

Potensi Pemanfaatan Ulang Sampah Plastik Menjadi *Eco-Paving Block*

Haudi Hasaya*¹, Reni Masrida², Dicky Firmansyah³

^{1,2}Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta, Indonesia

e-mail: *¹haudi.hasaya@dsn.ubharajaya.ac.id, ²reni.masrida@dsn.ubharajaya.ac.id,

³firmaryahdicky.ubhara@gmail.com

Abstract

Eco-paving block is a product used for construction consisting of sand and plastic mixes. In order to produce eco-paving blocks, the mixture of sand and concrete was substituted in part with sand and plastics. In order to properly mix plastics to create eco-paving blocks, a plastic smelter was used to generate heat and melt the plastic materials. The plastic material types used in this case was PETE or PETE, which has the characteristics of being flexible and high adhesive properties; along with ABS which can stand pressures. Based on the tests conducted with the plastic smelter using PET, ABS, and the combination of PET and ABS, the most promising result was shown with the combination of PET and ABS. This combination required 8 minutes 21 seconds for the plastics to become fully melted, and a temperature of 278°C. The combination of PET and ABS resulted in a mixture of plastics with strong adhesive properties and durability. This product could potentially be developed into eco-paving blocks. Additional studies regarding the optimum dosage combinations of PET and ABS plastics in eco-paving blocks can potentially be established in order to further optimize the usage of these plastics in eco-paving blocks.

Keywords : *Eco-paving, plastic, smelter, utilization, wastes*

PENDAHULUAN

Sampah merupakan hasil sampingan dari aktivitas di permukaan bumi, baik dari kegiatan alam maupun kegiatan manusia. Dengan meningkatnya populasi serta kebutuhan manusia, aktivitas manusia turut

meningkat hingga sampah yang muncul sebagai hasil kegiatan tersebut ikut meningkat.

Di Indonesia, sampah sering digolongkan sebagai (a) sampah organik atau sampah basah, yang terdiri atas dedaunan, kayu, kertas, karton, sayur, buah, sisa makanan ternak, dan lain-lain; (b) sampah anorganik atau sampah kering yang terdiri atas kaleng, plastik, besi, logam lainnya, gelas, dan mika (Damanhuri *et al.*, 2010). Berdasarkan komposisinya, jenis sampah paling dominan yang dihasilkan di Indonesia merupakan sampah organik yang berasal dari sisa makanan dan sampah dedaunan sebesar 50%, plastik sebesar 15%, dan kertas sebesar 10% (Baqiroh, 2019).

Sampah organik berupa dedaunan dan sisa makanan berpotensi diolah menjadi kompos di skala rumah tangga. Sampah kertas juga dapat didaur ulang menjadi kertas dalam skala rumah maupun usaha kecil. Di sisi lain, sampah plastik memiliki unsur kimia dengan ikatan kovalen, sehingga sulit didegradasi di alam. Plastik merupakan materi sintetik yang dapat terbentuk dari proses kondensasi organik maupun dari penambahan polimer. Plastik bersifat tahan air, ringan, mudah dibentuk, serta fleksibel. Hal ini menyebabkan industri banyak memilih plastik sebagai produk, tempat penyimpanan, serta materi tambahan untuk bidang otomotif (Hidayat *et al.*, 2019). Produk plastik setelah masa pemakaian tertentu akan berubah menjadi sampah plastik.

Sampah plastik yang tidak diolah dapat merugikan lingkungan, antara lain menutupi permukaan tanah dan air, dimakan oleh ikan dan biota air lainnya sehingga masuk ke rantai makanan, mengurangi kualitas air dan tanah serta mencemari lingkungan.

Timbulan sampah di Indonesia pada tahun 2016 mencapai 65,2 juta ton (Statistik,

2018). Pada tahun ini juga, Indonesia dinyatakan sebagai kontributor sampah plastik lautan kedua terbesar, mengikuti Tiongkok (Prisandani & Amanda, 2019). Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, populasi Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang per hari, atau sekitar 189.000 ton sampah/hari. Dari angka tersebut, sebanyak 15% atau 28.400 ton/hari di antaranya merupakan sampah plastik (Kholidah *et al.*, 2018).

