



EKSPERIMEN ECOFRIENDLY PAVING PLASTIK HDPE

Sri Wiwoho Mudjanarko^{1,*}, Mohd Fadzil Bin Arshad², Dani Harmanto³, Eko Nurmianto⁴, I Putu Artaya⁵, Nawir Rasidi⁶, Hendramawat Aski Safarizki⁷, Alexander Machicky Mayestino⁸, Irwan Mulyadi⁹, Rizal Bahaswan¹, Hardian Ningsih¹⁰, Firdaus Pratama Wiwoho¹¹, Imron Ramdhani Achmad¹², Sahat Maruli¹³, Prijo Tjahjono¹⁴

¹Teknik Sipil, Universitas Narotama

²Universiti Teknologi Mara Shah Alam Selangor, Malaysia

³De Montfort University, UK

⁴Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

⁵Manajemen dan Bisnis, Universitas Narotama Surabaya

⁶Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

⁷Teknik Sipil Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo, Indonesia

⁸Sistem Informasi, Universitas Narotama

⁹Teknik Kimia, Universitas Pamulang

¹⁰Universitas Sebelas Maret Surakarta

¹¹Mahasiswa S2 Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

¹²PT Ibantoss Teknologi Hijau - Bogor

¹³Bank Sampah Bakti Pertiwi Tambaksawah Sidoarjo

¹⁴Bumdes Tamansera Tambaksawah Sidoarjo

sri.wiwoho@narotama.ac.id

ABSTRAK

Sampah merupakan sumber masalah dalam kehidupan kita sehari-hari baik di daerah perkotaan maupun pinggiran perkotaan. Keterbatasan pembuangan sampah menimbulkan bencana sendiri apabila tidak bisa dilakukan pengelolaan yang baik atau didaur ulang untuk kebutuhan kehidupan lainnya. Proses daur ulang bisa menjadi peluang bisnis masyarakat sekitar maupun Industri skala UMKM. Salah satu bagian sampah yang bisa didaur ulang adalah plastik. Plastik merupakan material yang sulit diuraikan di dalam tanah. Di beberapa kota besar, permasalahan pemilahan plastik dilakukan oleh Bank Sampah yang dibentuk sesuai tingkat kesadaran masyarakatnya seperti Bank Sampah Bhakti Pertiwi di bawah naungan Bumdes Tamansera Tambaksawah di Kota Sidoarjo. Permasalahan ini akan menimbulkan bencana bagi umat manusia. Tujuan penelitian ini ini untuk memproses limbah plastik menjadi produk paving yang ramah lingkungan dengan mutu yang bisa menerima beban ringan seperti sebagai jalan setapak. Metodologi yang dilakukan dalam pembuatan paving plastik adalah mengumpulkan tutup botol plastik yang termasuk kategori plastik HDPE. Langkah selanjutnya dilakukan pembakaran menggunakan media kompor berenergi gas LPG. Setelah plastik mendidih dan mencair, plastik hasil pembakaran dimasukkan ke media cetak paving dan setelah cetakan penuh dilakukan perendaman di air untuk melepaskan paving plastik dari cetakan. Dari hasil pengujian material ini dihasilkan mutu tekan yang baik sehingga bisa dijadikan salah satu cara menyelesaikan permasalahan sampah plastik dan produk ekonomis yang dihasilkan bisa menjadi bagian bisnis umkm masyarakat sekitarnya.

Kata kunci : *Ecofriendly*, Paving, Plastik, HDPE

1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan bagian terbuang yang tidak terlepas dari kehidupan manusia selama berada di permukaan bumi. Beragam sampah yang dihasilkan dari aktifitas manusia baik yang bersifat organik dan yang non organik. Sampah organik telah banyak digunakan kembali menjadi produk pupuk karena sampah ini bisa diurai kembali sedangkan sampah anorganik relatif sulit didaur ulang karena relatif sulit membusuk. Sampah ini kebanyakan yang diasulkan dari hasil rekayasa kimia seperti sampah plastik, kaleng, botol, karet sintetik, kertas, kaca dan lain sebagainya. Selain itu jenis sampah beracun yakni sampah dari bahan berbahaya dan beracun (B3) seperti limbah nuklir, limbah batu bara, limbah eletronik dan lain sebagainya. Penumpukan sampah yang terus meningkat mengakibatkan perlunya pengembangan solusi penanganan sampah. Indonesia menghasilkan sampah mencapai 175.000 ton per harinya dengan rata-rata satu orang penduduk Indonesia menyumbang sampah sebanyak 0.7 kg per hari sehingga jika dikalkulasikan dalam skala tahunan, Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 64 juta ton [Paradita, 2018]. Dari total sampah yang dihasilkan, sampah yang paling banyak merupakan sampah rumah tangga misalnya saja pada tahun 2021 sampah rumah tangga menghasilkan penumpukan sebanyak 42,23%.

