasukkan ke dalam wajan untuk dipanaskan. Berikut pada Gambar 6 merupakan hasil pemanasan sampah plastik. Pemanasan plastik diiringi dengan pencampuran dengan tanah lempung atau pasir. Pemanasan untuk pencampuran dilakukan selama 15 menit pada suhu air mendidih.

Terdapat 6 buah variasi sampel yang dibuat, yaitu campuran plastik dan pasir dengan perbandingan plastik dan pasir sebesar 0,2 ; 0,3 ; dan 0,4. Sama halnya dengan tanah lempung, perbandingan plastik dan tanah lempung juga dibuat sebesar 0,2 ; 0,3 ; dan 0,4. Setiap variasi dicetak 3 buah benda uji sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-6825-2002. Pasir dan plastik lalu ditimbang dan dicampur sesuai dengan perbandingan.

Setelah plastik dan tanah lempung maupun pasir tercampur, dilakukan pencetakan menggunakan cetakan kubus. Berikut pada Gambar 7 merupakan proses pencetakan sampel variasi pasir dan plastik dengan perbandingan 1:2.

Proses pengujian sampel

Pengujian yang dilakukan merupakan proses pengukuran dimensi benda uji menggunakan kaliper untuk memperoleh luas penampang, pengukuran berat benda uji menggunakan

timbangan digital, dan pengujian kuat tekan menggunakan mesin uji tekan merk Hung-Ta. Berikut pada Gambar 8 adalah proses pengujian kuat tekan menggunakan mesin uji tekan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kuat tekan sampel

Hasil pengujian kuat tekan campuran plastik dengan pasir dan campuran plastik dengan tanah lempung telah disajikan pada Tabel 1. Selain itu, perbandingan retak kuat tekan antar variasi disajikan melalui grafik pada Gambar 9

untuk campuran plastik-pasir dan plastik-tanah lempung.

Dari hasil pengujian tekan, dapat dilihat bahwa pada campuran plastik dengan pasir, kuat tekan optimum berada pada komposisi campuran 1:3 yaitu mencapai 13,5 MPa, dan nilai rerata beratnya 232,43 gram. Hasil kuat tekan tersebut paling tinggi dibandingkan dengan campuran 1:2 dan campuran 1:4, yaitu 12,61 MPa dan 9,48 MPa.

Untuk campuran plastik dengan tanah lempung, kuat tekan optimum terdapat pada komposisi 1:2 dengan nilai kuat tekan 14,21 MPa dengan berat rerata 223,25 gram. Hasil uji tekan tersebut lebih besar dibandingkan dengan komposisi 1:3 dan komposisi 1:4, yaitu 10,05 MPa dan 9,01 MPa.