Tingkat daur ulang sampah plastik juga masih cenderung rendah. Pada ibukota Jakarta, angka tingkat daur ulang sampah plastik yang teridentifikasi adalah 24% (Putri *et al.*, 2018). Angka ini berpotensi lebih rendah di kawasan lain di Indonesia, dengan sumber daya dan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan sampah plastik yang cenderung masih lebih rendah. Hal ini berperan untuk menjadikan Indonesia sebagai salah satu kontributor sampah plastik paling besar di dunia.

Kota Bekasi merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Barat dengan jumlah penduduk yang cukup padat. Pada Kecamatan Bantar Gebang terdapat 2 Tempat Pengolahan Akhir (TPA) sampah, di mana 1 TPA di Sumur Batu dimiliki Pemerintah Kota Bekasi, dan 1 TPA di Bantar Gebang berada di bawah kepemilikan Pemkot DKI Jakarta (Masrida, 2017). Karena banyaknya sampah yang berpotensi masuk ke daerah Bekasi, kawasan ini kerap kali menjadi prioritas yang rendah untuk pelayanan sampah. Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2017-2018, jumlah sampah yang tidak terkelola di Kabupaten Bekasi mencapai 700 ton/hari, dan sekitar 85,67 ton/hari untuk Kota Bekasi (Limbah & B3, 2019).

Melihat cukup tingginya jumlah sampah yang belum dapat ditangani kawasan Bekasi, Kota Bekasi melakukan upaya pembuatan bank sampah yang tersebar di berbagai wilayah dalam kawasannya. Salah satu bank sampah yang dinilai sudah memenuhi standar dan kriteria yang ada di kawasan Kota Bekasi adalah bank sampah yang berada di kawasan perumahan Kecamatan Rawalumbu. Bank sampah ini dapat menampung berbagai sampah anorganik seperti gelas plastik, styrofoam, kaleng, bungkus makanan, dan botol plastik dengan kapasitas hingga 150 kg/hari.

Akan tetapi, untuk mengatasi masalah sampah plastik tidak cukup hanya mengandalkan bank sampah. Penggunaan alternatif teknologi lain juga perlu agar sampah (terutama sampah plastik) yang dikumpulkan masyarakat di bank sampah dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Salah satu alternatif pemanfaatan sampah plastik merupakan kegiatan daur ulang dengan menjadikan sampah plastik sebagai bahan baku untuk produksi *eco-paving block*.

Eco-paving block merupakan produk conblock yang terbuat dari sampah plastik jenis tertentu, secara spesifik jenis plastik PET dan PETE (*polyethylene terephthalate*). Conblock sendiri merupakan jenis material bangunan yang digunakan untuk perkerasan jalan, yang secara konvensional terbuat dari campuran beton dan memiliki dimensi teratur. Untuk pembuatan *eco-paving block*, pencampuran semen dan pasir untuk membuat beton diganti dengan pencampuran plastik tertentu dengan pasir dalam takaran tertentu.

Agar plastik PET dapat menyatukan campuran pasir, maka sampah plastik terlebih dahulu dilelehkan dengan alat *plastic smelter*. Untuk penelitian ini, dirancang *plastic smelter* secara sederhana dan untuk skala yang cenderung lebih kecil daripada skala industri, sesuai kapasitas sampah plastik PET yang dikumpulkan di bank sampah.

Penggunaan sampah plastik untuk pembuatan *eco-paving block* di bank sampah Kecamatan Rawalumbu ini diharapkan dapat dijadikan salah satu sarana pemanfaatan sampah plastik di bank sampah. Dengan demikian, sampah yang ditimbulkan masyarakat setempat tidak perlu dibawa ke TPA secara konvensional. Sampah yang semula berpotensi merusak lingkungan jika tidak ditangani dapat membawa keuntungan ekonomi dan estetika, serta manfaat kebersihan bagi masyarakat setempat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di CV yang berlokasi di Kecamatan Tambun Selatan untuk kerjasama perancangan alat, serta bank sampah di Kecamatan Rawalumbu sebagai sumber sampah plastik. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen. Tahapan-tahapan pembuatan *eco-paving block* dengan alat *plastic smelter* dijabarkan berikut ini.