Limbah sampah plastik lebih sering kita jumpai disekitar lingkungan kita berada dikarenakan hampir setiap kegiatan rumah tangga menghasilkan limbah plastik. Di beberapa kota besar di Indonesia seperti Kota Sidoarjo telah ada beberapa lokasi yang disediakan lokasi menampung sampah plastik yang bisa dijual untuk digunakan kembali menjadi komponen pembuatan produk berbahan plastik bekas dan menjadi bagian menambah pendapatan masyarakat pengepul plastik tersebut. Salah satu lokasi pembuangan sampah yakni TPS3R Tambaksawah Sidoarjo. Kegiatan pengelollan sampah ini dibawah Unit Pengelolaan Sampah “Karya Asri” yang merupakan unit usaha dari BUMDesa Tamansera.



Gambar 1. Lokasi TPS3R Tambah Sawah Sidoarjo

<https://narotama.ac.id/berita/detail/31917-kunjungan-lppm-universitas-narotama-ke-tps3r-tambaksawah,-sidoarjo>



Gambar 2. Sampah botol plastik yang telah dipilah di Unit Pengelolaan Sampah “Karya Asri”

Difinisi Paving (bata beton) menurut SNI 03-0691-1996 adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. Pada dasarnya mutu paving dapat digolongkan menjadi 4 (empat), seperti yang tertera di Tabel 1, dan contoh penggunaan paving sesuai dengan masing-masing golongan adalah sebagai berikut;

- Paving mutu A digunakan untuk jalan
- Paving mute B digunakan untuk peralatan parkir
- Paving mutu C digunakan untuk pejalan kaki
- Paving mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Tabel 1
Sifat-sifat fisika

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min.	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

High Density Polyethylene (HDPE) adalah polimer termoplastik linear yang terbentuk dari monomer etilen dengan proses katalitik. HDPE dengan sedikit cabang menghasilkan struktur yang lebih rapat dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi dari pada LDPE. HDPE juga lebih kuat dan keras dan lebih tahan terhadap temperatur yang tinggi (130oC). Membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku) untuk membuat 1 kg HDPE. HDPE merupakan plastik yang dapat didaur ulang dengan nomor simbol 2. (<http://eprints.polsri.ac.id/9515/3/BAB%20II.pdf>)



Gambar 3. Simbol daur ulang HDPE

Tabel 2. Karakteristik dan sifat fisika, kimia serta mekanika HDPE

Parameter	Keterangan
Nama Kimia	<i>High Density Polyethylen</i>
<i>Trade Name</i>	HDPE
Sinonim	<i>Polyethylen</i>
Rumus Molekul	$(C_2H_4)_n$
Fisik	Padat
<i>Melting Point</i>	100-135 ⁰ C / 212-275 ⁰ F
Spesific Gravity (at 20 ⁰ C) (water = 1)	0,94-0,958

Gambar 3 adalah simbol yang digunakan sebagai penanda bahwa kemasan atau suatu barang berbahan HDPE. Sedangkan pada tabel 2 merupakan ringkasan dari karakteristik HDPE, baik sifat fisika, kimia dan mekanikanya.

Penggunaan plastik hampir tidak dapat dipisahkan dari kehibupan kita, pada tabel 3 memberikan gambaran singkat tentang jenis-jenis plastik dan contoh penggunaannya, sedangkan pada gambar 4, merupakan tanda yang digunakan untuk masing-masing jenis plastic tersebut.

