

Analisis Paving Block berdasarkan Sifat Tampak dan Reduksi Limbah Plastik Multilayer, Limbah Keramik Sanitary, dan Limbah Karet Alas Sepatu

Analysis of Paving Blocks based on Visible Properties and Reduction of Multilayer Plastic Waste, Sanitary Ceramic Waste, and Shoe Rubber Waste

Fatma Nurkhaerani^{1*}, Gina Lova Sari², Fransisca Debora³, Eka Oktariyanto Nugroho⁴, Zalfa Dziaul Hassalum⁵,
Ayya Sophia Ahmad⁶

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Singaperbangsa Karawang

^{2,5,6} Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Singaperbangsa Karawang

³ Program Studi Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang

⁴ Kelompok Keahlian Teknik Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung

Email: ¹fatma.nurkhaerani@ft.unsika.ac.id, ²ginalovasari@gmail.com, ³fransisca.debora@ft.unsika.ac.id,

⁴nugrohoeka@itb.ac.id, ⁵zalfadzia@gmail.com, ⁶ayyasophiasamad28@gmail.com

*Penulis korespondensi: fatma.nurkhaerani@ft.unsika.ac.id

Direview: 1 Agustus 2024

Diterima: 5 Agustus 2024

ABSTRAK

Limbah plastik multilayer, keramik sanitary, dan karet memiliki potensi sebagai bahan campuran paving block. Sampah plastik multilayer sulit terurai dan sulit didaur ulang, sehingga pengelolaannya minim. Selain limbah plastik multilayer, limbah karet juga sulit terurai karena merupakan sampah non-organik yang tahan terhadap air, tanah, dan senyawa kimia. Limbah keramik bisa dimanfaatkan sebagai campuran paving block karena sifatnya yang tahan lama dan kuat, serta dapat mengurangi volume limbah yang dibuang. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kesesuaian sifat tampak paving block dari ketiga limbah tersebut dengan SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (Paving Block) serta melihat jumlah potensi reduksi limbahnya. Pembuatan paving block menggunakan 8 (delapan) komposisi yaitu Limbah Keramik (LKK): Limbah plastik Multilayer (LPM) sebesar 20%:80%, 30%:70%, 40%:60% dan 0%:100%; serta perbandingan Limbah Keramik (LKK), Limbah Plastik Multilayer (LPM), Limbah Karet (LKT) berturut-turut adalah 20%:60%:20%; 30%:50%:20%; 40%:40%:20%; dan 50%:30%:20%. Sifat tampak paving block yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996 hanya terdapat pada beberapa sampel. Ketidaksihuan dengan SNI tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya jumlah komposisi yang beragam, proses pencampuran bahan (homogenisasi) serta proses pencetakan paving block. Berdasarkan hasil pembuatan paving block dengan 8 (delapan) komposisi yang berbeda, terdapat 3 (tiga) komposisi yang hasilnya sifat tampaknya sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yaitu pada komposisi 20% LKK: 80% LPM, 100% LPM, dan 20% LKT: 60% LPM: 20% LKK. Jumlah reduksi sampah dari ketiga limbah tersebut berkisar antara 167,6 kg sampai 768 kg.

Kata kunci: limbah, plastik, keramik, karet, paving block

ABSTRACT

Multilayer plastic waste, sanitary ceramics and rubber have potential as paving block mixtures. Multilayer plastic waste is difficult to decompose and recycle, resulting in minimal management. In addition to multilayer plastic waste, rubber waste is also hard to decompose because it is a non-organic waste resistant to water, soil, and chemical compounds. Ceramic waste can be used as a mix for paving blocks due to its durability and strength, and it helps reduce the volume of waste being disposed of. This research aims to see the suitability of the visible properties of paving blocks from these three wastes with SNI 03-0691-1996 concerning Concrete Bricks (Paving Blocks) and the amount of waste reduction potential. Making paving blocks uses 8 (eight) compositions, namely Ceramic Waste (LKK): Multilayer Plastic Waste (LPM) at 20%:80%, 30%:70%, 40%:60% and 0%:100%. Then Ceramic Waste (LKK): Multilayer Plastic Waste (LPM): and Rubber Waste (LKT) at 20%:60%:20%, 30%:50%:20%, 40%:40%:20%, and 50%:30%:20%. The visible properties of paving blocks that comply with SNI 03-0691-1996 are only found in some samples. Non-compliance with SNI can be caused by several things, including varying composition amounts, mixing

