

## **Green Concrete: Residu Pembakaran Sampah Plastik Dan Tekstil Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus pada Campuran Beton**

**Viktor Suryan\*, Virma Septiani, Meta Amalia Nurfitri, Direstu Amalia,  
Evandri Silitonga, Putu Wisnu Ardia Chandra, Adha Febriansyah**

Politeknik Penerbangan Palembang

\*Correspondence: viktor@poltekbangplg.ac.id

**Abstrak.** Infrastruktur meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk. Kebutuhan bahan bangunan dari industri konstruksi juga meningkat. Bahan bangunan seperti agregat halus berasal dari alam seperti pasir. Penelitian ini bertujuan untuk mengganti sebagian agregat halus dari alam dalam campuran beton menggunakan residu pembakaran sampah plastik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 24 buah dengan persentase penggantian 0, 5, 10, dan 20% residu. Hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan beton rata-rata untuk penggantian 0, 5, 10 dan 20% adalah 23,77; 23,15; 19,47; 17,77 Mpa. Pada penggantian 5% agregat halus persentase kuat beton mencapai 97,4% terhadap beton normal. Sehingga dapat disimpulkan terdapat pengaruh kuat beton terhadap penggantian sebagian agregat halus dengan residu hasil pembakaran sampah plastik dan tekstil.

**Kata Kunci:** *green concrete*; residu sampah, agregat halus; campuran beton.

**Abstract.** Infrastructures are increasing as the population grows. The demand for building materials from the construction industry is also improving. Building materials like fine aggregates come from nature, such as sand. This research aims to partially replace natural fine aggregates in concrete mixes using plastic waste combustion residues. This research uses an experimental method with a quantitative approach. The test specimens used in this study were 24 pieces with a replacement percentage of 0, 5, 10, and 20% residue. The results of this study show that the average concrete strength for replacement of 0, 5, 10, and 20% is 23.77; 23.15; 19.47; 17.77 Mpa. At 5% replacement of fine aggregate, the percentage of concrete strength reached 97.4% of normal concretes. It can be concluded that concrete strength affects the partial replacement of fine aggregates with residues from the combustion of plastic and textile waste.

**Keywords:** *green concrete*; waste residue; fine aggregate; concrete mix.

### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan infrastruktur terus meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk. Penggunaan bahan bangunan yang bersumber dari alam akan terus tergerus dengan adanya kebutuhan infrastruktur. Penggunaan sampah plastik sebagai pengganti sebagian dari agregat halus dalam campuran beton telah menjadi topik penelitian yang menarik perhatian dalam beberapa tahun terakhir. Beberapa studi ilmiah telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggantian residu pembakaran sampah plastik pada sifat-sifat beton, termasuk kekuatan, kekakuan, permeabilitas, dan daya tahan terhadap korosi.

Beberapa studi penelitian yang dilakukan oleh (Putri et al. (2018) memanfaatkan limbah abu sisa pembakaran sampah non organik sebagai material pengganti pasir pada bata beton pejal dan substitusi karbit serta penambahan serat limbah kain pada kuat tekan beton (Winarno, 2021). Masril (2021) menganalisis pengaruh penambahan agregat limbah plastik (Polyethylene Terephthalate) terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini dilatarbelakangi masalah lingkungan dan persebaran sampah plastik yang susah terkontaminasi dengan tanah di daerah perkotaan maupun pedesaan. Hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin besar presentase limbah plastic yang dipakai campuran beton akan membuat peningkatan kuat tekan dan mutu beton yang dihasilkan (Masril, 2021). Handayasari (2017) melakukan studi alternatif bahan konstruksi ramah lingkungan dengan pemanfaatan limbah plastik kemasan air mineral pada campuran beton. Tujuan penelitian ini agar limbah sampah yang dihasilkan dapat didayagunakan kembali secara maksimal untuk meminimalisir kerusakan lingkungan.