Identifikasi dan Analisis Kebutuhan

Untuk membuat *eco-paving block*, sebaiknya memenuhi kriteria-kriteria seperti:

1. Memiliki karakteristik bahan yang mengacu pada SNI 03-0691-1996
2. Tahan panas tinggi hingga 250°C

Sedangkan untuk alat *plastic smelter* baiknya dirancang simpel dan mudah digunakan, serta didesain minimalis agar hemat biaya dan tidak memakan tempat.

Konsep Desain Awal *Plastic Smelter* dan Analisis

Untuk membuat *eco-paving block*, diperlukan alat *plastic smelter* yang berfungsi untuk melelehkan bahan baku plastik untuk campuran pembuatan *conblock*. Desain awal dibuat dengan mengacu pada teori serta pengalaman praktisi. Setelah desain awal dirancang, dilakukan analisis terhadap desain tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berbagai kemungkinan dalam pengerjaan, potensi kondisi atau permasalahan yang dapat muncul, solusi jika ada permasalahan muncul, maupun alternatif-alternatif dalam pengerjaan pembuatan alat.

Untuk pemilihan bahan plastik sebagai penggunaan dalam pembuatan *eco-paving block*, ada beberapa alternatif yang dipertimbangkan. Pada umumnya, ada 4 tipe plastik yang umum digunakan untuk daur ulang, yaitu polietilen (HDPE dan LDPE), polipropilen, polistiren, dan polyvinyl klorida (PVC) (Nkwachukwu *et al.*, 2013). Penelitian yang dilakukan (Zulkarnain, 2019) yang menggunakan plastik PET (*polyethylene terephthalate*) menunjukkan hasil campuran 50% plastik PET ke dalam paving block dapat menunjukkan hasil berpotensi digunakan untuk kebutuhan taman kota. Penelitian lain juga melakukan pencampuran sampah plastik dan pasir untuk membuat batu bata plastik dengan komposisi 1 kg plastik dengan 1 kg pasir menghasilkan batu bata dengan daya tahan tekanan sebesar 141,42 kg/cm² (Alif *et al.*, 2019). Selain itu, PET merupakan jenis sampah plastik yang umum ditemukan di bank sampah, karena banyak digunakan di rumah tangga seperti pada botol air mineral, kemasan sirup, saus, minyak makan, dan kemasan pangan lainnya.

Perbaikan dan Desain Akhir *Plastic Smelter*

Dari analisis desain awal, ditentukan perbaikan-perbaikan yang mungkin harus dilakukan. Setelah itu didesain kembali untuk mengantisipasi perbaikan-perbaikan tersebut.

Inventaris Komponen

Komponen-komponen yang diperlukan perlu didata agar diketahui apa saja yang tersedia, dan apa yang perlu disediakan. Jika ada komponen yang belum tersedia, hal ini akan memperlambat proses pembuatan *plastic smelter*.

Pembuatan dan Uji Coba Alat

Jika semua komponen telah lengkap, beserta alat-alat juga tersedia, maka selanjutnya adalah proses pembuatan atau perakitan alat *plastic smelter*. Proses ini cukup memakan waktu, dan dilakukan di bengkel agar pembuatan alat dapat dilakukan dengan optimal. Alat dirancang dan dibuat dalam jangka waktu kurang lebih 75 hari di bengkel milik pihak CV sebagai instansi kerjasama.

Apabila *plastic smelter* telah selesai dirakit, selanjutnya dilakukan uji coba guna melihat apakah alat sudah layak pakai atau belum. Uji coba ini dapat dilakukan beberapa kali sebelum mendapatkan hasil yang baik.

Analisis Uji Coba dan Evaluasi

Uji coba biasanya dilakukan beberapa kali. Antara uji coba pertama ke uji coba kedua, analisis lebih lanjut perlu dilakukan agar uji coba berikutnya mempunyai kemungkinan berhasil lebih tinggi. Perbaikan alat maupun modifikasi campuran dapat dilakukan agar didapatkan hasil yang lebih optimal. Selama uji coba juga dilihat apakah antara uji coba terdapat penyimpangan yang signifikan, atau memberi hasil yang telah konsisten

Pembuatan Produk Daur Ulang *Eco Paving Block*

Pembuatan *eco-paving block* dilakukan dengan melakukan alat *plastic smelter*. Limbah plastik yang dikumpulkan dengan jumlah cukup dilelehkan, dan dicampurkan dengan pasir. Hasil antara pencampuran ini dilihat lagi, apakah memenuhi standar yang ditentukan atau belum. Hasil pembuatan *eco-paving block* ini kemudian dianalisis dan diambil kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen.