materials (homogenization) and paving block printing. Based on the results of making paving blocks with 8 (eight) different compositions, there are 3 (three) compositions whose properties appear to be by SNI 03-0691-1996, namely at a composition of 20% LKK: 80% LPM, 100% LPM, and 20 % LKT: 60% LPM: 20% LKK. The amount of waste reduction from these three wastes ranges from 167.6 kg to 768 kg.

Keywords: waste, plastic, ceramic, rubber, paving block.

1. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa jenis sampah plastik seperti Polyethylene Terephthalate (PET), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polivinyll Chlorida* (PVC), dan Polistiren (PS) telah dilakukan pengelolaan seperti pendaur ulangan sampah plastik tersebut menjadi bahan bakar, biji plastik, dan barang-barang yang bernilai ekonomi (Riyandini et al., 2022), tetapi hal tersebut belum berlaku untuk sampah plastik multilayer. Sampah plastik multilayer adalah sampah plastik yang banyak beredar di masyarakat dan biasa digunakan untuk kemasan makanan. Lapisan plastik multilayer memiliki penyusun yang berbeda seperti silikon, besi, tembaga, mangan, seng, dan aluminium (Riyandini et al., 2021). Plastik multilayer terdiri dari beberapa komponen, seperti LDPE, PP, bahan perekat, dan aluminium foil. Sampah plastik multilayer memiliki lebih dari satu jenis polimer dan terdapat 3 – 4 lapisan yang terdiri dari lapisan paling plastik tipis berwarna bening, lapisan aluminium foil, lapisan gambar dan lapisan kertas yang dilaminasi (Wahyudi et al., 2018). Lapisan aluminium foil memiliki kekuatan dan daya tahan yang tinggi, dapat menahan oksigen mempertahankan aroma, rasa dan warna dari sinar matahari, sifat lapisan plastik sendiri tahan terhadap kimia dan kelembaban (Selpiana, 2012). Dari beberapa lapis komponen penyusun tersebut mengakibatkan sampah plastik multilayer sulit terurai, sehingga pengelolaan sampah plastik multilayer masih minim dilakukan. Penggunaan limbah plastik multilayer sangat menguntungkan karena dapat melindungi produk yang sangat baik dan lebih mudah bagi produsen membuat inovasi terhadap produknya. Namun, limbah plastik multilayer ini memiliki sifat yang sangat sulit terurai. Limbah plastik jenis multilayer yang sulit didaur ulang ini mengakibatkan para pengusaha daur ulang memilih untuk tidak menggunakan sampah jenis ini. Rendahnya angka industri daur ulang limbah plastik multilayer ini menyebabkan sampah jenis ini tidak diterima di bank sampah dan terjadinya penumpukan jenis limbah plastik multilayer tersebut.

Jenis limbah yang tidak mudah terurai selain limbah plastik multilayer adalah limbah karet dikarenakan tergolong dalam sampah non-organik yang sulit larut dalam air maupun tanah dan tahan terhadap senyawa kimia fisika. Produksi sepatu yang terus meningkat menyebabkan jumlah limbah atau sisa pembuatan sepatu juga sangat tinggi, tetapi limbah tersebut selama ini masih belum ada tindakan secara signifikan, limbah hanya ditumpuk di lokasi pabrik. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan dalam memanfaatkan limbah karet sepatu ini adalah sebagai bahan campuran pembuatan paving block. Selain limbah plastik multilayer dan limbah karet alas sepatu, komposisi lainnya yang penting adalah agregat sebagai pemberat paving block. Pada penelitian ini akan digunakan agregat berupa limbah keramik yang disaring menggunakan ayakan.