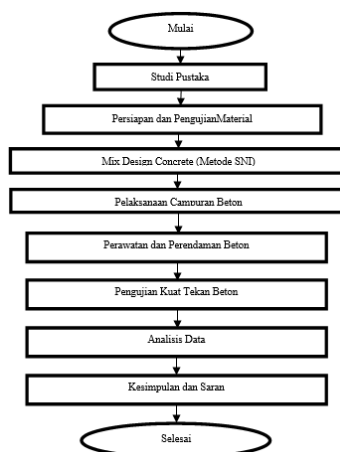
Selain pada beton Erdin et al. (2021) menganalisis kualitas paving block dengan menggunakan limbah plastik polypropylene terhadap kuat tekan. Hasil penelitian ini diperoleh nilai kuat tekan maksimum terdapat pada campuran 30% plastic dan 70% agregat halus senilai 16,11 Mpa dan cocok digunakan untuk pejalan kaki menurut SNI 03-0691,1996). Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Pamungkas, 2011) mengemukakan pengaruh penambahan serat botol plastic sebagai bahan tambah pembuatan beton ringan seluler (CLC). Penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan limbah botol plastic dan mengetahui sifat mekanis beton setelah dilakukan pencampuran variative serat botol plastic. Astuti et al. (2022) mengemukakan pengaruh penambahan limbah jenis LDPE dan PET dengan presentase limbah 15% sebagai bahan campuran beton Paving Block dengan metode Eco-Brick. Peneliti memanfaatkan limbah plastic jenis LDPE (Low Density Polythylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate) sebagai bahan pengganti agregat halus dengan tujuan mengetahui daya tahan beton paving block terhadap kuat tekan yang dihasilkan dengan presentase yaitu 15% limbah plastic terhadap jumlah berat pasir pada umur beton 14 dan 28 hari. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil dimana penambahan limbah plastic LDPE dan PET pada campuran beton paving block menghasilkan penurunan pada kuat tekan beton. Semakin banyak komposisi limbah plastic yang digunakan maka semakin tinggi kuat tekannya namun jumlah split yang banyak terkandung dalam beton akan mempengaruhi penurunan kuat tekannya beton tersebut. Adapun presentase optimal terhadap campuran plastic LDPE dan PET terdapat pada variasi Tipe I (1 Pc : 1,5 Psr : 4 split) dengan PP-15% di umur beton 28 hari yang dapat menghasilkan kuat tekan 21,11 Mpa dengan daya serap air 3,49% yang masuk kedalam mutu (Astuti et al., 2022). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian residu pembakaran sampah plastik dan tekstil sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton.

## METODE

Penelitian ini telah dilakukan studi laboratorium dengan metode eksperimen yang dilakukan dengan cara membandingkan beton normal dengan mutu beton  $f'c$  20 MPa sebagai kontrol dengan beton eksperimen. Kemudian dianalisis menggunakan uji asumsi klasik dan hipotesis. Data yang didapat dari penelitian ini berupa data primer dari hasil pengujian laboratorium.

1. Adapun metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
2. Tinjauan studi pustaka dan tinjauan pada penelitian sebelumnya.
3. Persiapan material yang digunakan pada penelitian ini.
4. Pengujian material.
5. Menentukan mix design concrete dengan Metode SNI.
6. Pelaksanaan campuran beton.
7. Perawatan dan Perendaman beton.
8. Pengujian kuat tekan beton.
9. Analisis data.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Sumber: Data Olahan (2023)

## HASIL

### Residu Sampah Tekstil

Sampah tekstil yang digunakan berupa kain perca dan pakaian bekas dikeringkan dengan cara menjemur dibawah sinar matahari selama kurang lebih 3 hari dan dilanjutkan proses pembakaran sampah, sampai mendapatkan residu sampah tekstil. Material residu sampah tekstil dihaluskan dan dilakukan penyaringan, dengan menggunakan saringan no.10 dan tertahan saringan no. 40.



**Gambar 2.** Pembakaran dan Hasil Residu Sampah Tekstil

Sumber: Data Olahan (2023)

### Residu Sampah Plastik

Sampah plastik yang digunakan di dominasi sampah botol-botol minuman dikeringkan secara manual dengan proses menjemur dibawah sinar matahari selama 2 hari dan dilanjutkan proses pembakaran sampai menghasilkan residu sampah plastik. Material sampah plastik dihasilkan dengan cara manual di tumbuk dan kemduain disaring dengan menggunakan saringan no. 10 dan tertahan saringan no. 40.