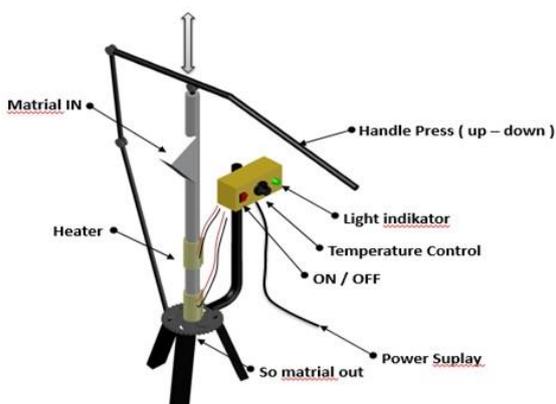
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Alat *Plastic Smelter* sebagai Alternatif Pemanfaatan Sampah Plastik

Bank sampah yang berada di Kecamatan RW 17 Kecamatan Rawalumbu telah berjalan cukup baik, namun masih bisa lebih optimal agar memberi keuntungan dan manfaat kepada

warga sekitar. Alat *plastic smelter* dapat menjadi salah satu alat yang dapat digunakan untuk pemanfaatan sampah plastik di bank sampah tersebut. Alat *plastic smelter* merupakan alat yang berfungsi melelehkan sampah plastik jenis-jenis tertentu untuk kemudian dibentuk kembali menjadi produk baru, seperti pot bunga, batu bata plastik, conblock, dan lain-lain. Conblock dari campuran lelehan plastik dan pasir ini adalah *eco-paving block*.

Pelelehan limbah plastik dilakukan dengan metode uji coba, setelah alat *plastic smelter* didesain dan dirakit. Adapun skema alat *plastic smelter* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema *Plastic Smelter* untuk Pemanfaatan Kembali Limbah Plastik



Gambar 2 Prototipe *Plastic Smelter*

Adapun prosedur penggunaan *plastic smelter* untuk pelelehan limbah plastik dijabarkan sebagai berikut:

1. Alat *smelter* disambungkan dengan daya listrik, dan kontrol termostat diposisikan pada suhu yang sesuai untuk bahan plastik yang akan dilelehkan.
2. Alat *plastic smelter* ditunggu mencapai suhu yang ditentukan, ditandai dengan indikator hijau. Media berupa minyak jelantah dimasukkan agar pelelehan berjalan lebih cepat serta lelehan plastik dan mudah dibentuk ulang.
3. Limbah plastik dimasukkan ke *plastic smelter*. Observasi dilakukan secara berkala selama pelelehan untuk melihat tekstur dan konsistensi lelehan bahan plastik yang akan digunakan untuk produk akhirnya.
4. Produk lelehan plastik dicampurkan dengan bahan pasir dan dicetak menjadi bentuk produk *eco-paving block*. Lelehan dibiarkan hingga mengeras di dalam cetakan.
5. *Eco-paving block* dilepas dari cetakan dan dilakukan *finishing* atau pemolesan akhir sebelum digunakan.

Untuk menentukan jenis bahan yang paling tepat untuk dimanfaatkan kembali *conblock*, beberapa jenis plastik perlu dimasukkan dalam pertimbangan. Ada beberapa tipe plastik yang paling umum digunakan, sehingga dengan mudah ditemukan dalam bentuk sampah, termasuk pada bank sampah.

PET merupakan salah satu jenis sampah plastik yang umum ditemukan di bank sampah, karena banyak digunakan di rumah tangga. Percobaan pembuatan *conblock* pernah dilakukan menggunakan campuran pasir serta lelehan plastik PET (*polyethylene terephthalate*) untuk pengganti semen (Zulkarnain, 2019). Hasil penelitian menunjukkan hasil campuran 50% plastik PET ke dalam paving block dapat menunjukkan hasil berpotensi digunakan untuk kebutuhan taman kota.