Beberapa penelitian terkait pemanfaatan limbah keramik telah dilakukan, seperti penelitian pemanfaatan limbah keramik menjadi paving block yang menyatakan bahwa penggunaan limbah keramik dengan kadar 12% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 43,5 MPa pada umur paving 28 hari terbukti dapat digunakan untuk pembuatan paving block (Wulandari & Dewi, 2019; Wulandari & Sarasanty, 2022). Penelitian lain menyatakan bahwa penggunaan limbah keramik dengan kadar 9% dengan penambahan *fly ash* 5% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 37 MPa pada umur paving 28 hari terbukti dapat digunakan untuk pembuatan paving block (Karimah & Rusdianto, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk melihat kesesuaian sifat tampak paving block dari ketiga limbah tersebut dengan SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (Paving Block) serta jumlah potensi reduksi limbahnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan terdiri dari pencacahan limbah plastik multilayer (LPM) dan limbah karet alas sepatu (LKT) sebanyak 810 kg dengan mesin pencacah untuk mendapatkan ukuran yang seragam yaitu $\pm 2 - 5$ cm (Riyandini et al., 2021). Selanjutnya limbah keramik sanitary (LKK) sebanyak 350 kg yang masih berbentuk gumpalan dihaluskan dengan cara ditumbuk agar mendapatkan bentuk dan ukuran yang lebih halus, kemudian limbah keramik sanitary diayak dengan ayakan no. 200 (Mulyati & Putra, 2021). Pengayakan tersebut dilakukan untuk menyesuaikan gradasi limbah keramik sanitary agar meminimalisir munculnya rongga terhadap paving block yang akan dibuat. Pembuatan paving block direncanakan menggunakan beberapa komposisi yaitu:

1. 20% LKK: 80% LPM
2. 30% LKK: 70% LPM
3. 40% LKK: 60% LPM
4. 100% LPM
5. 20% LKT: 60% LPM: 20% LKK
6. 30% LKT: 50% LPM: 20% LKK
7. 40% LKT: 40% LPM: 20% LKK
8. 50% LKT: 30% LPM: 20% LKK



Limbah keramik (LKK)



Limbah plastik multilayer (LPM)



Limbah karet (LKT)

Gambar-1. Limbah yang akan digunakan untuk paving block

2.2 Proses Pembuatan

1. Limbah plastik multilayer dan limbah karet alas sepatu yang telah dicacah dilakukan pelelehan untuk mencampurkan bahan tersebut hingga terhomogenisasi. Plastik multilayer yang terdiri dari lapisan aluminium akan meleleh pada suhu 450°C (Kadir, 2012), sehingga proses pelelehan sampah plastik multilayer pada penelitian ini menggunakan suhu 450°C selama 2 jam (Riyandini *et al.*, 2021) sampai sampah plastik multilayer berubah menjadi cair.
2. Pencampuran limbah keramik yang telah dihaluskan kedalam limbah plastik multilayer dan limbah karet alas sepatu yang telah dilelehkan. Adapun limbah keramik sanitary yang tertahan pada saringan no. 200 digunakan sebagai lapisan dasar pada alat cetak.
3. Bahan-bahan yang telah tercampur selanjutnya dicetak pada cetakan kubus berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm yang telah dilapisi dengan oli untuk selanjutnya dilakukan proses pemadatan dengan mesin hidrolik.