**Gambar 3.** Pembakaran dan Hasil Residu Sampah Plastik

Sumber: Data Olahan (2023)

## Agregat

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alami yang telah dilakukan pengujian berupa, test berat jenis pasir pada kondisi SSD, test kadar lumpur dan analisa saringan untuk susunan butir agregat halus pada perencanaan campuran beton atau Mix Design Concrete. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini merupakan batu pecah dengan ukuran agregat maksimum yang ditetapkan sebesar 40 mm. Pengujian agregat halus pada penelitian ini terdiri dari: test berat jenis pasir pada kondisi SSD diperoleh hasil sebesar 2,594. Hasil tersebut memenuhi acuan SNI-03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Test kadar lumpur yang terkandung dalam pasir diperoleh hasil sebesar 0,024%. Pengujian Analisa saringan untuk susunan butir agregat halus didapatkan gradasi no. 4. Pengujian agregat kasar pada penelitian ini berupa test agregat kasar kondisi SSD diperoleh hasil sebesar 2,66. Hasil tersebut memenuhi acuan SIN-03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Test kebersihan batu pecah terhadap kadar lumpur didapatkan sebesar 0,063%. Test keausan batu pecah didapatkan hasil sebesar 3,760%.

Pengujian analisa saringan terhadap residu sampah yang digunakan pada penelitian ini didapatkan gradasi no.4 untuk residu sampah tekstil dan juga residu sampah plastik sehingga gradasi butiran sama dengan gradasi agregat halus berupa pasir alami.

### Pembuatan Campuran Beton

Pelaksanaan pembuatan campuran beton dilakukan berdasarkan analisa agregat dan semen yang didapatkan dari pengujian material, kemudian dilakukan modifikasi campuran beton normal dengan cara mensubstitusi sebagian agregat halus dan fly ash dengan residu sampah tekstil dan residu sampah plastik. Daftar isian perencanaan campuran beton modifikasi 5%, 10% dan 15% (terlampir 2). Pada penelitian ini benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 150 x 150 x 150 mm.



**Gambar 4.** Benda Uji berbentuk Kubus

Sumber: Data Olahan (2023)

### Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada pengujian kuat tekan beton memiliki tujuan untuk menentukan kuat tekan beton (*compressive strength*) dengan benda uji berbentuk kubus, pengujian ini dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili campuran sebagai pengendali mutu. Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan mengambil umur beton 7 hari dan 28 hari dengan perbandingan kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton modifikasi residu sampah yang memiliki variasi campuran 5%, 10% dan 20%.

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan beton modifikasi umur 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari

No.	Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
1		7,76	14,74	
2	Beton Normal (0%)	7,86	14,80	13,57
3		7,98	11,18	
4		7,62	13,88	
5	Residu Sampah 5%	7,62	14,36	14,29
6		7,76	14,65	
7		7,44	10,09	
8	Residu Sampah 10%	7,62	9,14	9,55
9		7,60	9,42	
10		7,28	8,87	
11	Residu Sampah 20%	7,50	8,57	8,73
12		7,30	8,73	

Sumber: Data Olahan (2023)

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

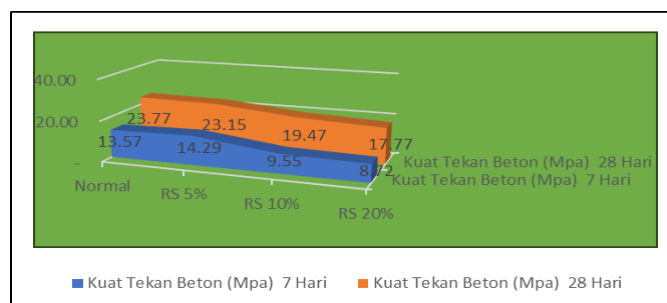
No.	Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
1		7,76	26,71	
2	Beton Normal (0%)	7,96	27,43	23,77
3		7,70	17,15	
4		7,46	22,02	
5	Residu Sampah 5%	7,92	25,20	23,15
6		7,76	22,22	
7		7,64	20,54	
8	Residu Sampah 10%	7,24	17,00	19,47
9		7,58	20,85	
10		7,38	18,98	
11	Residu Sampah 20%	7,58	18,33	17,77
12		7,14	16,01	