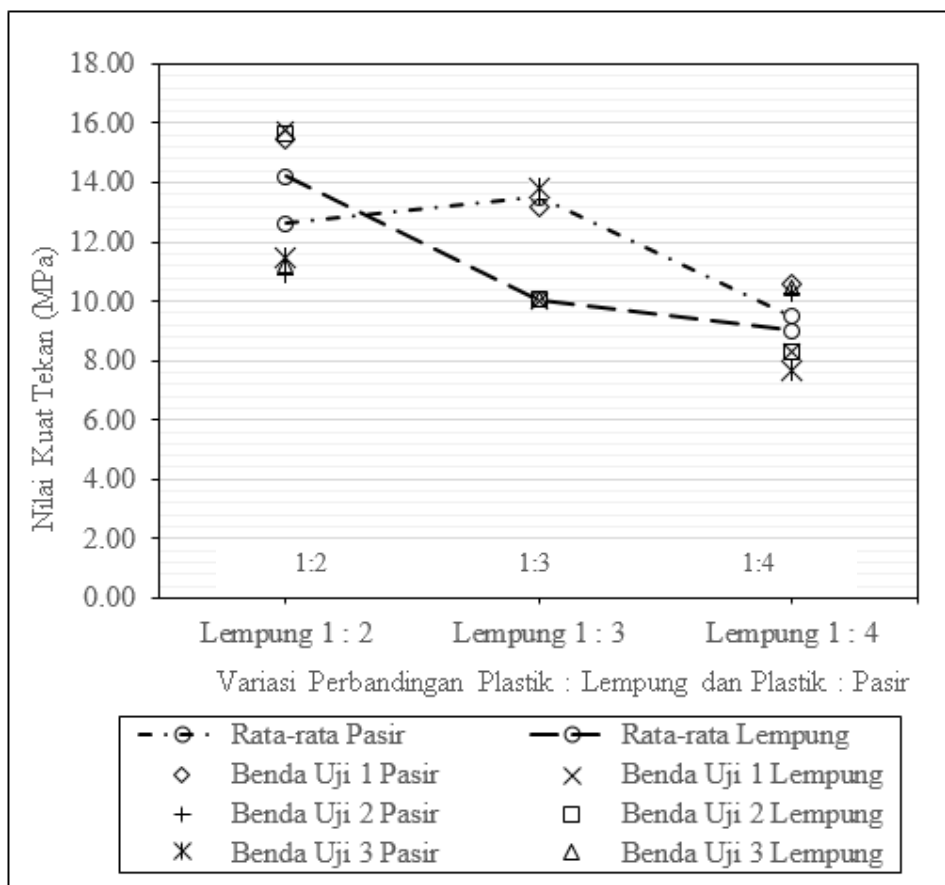


GAMBAR 8. Pengujian kuat tekan sampel

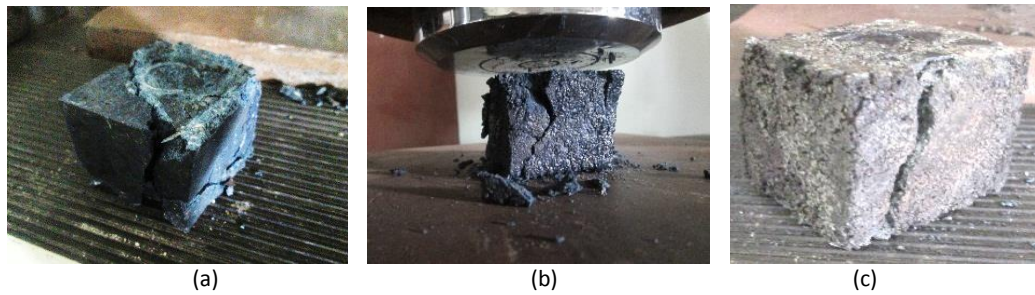
TABEL 1. Hasil pengujian kuat tekan campuran plastik dengan pasir dan plastik dengan tanah lempung

No.	Perbandingan Campuran dan Jenis Tanah	Kode	Berat	Luas Tampang	Beban	Tekanan	Rata-rata Tekanan
			W (gram)	A (mm ²)	F (kg)	P MPa	P MPa
1	Pasir 1 : 2	P 1:2 (1)	212,79	24,25	3677,10	15,45	12,61
2		P 1:2 (2)	214,16	23,79	2543,70	10,90	
3		P 1:2 (3)	224,29	24,94	2807,70	11,48	
4	Pasir 1 : 3	P 1:3 (1)	232,10	24,93	3214,50	13,15	13,50
5		P 1:3 (2)	231,84	25,48	3389,10	13,56	
6		P 1:3 (3)	233,34	25,59	3462,90	13,79	
7	Pasir 1 : 4	P 1:4 (1)	225,95	24,50	2535,75	10,55	9,48
8		P 1:4 (2)	221,99	24,45	2455,80	10,24	
9		P 1:4 (3)	222,72	25,15	1886,70	7,65	