Gambar-2. Proses pencetakan dan pemadatan paving block

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Paving block dapat terbuat dari limbah plastik multilayer, keramik dan karet karena ketiga limbah tersebut memiliki karakteristik yang mirip dengan pasir dan semen. Limbah pertama yang digunakan adalah plastik multilayer. Plastik multilayer dilihat berdasarkan karakteristik fisiknya, terdiri dari berbagai senyawa plastik polimer atau plastik dengan material lain (Soares *et al.*, 2022). Limbah kedua yang digunakan sebagai campuran pengganti agregat halus yaitu keramik sanitary. Penambahan limbah keramik pada pembuatan paving block yang mengandung kapur dapat berfungsi sebagai pendukung abu terbang yang juga berfungsi sebagai pozolan pengganti semen, namun fungsi utama kapur adalah plastis, dapat mengeras dan memberikan kekuatan mengikat, menghasilkan daya rekat yang bagus (Alfiansyah, 2017).

Limbah terakhir sebagai campuran yaitu limbah karet dari alas sepatu. Bahan baku sepatu yang terbuat dari bijih karet, bijih plastik dicampur dengan lem perekat, kulit sintetis dan benang. Benang yang digunakan umumnya seperti polyester, rayon atau nilon (Fernandez & Khatulistiani, 2021). Berdasarkan bahan penyusun yang terdiri dari karet alam dan sintetis, dimana dari segi kualitas, karet tahan cuaca dan air, dan mencerminkan stabilitas yang cukup, sangat tahan, dan menunjukkan tingkat fleksibilitas yang tinggi dan karet memiliki sifat menyerap getaran yang sehingga memberikan kenyamanan saat dipakai (Azizah *et al.*, 2016).

2.3 Berat Limbah Keramik, Plastik Multilayer dan Karet

Limbah yang digunakan untuk membuat paving block sebelumnya ditimbang terlebih dulu sebagai acuan pada perhitungan limbah yang dapat direduksi dalam waktu satu bulan produksi paving block. Berikut adalah berat masing-masing limbah yang digunakan untuk pembuatan paving block berdasarkan komposisinya.





Tabel-1. Berat limbah berdasarkan komposisinya





Sampel	Komposisi	Berat		
		Limbah Keramik (kg)	Limbah Plastik Multilayer (kg)	Limbah Karet (kg)
1	20% LKK: 80% LPM	0,24	0,96	-
2	30% LKK: 70% LPM	0,42	0,98	-
3	40% LKK: 60% LPM	0,56	0,84	-
4	100% LPM	-	1,1	-
5	20% LKT: 60% LPM: 20% LKK	0,28	0,84	0,28
6	30% LKT: 50% LPM: 20% LKK	0,45	0,75	0,3
7	40% LKT: 40% LPM: 20% LKK	0,6	0,6	0,3
8	50% LKT: 30% LPM: 20% LKK	0,75	0,45	0,3

2.4 Sifat Tampak Paving Block

Pengamatan dilakukan pada delapan sampel uji yang dibuat dengan komposisi berbeda. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, pemeriksaan sifat tampak pada paving block terdiri dari bidang permukaan yang rata, tidak terdapat retak dan cacat, serta bagian sudut tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari. Berikut adalah hasil paving block berdasarkan komposisinya.

Tabel-2. Hasil paving block berdasarkan komposisi

Sampel	Komposisi	Hasil	Sampel	Komposisi	Hasil
1	20% LKK: 80% LPM		5	20% LKT: 60% LPM: 20% LKK	
2	30% LKK: 70% LPM		6	30% LKT: 50% LPM: 20% LKK	

Sampel	Komposisi	Hasil	Sampel	Komposisi	Hasil
3	40% LKK: 60% LPM		7	40% LKT: 40% LPM: 20% LKK	
4	100% LPM		8	50% LKT: 30% LPM: 20% LKK	

Komposisi yang berbeda akan menghasilkan sifat tampak yang berbeda juga. Berdasarkan hasil pada Tabel 1, maka dapat dilihat sifat tampak dari delapan sampel paving block yang telah dibuat.