Sumber: Data Olahan (2023)

### Pembahasan

Dewi and Purnomo (2016) meneliti tentang pengaruh tambahan limbah plastic HDPE (High Density Polyethylene) terhadap kuat tekan beton pada mutu K-125. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh limbah plastic sebagai tambahan pada variasi campuran beton terhadap kuat tekan pada mutu beton K-125. Hal hasil penambahan limbah plastic HDPE dengan presentase yang tinggi kisaran 10% - 15% justru dapat merusak kualitas beton, sehingga presentase yang disarankan penambahan limbah plastic maksimal 5%. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Basri and Zaki, 2019) tentang pengaruh limbah plastic botol (leleh) sebagai material tambah terhadap kuat lentur beton. Penelitian ini dilakukan dengan penambahan bahan polimer alternatif seperti PET (Limbah Botol Plastik) dengan variasi presentasi campuran 0%, 2%, 3% dan 5% dari masa semen. Hasil penelitian penambahan limbah botol plastic PET untuk campuran beton dapat mengurangi tingkat kelenturan dari beton tersebut dilihat dari presentase 3% untuk penambahan material PET yang mampu menurunkan mutu betonnya dari 53,93 kg/cm<sup>2</sup> (0%) turun menjadi 45,09 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada penelitian ini Penambahan residu sampah dengan kadar 5% masih memasuki kriteria mutu beton normal dengan  $f'c$  20 MPa. Untuk kadar residu sampah 10% dan 20% mutu beton mengalami penurunan yang signifikan sehingga perlu kajian ulang untuk persentasi residu sampah diatas 10% sampai 20%.



**Gambar 5.** Kuat tekan beton rata-rata (Umur 7 dan 28 Hari)

Sumber: Data Olahan (2023)

Pada penelitian ini hasil pengujian slump untuk beton normal didapatkan hasil sebesar 8,7 cm. Untuk beton modifikasi dengan variasi campuran residu sampah 5% sebesar 8 cm, untuk residu sampah 10% sebesar 11 cm dan untuk residu 20% sebesar 10 cm. Pengujian slump yang dilakukan telah memenuhi acuan SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian Slump Beton Semen Portland. Maka hasil rata-rata pengujian slump pada penelitian ini sebesar 9,4 cm. Setiawan (2017) memanfaatkan limbah spanduk plastic sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan sifat mekanik dari beton yang memiliki tambahan bahan serat limbah spanduk plastik. Sifat mekanik yang diujikan berasal dari kuat tekan beton dan kadar slump pada beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. setiap campuran beton akan diberikan tambahan serat limbah plastic dengan presentase sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 1% dan 2%. Hasil penelitiannya menunjukkan penurunan nilai slump Ketika presentase serat dalam campuran ditambahkan, sedangkan pada penambahan 0,5% serat limbah spanduk plastic akan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 4,95% dibandingkan beton tanpa penambahan serat (Setiawan, 2017).

Untuk melihat data yang didapatkan terdistribusi normal dari penggantian sebagian agregat halus dengan residu sampah plastik dan tekstil disajikan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Unstandardized Residual
N		12
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	.0000000
	Std. Deviation	2.91080885
Most Extreme Differences	Absolute	.219
	Positive	.110
	Negative	-.219
Test Statistic		.219

Asymp. Sig. (2-tailed) .116<sup>c</sup>  
 a. Test distribution is Normal.  
 b. Calculated from data.  
 c. Lilliefors Significance Correction.

Pada uji normalitas didapatkan nilai signifikan  $0,116 > 0,05$  sehingga dapat disimpulkan data terdistribusi normal. Untuk melihat adanya faktor-faktor lain yang berpengaruh atau gejala heteroskedastisitas maka dilakukan uji heteroskedistisitas pada tabel 4. Pada pengujian ini didapatkan nilai signifikan  $0,134 > 0,05$  maka tidak terjadi gejala heteroskedastisitas.