Variasi jenis plastik dan suhu yang diuji coba dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi Uji Coba Jenis Plastik dan Suhu

Jenis Plastik	Mulai Men didih (°C)	Titik Didih (°C)	Durasi Pelelehan
PET atau PETE	148,6	234	7 menit 26 detik
ABS (Akrilonitril Butadiena Stirena)	220	286	12 menit 36 detik
PET atau PETE + ABS	176	278	8 menit 21 detik

Dalam percobaan kekuatan, plastik PET dan PETE memiliki kekuatan rendah terhadap tekanan, sehingga cenderung lebih mudah dibentuk seperti untuk conblock. Waktu pemanasannya juga cenderung cepat, dengan durasi pelelehan selama 7 menit 20 detik pada suhu 234°C untuk mencapai tekstur yang konsisten. Pada percobaan hanya menggunakan plastik PET, conblock yang terbentuk cenderung lebih mudah pecah. Hal ini juga konsisten dengan hasil penelitian yang dilakukan hanya dengan campuran PET (Zulkarnain, 2019).

Adanya campuran lelehan PET menyebabkan penurunan kuat tekan paving block plastik karena lekatan antara bahan-bahan penyusun, pasir mengalami pengendapan, volume berkurang akibat rongga atau celah kosong. Untuk itu perlu ditambahkan jenis plastik lain yang lebih padat dan mudah dibentuk agar bentuk conblock lebih stabil.

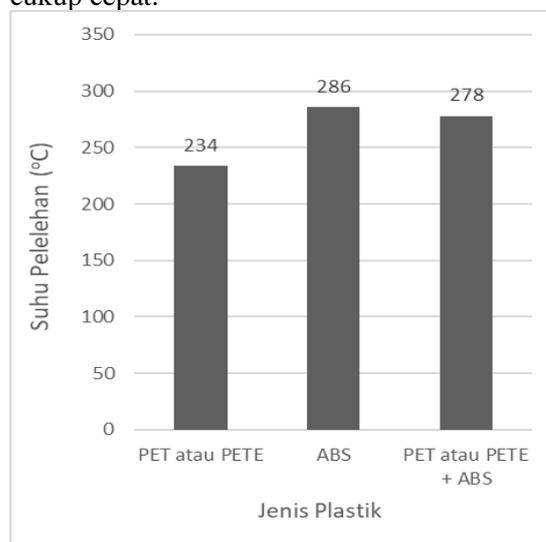
Jenis plastik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) merupakan jenis termoplastik yang tahan bahan kimia dan tahan panas, tahan pukul, liat, kaku dan mudah diproses serta dibentuk (Mawardi & Lubis, 2019). ABS juga tahan korosi dan dapat di-electroplating, banyak digunakan pada interior mobil seperti dashboard. Jika hanya jenis plastik ABS yang digunakan, dari percobaan ternyata pelelehan ABS membutuhkan waktu yang lebih lama, dengan durasi 12 menit 26 detik pada suhu 286°C. Energi yang dibutuhkan agar ABS leleh secara konsisten juga lebih besar. Material ABS punya ketahanan baik, namun mempunyai daya rekat yang rendah antara molekul materi ABS.

Adanya penambahan jenis plastik ABS ke dalam campuran PET dapat meningkatkan gaya tarik, sedikit menurunkan elongation at break (pemanjangan material hingga putus),

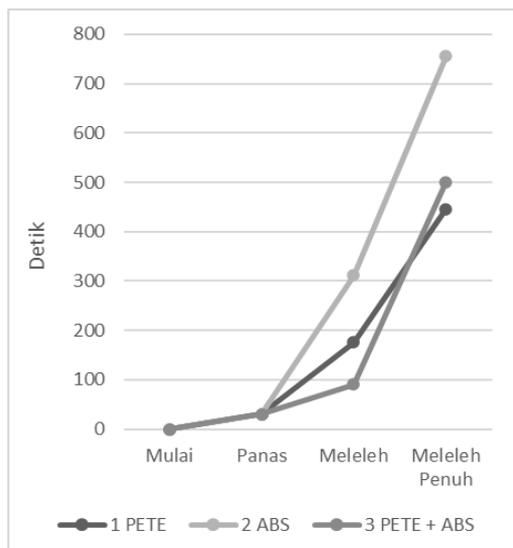
dan modulus Young (rasio tegangan-regangan material), karena adanya interaksi dan perlekatan kuat antara jenis plastik ABS dan PET (Mousavi *et al.*, 2017). Plastik PET yang lebih mudah meleleh dan merekat dikombinasikan dengan plastik ABS dengan ketahanan dan bentuk stabil. Berdasarkan percobaan dengan kombinasi ini, waktu serta suhu yang dibutuhkan untuk pelelehan berada antara jenis hanya PET dan hanya ABS.