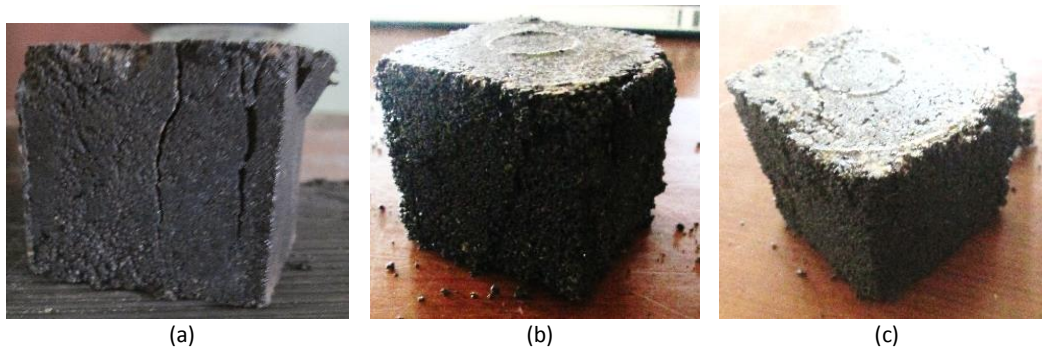
No.	Perbandingan Campuran dan Jenis Tanah	Kode	Berat	Luas Tampang	Beban	Tekanan	Rata-rata Tekanan
			W (gram)	A (mm ²)	F (kg)	P MPa	P MPa
10	Lempung 1 : 2	T 1:2 (1)	190,50	24,50	3785,10	15,75	14,21
11		T 1:2 (2)	190,71	24,65	3786,60	15,66	
12		T 1:2 (3)	192,33	24,38	2686,80	11,23	
13	Lempung 1 : 3	T 1:3 (1)	178,30	24,88	2443,20	10,01	10,05
14		T 1:3 (2)	177,97	24,65	2436,30	10,08	
15		T 1:3 (3)	180,45	24,97	2463,45	10,06	
16	Lempung 1 : 4	T 1:4 (1)	169,59	24,87	2019,90	8,28	9,01
17		T 1:4 (2)	172,99	24,87	2028,90	8,31	
18		T 1:4 (3)	184,12	25,10	2566,35	10,42	



GAMBAR 9. Grafik perbandingan nilai kuat tekan campuran plastik-pasir dan plastik-lempung



GAMBAR 10. Pola keruntuhan campuran plastik-pasir
(a) komposisi 1:2 ; (b) komposisi 1:3 ; (c) komposisi 1:4



GAMBAR 11. Pola keruntuhan campuran plastik-lempung
(a) komposisi 1:2 ; (b) komposisi 1:3 ; (c) komposisi 1:4

Pola keruntuhan sampel

Berikut pada Gambar 10 disajikan pola keruntuhan campuran plastik-pasir dengan perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4 setelah pengujian kuat tekan.

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa sampel campuran plastik dengan pasir baik pada komposisi 1:2, komposisi 1:3, dan komposisi 1:4 mengalami kegagalan geser hingga terbelah, dengan tanda keretakan yang membelah berbentuk cukup tegak. Tetapi pada komposisi 1:3, benda uji sempat mengalami sedikit kemiringan sehingga mampu menahan kuat tekan sedikit lebih tinggi dibandingkan komposisi 1:2 dan 1:4. Berbeda dengan campuran plastik-pasir, berikut disajikan pada

Gambar 11 pola keruntuhan campuran plastik-tanah lempung.

Berbeda dengan campuran plastik-pasir, diketahui bahwa keruntuhan sampel campuran plastik-lempung mengalami keretakan namun tidak menyebabkan benda uji terbelah hingga menjadi 2 seperti yang terjadi pada campuran plastik-pasir. Ini dikarenakan ikatan antara plastik dan lempung cukup kuat serta tanah lempung memiliki nilai kohesi yang besarnya dapat dipertimbangkan.