**Tabel 4.** Uji Heteroskedastisitas

Model		Coefficients <sup>a</sup>			t	Sig.
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.058	.839		3.646	.004
	PROSENTASE	-.119	.073	-.458	-1.630	.134

a. Dependent Variable: ABS\_RES

Sumber: Data Olahan (2023)

Pada pengujian (tabel 5) linieritas didapat nilai signifikan  $0,733 > 0,05$  maka terdapat linieritas antara penggantian residu sampah dengan kuat tekan beton. Pada pengujian hipotesis (tabel 6),  $H_0$  : tidak dapat perbedaan hasil prosentase penggantian pada agregat halus terhadap kuat beton dan  $H_a$  : terdapat perbedaan hasil prosentase penggantian agregat halus terhadap kuat beton. Pada pengujian hipotesis didapatkan nilai signifikan  $0,022 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak, maka  $H_a$  diterima. Dari hasil diatas dapat disimpulkan terdapat perbedaan hasil prosentase penggantian agregat halus terhadap kuat beton.

**Tabel 5.** Uji Linieritas

**ANOVA Table**

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
KUAT BETON * PROSENTASE	Between	(Combined)	75.035	3	25.012	2.320	.152
	Groups	Linearity	68.067	1	68.067	6.315	.036
		Deviation from Linearity	6.968	2	3.484	.323	.733
	Within Groups		86.233	8	10.779		
Total			161.268	11			

Sumber: Data Olahan (2023)

**Tabel 6.** Uji Hipotesis (Uji T)

Model		Coefficients <sup>a</sup>			t	Sig.
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	23.855	1.365		17.472	.000
	PROSENTASE	-.322	.119	-.650	-2.702	.022

a. Dependent Variable: KUAT BETON

Sumber: Data Olahan (2023)

Suwarno and Sudarmono (2015) juga mengkaji penggunaan limbah plastik sebagai campuran agregat beton. kekuatan tekan beton akan semakin mengalami penurunan dengan tingginya presentasi plastik yang ditambahkan, kekuatan Tarik beton kian bertambah seiring penambahan plastic hitam pada campuran yang sama dengan semen, pasir dan splitnya serta penambahan plastic ini dapat mengurangi berat elemen kontruksi yang berdampak ringannya benda uji atau bangunan yang dikonstruksikan (Suwarno and Sudarmono, 2015). Husaini (2015) menggunakan limbah botol plastic jenis PET yang tertahan pada saringan 9,52 mm dan di substitusikan dengan volume agregat kasar pada beton normal dengan tambahan silika fume dengan kadar SiO<sub>2</sub> yang dapat menggantikan semen. Komposisi campurannya adalah 25%, 50% dan 75% dengan silika fume sebagai variasi dalam campuran beton. Hasil penelitiannya menunjukkan kuat tekan beton normal lebih besar daripada kuat tekan beton yang disubstitusikan dengan limbah botol PET dengan berbagai variasi campuran.

Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kathe et al. (2015) mengenai green concrete menggunakan sampah plastic untuk mengurangi limbah plastic dengan memanfaatkannya sebagai media pengganti agregat halus dalam beton. Penelitian ini menekankan penggunaan limbah plastic jenis Polivinil Clorida (PVC), Polipropilen (PP) dan Polietilen untuk menggantikan pasir dalam beton dengan variasi campuran aluminium yang berfungsi meminimalkan berat beton sehingga menjadi lebih ringan. Dengan penggunaan plastic dalam campuran beton mampu melawan kelangkaan pasir alam yang terjadi di India dan mengurangi limbah sampah plastik yang tersebar di negara tersebut. Adapun hasil pengujian yang dilakukan pada periode 7 hari dan 28 hari dengan variasi campuran plastic 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% pada beton, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penggunaan plastik pada beton akan membuat kuat tekan beton menjadi berkurang (Kathe et al., 2015).