Suhu yang dibutuhkan agar campuran plastik meleleh juga menjadi lebih tinggi dari hanya PET, dan lebih rendah daripada hanya ABS, yaitu pada 278°C. Suhu yang dibutuhkan untuk pelelehan yang dibutuhkan tidak jauh berbeda dengan hanya ABS, dengan selisih 8°C. Perbedaan antara ketiga jenis plastik dalam percobaan dapat dilihat pada Gambar 2.

Waktu pelelehan menjadi lebih cepat daripada hanya ABS, dan lebih lama daripada hanya PET, yaitu 8 menit 21 detik. Waktu yang dibutuhkan juga tidak jauh berbeda dengan pelelehan hanya PET, dengan selisih 55 detik. Perbedaan antara ketiga jenis plastik dalam percobaan dapat dilihat pada Gambar 3. Dengan kombinasi PET + ABS, energi yang dibutuhkan tinggi, dan waktu yang dibutuhkan cukup cepat.



Gambar 3 Perbedaan Suhu Pelelehan Jenis Plastik



Gambar 4 Perbedaan Durasi Pelelehan Jenis Plastik

Dalam percobaan kekuatan, penggunaan hanya plastik PET menghasilkan conblock plastik yang lebih rentan pecah, sehingga dibutuhkan campuran plastik yang lebih keras. Jenis plastik ABS memiliki sifat keras dan tahan terhadap panas, sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk leleh dibandingkan dengan jenis plastik PET atau PETE. Selain itu, daya rekat plastik ABS juga cenderung lebih rendah daripada PET. Penggunaan kombinasi jenis plastik PET dan ABS menghasilkan campuran plastik yang kuat dan stabil, dengan daya rekat yang lebih tinggi. Hal ini lebih memungkinkan untuk melakukan pencampuran untuk pembuatan conblock *eco-paving block*. Hasil uji coba pembuatan *eco-paving block* dengan campuran plastik dapat dilihat pada Gambar 4. dan Gambar 5.



Gambar 5 Tampak Atas dan Samping Uji Coba *Eco-Paving Block*



Gambar 6 Tampak Bawah dan Samping Uji Coba *Eco-Paving Block*

Dari hasil uji coba, kestabilan *eco-paving block* belum dapat diuji coba lebih lanjut. Berdasarkan hasil ini, jenis plastik PET dan ABS belum dapat tercampur dengan optimal. Ada kecenderungan plastik PET yang lebih ringan berada di sebelah atas uji coba *eco-paving block*, dan plastik ABS lebih banyak berada di bagian bawahnya. Pencampuran antara 2 jenis plastik ini belum terjadi dengan optimal.

Plastik yang dilelehkan harus lebih kohesif agar produk *eco-paving block* dapat terbentuk secara konsisten dan stabil. Untuk itu, takaran jenis plastik ABS dan PET juga perlu diuji coba lebih lanjut. Kemungkinan pencampuran dengan jenis plastik lain juga perlu ditinjau agar lelehan plastik dan semen dapat membentuk *eco-paving block* yang lebih konsisten dan dapat digunakan sesuai standar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Timbulan sampah plastik dapat didaur ulang, dan salah satunya adalah pemanfaatan yang berpotensi dilakukan adalah untuk pembuatan *eco-paving block*. Produk ini dibuat dengan memanfaatkan sampah plastik jenis PET/PETE dan ABS. Pembuatan *eco-paving block* dari campuran pasir dan lelehan plastik. Agar plastik meleleh, diperlukan alat peleleh plastik atau *plastic smelter*.