Tabel-3. Sifat tampak paving block berdasarkan komposisi

Sampel	Bidang permukaan rata	Tidak terdapat retak dan cacat	Bagian sudut tidak mudah diserpihkan dengan kekuatan jari
1	√	√	√
2	-	-	√
3	-	-	√
4	√	√	√
5	√	√	√
6	-	-	√
7	-	-	√
8	-	-	√

Paving block yang memiliki sifat tampak sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yaitu paving block yang mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, serta bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Sifat tampak paving block yang sesuai dengan SNI hanya terdapat pada sampel 1, 4, dan 5. Ketidaksesuaian dengan SNI tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya jumlah komposisi yang beragam, proses pencampuran bahan (homogenisasi) serta proses pencetakan paving block. Perbedaan komposisi pada bahan pembentuk paving block menyebabkan perbedaan sifat tampaknya. Kondisi ini dapat terlihat pada sifat tampak paving block dengan komposisi 30% limbah keramik: 70% limbah plastik multilayer dan 40% limbah keramik: 60% limbah plastik multilayer yang mana bidang permukaannya tidak rata serta bertekstur. Jika dibandingkan dengan sifat tampak pada paving block dengan komposisi 20% limbah keramik: 80% limbah plastik multilayer, bidang permukaannya lebih rata serta tidak terdapat retak dan cacat. Hal ini dapat terjadi karena pada paving block dengan komposisi limbah keramik yang lebih besar akan menimbulkan tekstur yang kasar di permukaan paving block.

Faktor lain yang mempengaruhi ketidaksesuaian sifat tampak dengan SNI yaitu proses homogenisasi bahan-bahan campuran ketika pembuatan paving block terutama untuk komposisi yang terdiri dari limbah keramik, plastik multilayer dan karet. Ketiga komposisi tersebut memiliki karakteristik fisika dan kimia yang berbeda sehingga saat proses pencampuran terdapat kesulitan untuk bisa tercampur merata (homogen). Hal ini dapat terlihat pada Tabel 2, dimana komposisi yang lebih beragam memiliki sifat tampak yang paling tidak sesuai dengan SNI.

2.5 Potensi Reduksi Limbah

Limbah yang bisa direduksi dari pembuatan paving block ini yaitu limbah keramik, plastik multilayer dan karet. Jumlah reduksi limbah-limbah tersebut sangat tergantung dari komposisi yang mau digunakan, proses pembuatan dengan mesin atau manual serta jumlah orang yang membuatnya. Berdasarkan Undang-Undang

Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan pasal 77-85, waktu kerja ditentukan selama 8 jam untuk 5 hari kerja. Pada perhitungan potensi reduksi limbah ini, diasumsikan jumlah pekerja hanya 3 orang, sehingga dalam 1 (satu) bulan atau 20 hari kerja dapat dihasilkan 698 paving block. Berikut adalah rincian berat limbah keramik, limbah plastik multilayer, dan limbah karet yang dapat direduksi.

Tabel-4. Berat limbah yang dapat direduksi berdasarkan komposisi

Sampel	Komposisi	Berat yang dapat direduksi		
		Limbah Keramik (kg)	Limbah Plastik Multilayer (kg)	Limbah Karet (kg)
1	20% LKK: 80% LPM	167,56	670,25	-
2	30% LKK: 70% LPM	293,24	684,22	-
3	40% LKK: 60% LPM	390,98	586,47	-
4	100% LPM	-	768,00	-
5	20% LKT: 60% LPM: 20% LKK	195,49	586,47	195,49
6	30% LKT: 50% LPM: 20% LKK	314,18	523,64	209,45
7	40% LKT: 40% LPM: 20% LKK	418,91	418,91	209,45
8	50% LKT: 30% LPM: 20% LKK	523,64	314,18	209,45

4. KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah plastik multilayer, keramik sanitary dan karet alas sepatu menjadi paving block dapat dilakukan karena adanya karakteristik pada ketiga limbah tersebut yang serupa dengan bahan penyusun asli paving block yaitu pasir dan semen. Berdasarkan hasil pembuatan paving block dengan 8 (delapan) komposisi yang berbeda, hanya terdapat 3 (tiga) komposisi yang hasilnya sifat tampaknya sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yaitu pada komposisi 20% LKK: 80% LPM, 100% LPM, dan 20% LKT: 60% LPM: 20% LKK. Jumlah reduksi sampah dari ketiga limbah tersebut berkisar antara 167,6 kg sampai 768 kg, dimana komposisi yang paling direkomendasikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah 20% LKT: 60% LPM: 20% LKK karena syarat sifat tampaknya sudah sesuai dengan SNI serta reduksi limbah plastik multilayernya paling banyak untuk campuran tiga komposisi.

SARAN

Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian paving block terhadap kuat tekan, penyerapan air, natrium sulfat serta ketahanan aus untuk melihat kesesuaian paving block tersebut dengan SNI 03-0691-1996.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak yang mensponsori pelaksanaan penelitian ini, khususnya Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Singaperbangsa Karawang, serta Bank Sampah Warisan Alam Bandung dan seluruh pihak yang turut berkontribusi dalam terselenggaranya kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiansyah, A. (2017). Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Paving Block Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang Dan Lumpur Lapindo. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil (REKATS)*, 1(1), 412–423.
- Azizah, I. N., Sari, N. P., & Maryudi, M. (2016). Pengaruh Panjang Kolom Distilasi Bahan Isian Terhadap Hasil Produk Cair Sampah Plastik. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 21–27. <https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4563>
- Fernandez, M. G. O., & Khatulistiani, U. (2021). Pemanfaatan Limbah Sandal Karet Sebagai Material Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(1), 041. <https://doi.org/10.30742/axial.v9i1.1701>
- Kadir, K. (2012). Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 223–228.
- Karimah, R., & Rusdianto, Y. (2021). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan. *Media Teknik Sipil*, 19(1), 17–23. <https://doi.org/10.22219/jmts.v19i1.15386>
- Mulyati, M., & Putra, E. H. (2021). Pengaruh Penggunaan Limbah Keramik, Serbuk Arang Briket Dan

- Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Ensiklopedia of Journal*, 3(2), 219–228. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Riyandini, V. L., Fitriada, W., & Jerry, J. (2022). Pengaruh Penambahan Maleat Anhidrida (MAH) Terhadap Sifat Fisik Papan Polimer Sampah Plastik Multilayer Dan HDPE. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(1), 40–51. <https://doi.org/10.20527/jukung.v8i1.13033>
- Riyandini, V. L., Fitriada, W., & Sawir, H. (2021). Pengaruh Komposisi Plastik Multilayer Dan Plastik Hdpe Terhadap Sifat Fisik Papan Polimer. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(2), 156. <https://doi.org/10.36275/stsp.v21i2.385>
- Selpiana, P. (2012). Pemanfaatan Limbah Plastik Berlapis Aluminium (Multilayer) dengan Metode Solvasi. *Seminar Nasional Avoer XI*.
- Soares, C. T. de M., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., & Karlsson, S. (2022). Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 176(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105905>
- Wahyudi, H., Damanhuri, E., & Tomo, H. S. (2018). *Proses Pemulihan Sampah Plastik Multilayer Pada Variasi Temperatur dan Dosis Katalis Zeolit Alam*. 41–47. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31227/osf.io/n2fmv>
- Wulandari, R., & Dewi, P. R. (2019). Penerapan green economy pada industri kreatif. *Jurnal Riset Industri*, 1(1), 35–42.
- Wulandari, K., & Sarasanty, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton Mutu Tinggi. *Seminar Nasional Fakultas Teknik*, 1(1), 354–359. <https://doi.org/10.36815/semastek.v1i1.60>