KESIMPULAN

Berdasar pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Meskipun sudah ada undang-undang dan peraturan pemerintah yang mengatur, persoalan sampah, sampai saat ini belum ditemukan satu solusi yang tepat, kongkrit, dan menyeluruh serta spontan dikenal masyarakat luas (populer) dan meski sampah plastik merupakan polutan yang berbahaya, namun secara teknis dapat dipergunakan sebagai campuran material yang dapat dipergunakan untuk berbagai kebutuhan bangunan fisik.
2. Campuran plastik-pasir perbandingan 1:3 adalah yang paling optimum, yaitu memiliki kuat tekan mencapai 13,5 MPa dengan pola keruntuhan umumnya kegagalan geser hingga terbelah. Sedangkan campuran plastik-lempung dengan perbandingan 1:2 memiliki kuat tekan rerata mencapai 14,21 MPa dengan pola keruntuhan yang terjadi umumnya kegagalan geser tetapi tidak menyebabkan campuran terbelah.

REKOMENDASI

Saran yang diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagaimana berikut:

1. Perlu disosialisasikan peraturan perundangan tentang pengelolaan sampah, bilamana perlu dibentuk Badan Nasional Penanggulangan Sampah (BNPS), yang bertanggung jawab melakukan penanganan sampah secara serentak, nasional dan dikampanyekan secara terus-menerus, rutin, merata, dan tertata.
2. Pemerintah perlu menerbitkan peraturan tentang bahan yang dicampur sampah plastik dijamin terbeli, sehingga jika telah diproduksi secara massal, material tersebut sudah ada kepastian diterima pasar.
3. Diperlukan penelitian lanjutan mengenai karakteristik fisik pasir dan lempung yang digunakan, yaitu gradasi, kadar air, dan berat jenis. Selain itu diperlukan variasi perbandingan campuran yang lebih banyak agar dapat terlihat keoptimalan campuran plastik dengan pasir dan lempung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada akhir penelitian ini diucapkan terima kasih kepada Keluarga Besar Penulis, Bapak Sumadi, Ibu Haryanto, Bapak Handoko, Bapak Surono, Bapak Loso, Bapak Widodo dan semua pihak yang terlibat dan membantu penelitian ini yang tidak memungkinkan disebut satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Consoli, N.C., dkk., 2002. "Engineering Behaviour of a Sand Reinforced with Plastic Waste", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, Vol. 128, No. 6.
- Harper, C.A., 2006, *Handbook of Plastics Technologies*, The McGraw-Hill Companies, Inc., United States.
- Ghernouti, Y., dkk, 2015, "Fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing plastic bag waste fibers (WFSCC)", *Construction and Building Materials ScienceDirect*, Vol. 82
- Planet Earth Herald Editor, *Top 10 Environmental Issues Facing Our Planet*, (Online), (<http://planetearthherald.com/top-10-environmental-issues/> diakses 24 April 2016).
- Republik Indonesia, 2008, *Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Sampah Rumah Tangga*, Lembaran Negara RI Tahun 2008 No. 69, Sekretariat Negara, Jakarta.
- Republik Indonesia, 2012, *Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*, Lembaran Negara RI Tahun 2012 No. 188, Sekretariat Negara, Jakarta.
- Redaksi Geotimes, 2015, 2019, *Produksi Sampah di Indonesia 67,1 Juta Ton Sampah Per Tahun*, (Online), (<http://geotimes.co.id/2019-produksi-sampah-di-indonesia-671-juta-ton-sampah-per-tahun/> diakses 12 Mei 2016).

Subramaniaprasad, C.K., dkk, 2015, "Influence of Embedded Waste-Plastic Fiber on the Improvement of the Tensile Sterength of Stabilized Mud Masonry Block", *Journal of Material in Civil EngineeringASCE*, Vol. 27, No. 7.

PENULIS:

Taufiq Ilham Maulana

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan
Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul,
55183.

Email: taufiq.im@ft.umy.ac.id