Berdasarkan hasil eksperimen, dibandingkan dengan penggunaan 1 jenis plastik (hanya PET/PETE atau hanya ABS), kombinasi penggunaan PET dan ABS, dengan waktu pelelehan 8 menit 21 detik dan membutuhkan temperatur 278°C, menghasilkan campuran pelelehan plastik yang memiliki daya rekat dan ketahanan baik. Produk ini berpotensi digunakan untuk dijadikan *eco-paving block*. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan guna menentukan kadar ABS dan PET optimum, serta ketahanan *eco-paving block* dari produk tersebut.

Potensi Pemanfaatan Ulang Sampah Plastik Menjadi Eco-Paving Block

Dalam pemanfaatan kembali bahan sampah, khususnya sampah plastik, pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya pemilahan sampah agar mempermudah pengolahan lebih lanjut perlu ditingkatkan dan dibina, terutama untuk jenis-jenis sampah plastik agar pemanfaatannya dapat dilakukan secara optimal. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan guna menentukan kadar ABS dan PET optimum, serta ketahanan *eco-paving block* dari produk tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, M., Aulianur, D., & Anhar, A. (2019). Analysis of Compression Strength on Plastic Brick Material. *Jurnal Inotera*, 4(2), 72. <https://doi.org/10.31572/inotera.Vol4.Iss.2.2019.ID79>
- Baqiroh, N. F. A. B. (2019). *Timbulan Sampah Nasional Capai 64 Juta Ton per Tahun*. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190221/99/891611/timbulan-sampah-nasional-capai-64-juta-ton-per-tahun>
- Damanhuri, Enri, & Padmi, T. (2010). *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Hidayat, Y. A., Kiranamahsa, S., & Zamal, M. A. (2019). A study of plastic waste management effectiveness in Indonesia industries. *AIMS Energy*, 7(3), 350–370. <https://doi.org/10.3934/ENERGY.2019.3.350>
- Kholidah, N., Faizal, M., & Said, M. (2018). Polystyrene Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al₂O₃ as Catalyst. *Science and Technology Indonesia*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.26554/sti.2018.3.1.1-6>
- Limbah, D. J. P. S., & B3. (2019). *Data Pengelolaan Sampah: Data Umum*. http://sipsn.menlhk.go.id/?q=3a-data-umum&field_f_wilayah_tid=1426&field_kat_kota_tid=All&field_periode_id_tid=2168
- Masrida, R. (2017). Kajian Timbulan Dan Komposisi Sampah Sebagai Dasar Pengelolaan Sampah Di Kampus Ii Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. *Journal of Env. Engineering & Waste Management*, 2(2), 69–78. <http://e-journal.president.ac.id/presunivojs/index.php/JENV/article/view/221>
- Mawardi, I., & Lubis, H. (2019). *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Penerbit ANDI.
- Mousavi, S. M., Hashemi, S. A., Amani, A. M., Saed, H., Jahandideh, S., & Mojoudi, F. (2017). Polyethylene terephthalate/acryl butadiene styrene copolymer incorporated with oak shell, potassium sorbate and egg shell nanoparticles for food packaging applications: Control of bacteria growth, physical and mechanical properties. *Polymers from Renewable Resources*, 8(4), 177–196. <https://doi.org/10.1177/204124791700800403>
- Nkwachukwu, O., Chima, C., Ikenna, A., & Albert, L. (2013). Focus on potential environmental issues on plastic world towards a sustainable plastic recycling in developing countries. *International Journal of Industrial Chemistry*, 4(1), 34. <https://doi.org/10.1186/2228-5547-4-34>
- Prisandani, U. Y., & Amanda, A. L. (2019). The Importance of Regulating Plastic Marine Pollution for the Protection of Indonesian Marine Environment. *Yuridika*, 35(1), 171. <https://doi.org/10.20473/ydk.v35i1.10962>
- Putri, A. R., Fujimori, T., & Takaoka, M. (2018). Plastic waste management in Jakarta, Indonesia: evaluation of material flow and recycling scheme. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(4), 2140–2149. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0753-2>
- Statistik, B. P. (2018). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2018*. Publikasi Badan Pusat Statistik.
- Zulkarnain, Z. (2019). Penggunaan Plastik Tipe Pet Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Paving Block. *Inovtek Polbeng*, 9(2), 214. <https://doi.org/10.35314/ip.v9i2.1010>