Pada sampah berbahan tekstil, (Dhana *et al.*, 2018) mengenai Analisa pengaruh penggunaan limbah kain jeans sebagai serat terhadap kuat lentur beton. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan dan mengurangi limbah yang dihasilkan manusia, terutama limbah kain dari bisnis konveksi sebagai media variative campuran beton pengganti agregat halus. hasil penelitian tersebut dimana penggunaan kain jeans pada campuran beton variative 0,1%, 0,2%, 0,8% dan 0,9% dari berat beton berdampak pada nilai kuat lentur yang mengalami penurunan signifikan yaitu 1,91 Mpa, 2,15 Mpa, 1,81 Mpa, 1,44 Mpa. (Handayasari, 2017) meneliti limbah plastik kemasan air mineral sebagai bahan pengganti agregat halus pembuatan beton. Adapun komposisi presentase cacahan limbah plastik untuk campuran beton adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Dari hasil penelitian tersebut penambahan 5% limbah kemasan air mineral mampu meningkatkan karakteristik beton sehingga kualitasnya membaik bahkan lebih baik dari beton konvensional.

## SIMPULAN

Pada penelitian ini penambahan residu sampah dengan kadar 5% masih memasuki kriteria mutu beton normal dengan  $f'c$  20 Mpa. Untuk kadar residu sampah 10% dan 20% mutu beton mengalami penurunan yang signifikan sehingga perlu kajian ulang untuk persentasi residu sampah diatas 10% sampai 20%. Hasil kuat tekan beton rata-rata pada pengujian umur 28 hari untuk penggantian 0, 5, 10 dan 20% adalah 23,77; 23,15; 19,47 dan 17,77 Mpa. Berdasarkan uji asumsi klasik didapatkan kesimpulan terdapat perbedaan nilai antara persentase penggantian residu sampah pada agregat halus terhadap uji kuat beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- ADDIN Mendeley Bibliography CSL\_BIBLIOGRAPHY Astuti, U.P., Mirajhusnita, I. and Santoso, T.H. 2022. Pemanfaatan Limbah Jenis Ldpe Dan Pet Sebagai Bahan Tambah Campuran Paving Block Dengan Metode Eco - Brick. 13(1), pp. 33–43.
- Basri, D.R. and Zaki, A. 2019. Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton. *J. Rab Construction Research*, 4(2), pp. 66–77.
- Dewi, S.U. and Purnomo, R. 2016. Pengaruh Tambahan Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Mutu K. 125, *Tapak*, 6(1), pp. 15–29.
- Dhana, R.R. *et al.* 2018. Analisa pengaruh penggunaan limbah kain jeans sebagai serat terhadap kuat lentur beton 1,2,3. *Sains & Teknologi*, 1(1), pp. 193–198.
- Erdin, E.K.Z., Zainuri and Soehardi, F. 2021. Kualitas Paving Block Dengan Menggunakan Limbah Plastik Polypropylene Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Teknik*, 15(2), pp. 185–190. doi:10.31849/teknik.v15i2.7435.
- Handayasari, I. 2017. Studi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Pada Campuran Beton. *Jurnal Poli-Teknologi*, 16(1), pp. 1–6. doi:10.32722/pt.vol16.no.1.2017.pp.
- Husaini. 2015. Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Agregat Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Silika Fume. 15(15), pp. 109–123.
- Kathe, V., Gangurde, A. and Pawar, A. 2015. Green Concrete using Plastic Waste. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 19(4), pp. 214–216. doi:10.14445/22315381/ijett-v19p237.
- Masril. 2021. Analisis Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Kuat Tekan Beton. *Ensiklopedia Of Journal*, 3(3), pp. 243–252.

- Pamungkas, M.D. 2011. Pengaruh Penambahan Serat Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Beton Ringan Seluler (CLC)', *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), pp. 1689–1699. doi:10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- Putri, D., Kinasti, M.A. and Lestari, E. 2018. Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik sebagai Material Pengganti Pasir pada Bata Beton Pejal. *Jurnal Konstruksia*, 10(1), pp. 39–50.
- Setiawan, A.A. 2017. Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton. *Prosiding Seminar Nasional dan Gelar Produk Universitas Muhammadiyah Malang*, pp. 184–189.
- Suwarno, A. and Sudarmono .2015. Kajian Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton. *Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang*, 20(1), pp. 1–10.
- Winarno, E. 2021. Analisa substitusi limbah karbit serta penambahan serat limbah kain pada kuat tekan beton, 11(3), pp. 1–14.