Tabel 2 Jenis plastik dan kegunaannya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (Polythylene Terephthalate)	Botol minuman, botol minyak goreng
2	HDPE (High-density Polyethylene)	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	Pipa selang air, pipa bangunan, taplak meja
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	Kantong kresek, tutup plastik
5	PP (Polypropylene)	Cup plastic, tutup plastik, mainan
6	PS (Polystyrene)	Gelas, piring
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain no.1 hingga 6	Galon air minum, alat-alat rumah tangga, sikat gigi



Gambar 4 Jenis-jenis plastik dan kode penomorannya

Secara umum, penelitian ini merujuk pada 2 (dua) konsentrasi penelitian-penelitian terdahulu, yaitu (1) bidang penelitian pembuatan dan kegunaan paving dengan menggunakan bahan alternatif, dan (2) penelitian pemanfaatan limbah plastik terutama HDPE sebagai bahan tambahan maupun pengganti untuk material utamanya. Pada bidang yang pertama, menurut Mampearachchi dan Senadeera (2014), paving adalah salah satu konstruksi jalan yang cocok digunakan pada kondisi lalu lintas rendah hingga sedang. Variasi paving baik dari segi bahan penyusun maupun metode pembuatan belum begitu berkembang dengan baik. Penggunaan paving memiliki keuntungan dari segi durability, mudah dibuat, serta memiliki kinerja yang cukup baik pada kondisi lalu lintas yang sederhana. Kemudian Mudjanarko dkk (2019) menyatakan bahwa paving block mempunyai kemampuan resapan air untuk mengatasi masalah banjir terutama di daerah perkotaan dan padat penduduk saat musim hujan. Paving block (PN) pasir dibuat dengan menggunakan pasir (69,5%) + semen (30%) + air (0,05%). Sementara itu, spesimen paving block (PK) kerikil dibuat dengan menggunakan kerikil (59,5%) + pasir (10%) + semen (30%) + air (0,5%). Hasil menunjukkan bahwa paving block kerikil mampu menyerap air dalam waktu 4 detik/liter/cm² dan kuat tekannya memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996.

Pada sisi lain, penelitian terkait pengolahan dan pemanfaatan limbah plastik menjadi perhatian dikarenakan potensi bahaya yang dapat ditimbulkannya. Dwiky dkk, (2022)) melakukan kegiatan pembuatan mesin limbah plastik untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di BUMDES Mitra Sejati, Kecamatan Gandusari Kabupaten Trenggalek dengan mengelola dan memanfaatkan limbah sampah sehingga tercipta lingkungan yang sehat dan bersih dari sampah. Limbah plastik diubah menjadi produk kreatif yang memiliki nilai jual. Penelitian yang lain dilakukan oleh Zainuri (2021) yang menyatakan bahwa salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan oleh alam (non-biodegradable) adalah sampah plastik dan salah satu pemanfaatan yang dapat digunakan adalah sebagai material tambahan dalam pembuatan paving.

Penelitian lebih spesifik tentang pemanfaatan limbah plastik berjenis HDPE juga telah dilakukan oleh Mudjanarko dkk (2019) dengan membuat buku tentang penggunaan variasi HDPE (High Density Polyethylene) untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC). Lebih lanjut, penelitian penggunaan HDPE pada campuran aspal juga dilakukan oleh Hendriquita dkk (2022) dengan menggunakan limbah kantong plastik HDPE sebagai aspal

murni substitusi dengan variasi proporsi substitusi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%. Sedangkan dalam bentuk lain, penelitian yang dilakukan oleh Leksono dkk, pada tahun 2023 melakukan pemanfaatan limbah plastik menjadi modul pembentuk dinding terawang / roster pada bangunan yang Bernilai Jual Tinggi di Desa Ciangsana, Gunung Puteri, Bogor, Jawa Barat.

Dalam pemanfaatan limbah plastik, pengolahan awal menjadi sangat penting. Sampah plastik yang beragam diubah menjadi biji plastik terlebih dahulu sebelum diolah dan dimanfaatkan. Cara paling umum yang digunakan adalah dengan menggunakan mesin crusser atau mesin pencacah seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Mesin pencacah

2. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan dengan cara limbah plastik dipilih dari 100% tutup botol plastik jenis HDPE, dilelehkan menggunakan pemanas kompor gas, dan dituangkan ke dalam cetakan/moulding paving. Setelah itu dilakukan proses penekanan pada cetakan yang berisi plastik yang meleleh. Selanjutnya diperlukan tambahan cairan aditif yang membuat plastik lebih tahan panas. Langkah selanjutnya dicelupkan cetakan ke dalam air dingin untuk menghasilkan kejutan termal. Kemudian kami mengeluarkan produk dari cetakan. Benda uji paving yang disediakan sebanyak 3 buah benda uji. Peratalan cetakan seperti terlihat dibawah gambar 6.

Setelah benda uji jadi, langkah selanjutnya adalah melakukan uji kuat tekan terhadap beda uji menggunakan mesin uji tekan untuk mendapatkan nilai kuat tekannya. Mesin uji tekan yang digunakan seperti pada gambar 7 berikut.



Gambar 6 Cetakan Paving Plastik



Gambar 7. Alat pengujian test tekan

Untuk perumusan kuat tekan menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan} = P/L \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- P = beban tekan , N
- L = luas bidang tekan mm²

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh proses pembuatan benda uji pada penelitian paving adalah pertama kali dilakukan pemilihan limbah plastik tutup botol HDPE dan dilakukan penggorengan seperti terlihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Pengorengan bahan plastik HDPE untuk paving

Dari hasil penggorengan dilakukan penuangan cairan limbah plastik ke cetakan paving yang sudah disediakan, dilakukan pemadatan dengan cara melakukan penekanan secara manual sampai sesuai dengan permukaan tebal cetakan paving. Setelah tidak mampu dilakukan penekanan berarti cairan limbah paving sudah mampat dan penuh (gambar 9).

Rangkaian proses pembuatan benda uji dilanjutkan dengan perendaman menggunakan cairan additive seperti pada gambar 10. Hasil akhir dari pembuatan benda uji dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 9. Proses Pencetakan Paving Limbah Plastik



Gambar 10. Proses Perendaman Paving Limbah Plastik



Gambar 11 Hasil Paving plastik HDPE

Langkah selanjutnya dilakukan penimbangan berat paving plastik yang dihasilkan untuk mengetahui satuan berat bersih paving plastik yang dihasilkan. Gambar 12 menggambarkan proses penimbangan benda uji yang telah dihasilkan.



Gambar 12. Penimbangan paving plastik

Berikutnya dilakukan pengujian tes tekan dengan menggunakan alat uji tekan hidrolis yang biasa digunakan untuk pengujian benda uji berbahan beton, seperti pada gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Pengujian tekan paving plastik

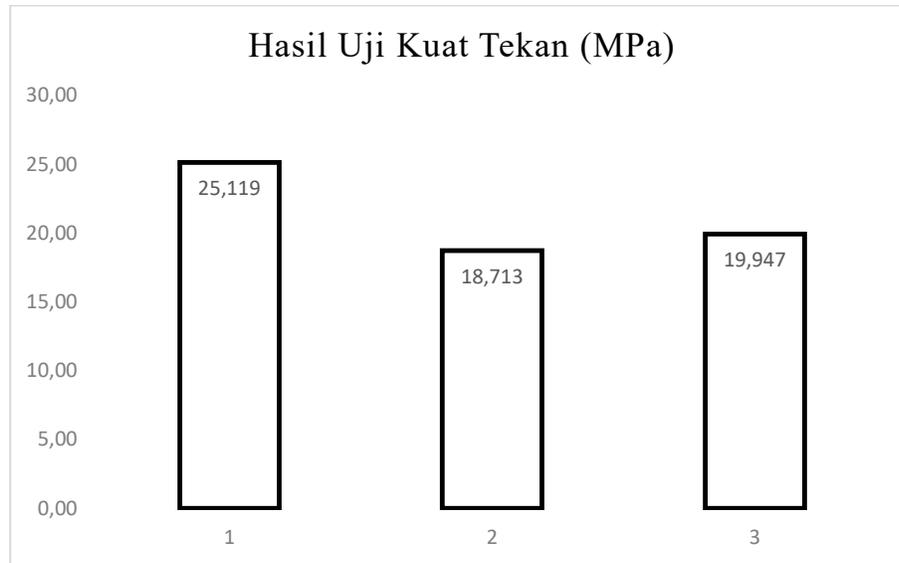


Gambar 14. Alat pengujian tekan paving plastik

Berdasarkan hasil uji benda uji paving berbahan limbah plastik HDPE dihasilkan catatan seperti terlihat pada Tabel 4. Pada tabel 4 dan gambar 15 diagram batang terlihat menunjukkan berat minimal paving 765 gram dan kuat tekan minimal yang dihasilkan 18,71 Mpa.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil benda uji paving plastik HDPE

No	Ukuran benda Uji Ukuran Paving (cm)	Waktu Uji Tanggal/Bulan/Tahun	Berat (Gram)	Hasil Uji (KN)	Hasil Uji (Mpa)
1	19,7 x 9,7 x 5	21 Maret 2023	765	480	25,12
2	19,0 x 9 x 5,5	21 Maret 2023	781	320	18,71
3	19,2 x 9,4 x 5,2	21 Maret 2023	774	360	19,95



Gambar 15. Hasil uji tekan paving plastik dalam satuan MPa

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pembuatan paving dari limbah plastik adalah sebagai berikut: Membutuhkan bahan limbah tutup plastik 1,85 Kg per satu modul cetakan paving. Waktu yang diperlukan untuk menggoreng menjadi cairan plastik membutuhkan 25 menit per satu modul cetakan paving. Hasil yang diperoleh dari uji tekan paving plastik Paving yang dihasilkan berbobot ringan dengan berat rata-rata 0,773 Kg/paving. Untuk kuat tekan rata-rata paving plastik yang diuji adalah 21,26 MPa dengan kuat tekan minimal 18,71 MPa. Dengan hasil kuat tekan tersebut maka paving plastik termasuk dalam kelompok paving B yang dapat digunakan untuk pelataran parkir serta jalan dengan lalu lintas rendah.

Dengan demikian penggunaan paving menggunakan limbah plastik dapat mengurangi lingkungan dari penumpukkan limbah plastik yang digunakan masyarakat. Saran didalam pembuatan paving plastik diperlukan pemilahan HDPE yang sejenis, penggunaan media wajan pemanas yang licin , cepat panas, kompor gas yang stabil nyala apinya, penekan cairan panas plastik yang lebih presisi agar diperoleh kepadatan hasil paving plastik, diperlukan percobaan lebih lanjut dan lebih variatif penggunaan limbah plastik maupun bahan campuran komposit lainnya.

Ucapan Terima Kasih: Kami ucapkan terima kasih diantara penulis yang telah meluangkan waktu melakukan penelitian bersama sebagai bagian implementasi kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) diantara universitas dalam – luar negeri, mitra industri maupun masyarakat lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwiky Fajri Syahbana , Eko Nurmianto dkk, 2022, Implementasi Mesin Press Sampah Plastik Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Di BUMDES Mitra Sejati Kecamatan Gandusari Kabupaten Trenggalek, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember JPKMBD (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Bina Darma) Vol. 2, No. 3, Oktober 2022, Hal. 171-184 e-ISSN: 2797-7323 p-ISSN: 2807-1417,2022
- Erick Teguh Leksono dkk, Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Modul Pembentuk Dinding Terawang Dari Limbah Plastik, Desain Interior dan Arsitektur, Universitas Trisakti, JPKMBD (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Bina Darma) Vol. 3, No. 1, Maret 2023, Hal. 1-17 e-ISSN: 2797-7323 p-ISSN: 2807-141, 2023
- Hendriqita Karonsih Widyasari Br Pinem, Tantin Pristyawati, Hendramawat Aski Safarizki, Analysis of the influence of additional plastic waste (HDPE) as Mixed Asphalt AC-WC on Marshall Parameters, Volume 11, Issue 3, October 2022, pp.669-679, pISSN 2302-4240 eISSN 2655-2086, Astonjadro <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/Astonjadro/article/viewFile/7507/3915>, 2022
- Mampearachchi, W. K. and Senadeera, A. (2014) ‘Determination of the Most Effective Cement Concrete Block Laying Pattern and Shape for Road Pavement Based on Field Performance’, Journal of Materials in Civil Engineering. doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000801.
- Sri Wiwoho Mudjanarko dkk, Buku, Variasi HDPE (High Density Polyethylene), untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC), ISBN:9786239216337, 623921633X, Anggota IKAPI 241/JTI/2019, Penerbit Scopindo Media Pustaka, 2019
- Sri Wiwoho Mudjanarko, Eko Julianto, Dani Harmanto and Firdaus Pratama Wiwoho,2019, Addition of Gravel in the Manufacture of Paving Block with Water Absorption Capability, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 498, The 5th International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability 19-20 December 2019, Johor, Malaysia, DOI 10.1088/1755-1315/498/1/012031, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/498/1/012031>
- Paradita LI. 2018. Pemilahan Sampah: Satu Tahap Menuju Masyarakat Mandiri Dalam Pengelolaan Sampah. Jurnal BERDIKARI. 6(2): 184-194.
- Zainuri. 2021. Penanganan Sampah Plastik Pada Produksi Paving Block. Jurnal Teknologi Lingkungan. 22(2): 170-177.
<https://narotama.ac.id/berita/detail/31917-kunjungan-lppm-universitas-narotama-ke-tps3r-tambaksawah,-sidoarjo>
<http://eprints.polsri.ac.id/9515/3/BAB%20II.pdf>