



Pemanfaatan sampah plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada beton ringan pada kolom praktis bangunan

Muhammad Bima Vladimir^{a*}, Sahrah Umara Dewi^b, Riza Susanti^c, Puji Widodo^d

^{a*, b, c, d} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

bimavladimir18@gmail.com
sahrahmrd@gmail.com

Article history:

Received : 9 June 2023

Revised : 11 June 2023

Accepted : 14 June 2023

Publish : 21 June 2023

Keywords:

plastik PET, kertas, kolom praktis

ABSTRACT

Almost all building construction projects use concrete as the material. The dead load of a construction building is affected by the specific gravity of the concrete. Lightweight concrete has a unit weight below 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002). Lightweight concrete uses lightweight aggregate as a constituent, so PET plastic and paper can be used as aggregate substitutes. PET plastic has the characteristics of being durable, strong, light, thick, and with good abrasion resistance, which has a positive effect on the compressive strength test. The paper contains hydrogen, which can bind to OH molecules resulting in a stiff, stable, and strong bond. When the water evaporates, small voids filled with air will form, causing the concrete to become lighter. Based on this, an innovation emerged: the manufacture of lightweight concrete that utilizes PET and paper plastic waste. The study aimed to utilize PET and paper plastic waste as an aggregate substitute for lightweight concrete in practical building columns. This study will use experimental methods with variations in paper waste of 0% and 4% and variations in PET plastic waste of 0% and 0.2%. Cylindrical specimens measuring 15 cm x 30 cm were tested for compressive strength at seven days and 28 days of concrete and absorption at 28 days of concrete. The results of this study are that PET and paper plastic waste can be used as an aggregate substitute for lightweight concrete for practical columns and can achieve concrete compressive strength exceeding the K-125 plan by using SNI 7394:2008 as a reference for Job Mix Design.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Beban mati yang dimiliki bangunan kontruksi dipengaruhi oleh berat jenis beton. Pemakaian material ringan pada beton dapat mengurangi berat bangunan sehingga beton ringan menjadi salah satu solusi pada hal ini. Beton ringan dapat membuat struktur menjadi lebih ringan sehingga berat konstruksinya kecil. Beton ringan nonstruktur biasa digunakan pada kolom praktis, dinding, plat lantai, dan lain sebagainya. Beton ringan menggunakan agregat ringan sebagai penyusunnya sehingga sampah plastik PET dan kertas dapat digunakan sebagai substitusi agregatnya.

Plastik PET memiliki karakteristik kaku, tahan lama, kuat, ringan, tebal, dan mempunyai daya tahan yang baik terhadap sobekan dan kikisan sehingga baik untuk pengujian kuat tekan. Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo menunjukkan penambahan *polyethylene* untuk beton dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 20,36%. Kertas memiliki banyak kandungan hidrogen yang dapat mengikat molekul OH sehingga menghasilkan sifat ikatan yang kaku, mengkristal, stabil, dan kuat. Ketika air menguap akan terbentuk rongga kecil berisi udara yang mengakibatkan beton menjadi ringan.

Kertas sangat digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh hampir seluruh manusia. Produksi kertas yang terus meningkat akan memberikan dampak pada kelestarian lingkungan hidup (Astuti, 2018). *Paper On The Rocks* menyebutkan bahwa presentase deforestasi sama dengan kerusakan 4,1

juta hektar hutan setiap tahun. *World Wild Life* menyatakan lebih dari 40 persen semua kayu global digunakan pada industri kertas. Jumlah sampah kertas pun relatif banyak yaitu berjumlah 7.458.000 pada tahun 2019 (KLHK, 2021). Kertas yang sudah digunakan tidak semuanya didaur ulang oleh pabrik atau masyarakat. Kertas yang tidak bermanfaat akan menumpuk di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sampah plastik berjumlah 66 juta ton per tahun (BPS, 2021) serta 0,26 juta sampai 0,59 juta ton sampah plastik mengalir ke laut (LIPI, 2021). Sekitar 500 hingga 1.000 tahun plastik akan terurai karena plastik merupakan komoditas yang tidak mudah terurai (Mulki, 2019). Di laut plastik akan terpecah menjadi ukuran kecil yang menyebabkan bahan beracun dari plastik akan ikut terpecah (Lalu M, 2018). Sehingga hewan-hewan di laut akan memakan bahan beracun dan menjadi rantai makanan. Kemudian sampah plastik dapat menghalangi peresapan air yang menyebabkan tanah menjadi tercemar (Arei, 2019).

Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian campuran beton kertas dan plastik PET. Sebelumnya sudah ada penelitian mengenai beton kertas dan beton plastik PET, namun terdapat penelitian yang tidak efektif sehingga peneliti melakukan kembali penelitian untuk menemukan hasil yang efektif. Pada penelitian yang dilakukan oleh P Bhargavi, dkk (2018) terjadi peningkatan kuat tekan dari beton konvensional saat ditambahkan 4% kertas pada campuran beton dan terjadi penurunan kuat tekan dengan penambahan kertas lebih lanjut. Pada penelitian yang dilakukan Firda Hanif Amalia Rohamana (2022) terjadi peningkatan kuat tekan dari beton konvensional pada penambahan plastik PET 0,2% pada campuran beton.

Berdasarkan penjelasan di atas dilaksanakan pengujian kuat tekan beton dengan memanfaatkan sampah kertas sebagai substitusi agregat halus dan plastik PET sebagai substitusi agregat kasar. Sehingga sampah plastik PET dan kertas dapat digunakan untuk campuran beton ringan non struktural yaitu pada kolom praktis bangunan dengan kuat tekan sebagai rujukan.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Menganalisis *mix design* inovasi beton ringan menggunakan sampah plastik PET sebagai substitusi agregat kasar dan sampah kertas sebagai substitusi agregat halus yang memiliki kesamaan pada karakteristiknya.
- b. Menganalisis kertas sebagai substitusi agregat berdasarkan kuat tekan serta sifat fisik beton.
- c. Menganalisis keunggulan beton substitusi sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4% dibandingkan beton normal.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penulis menggunakan studi penelitian kepustakaan sebagai metode pengumpulan data. Dimana pengumpulan informasi dengan mencari informasi dari literatur terkait. Penulis melakukan riset mengenai material penyusun beton normal dengan merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) sedangkan riset mengenai material substituen yang digunakan berupa *plastic* PET dan kertas merujuk pada jurnal baru yang berkaitan dengan material sampah plastik PET dan sampah kertas. Setelah itu dilakukan penelitian eksperimen di laboratorium.

2.2. Pengujian material

Penulis melakukan pengujian material pada agregat halus dan agregat kasar namun tidak dilakukan pengujian material pada air, semen, sampah plastik PET, dan sampah kertas. Agregat halus dan agregat kasar dilakukan pengujian karena mempunyai spesifikasi yang berpengaruh pada nilai kuat tekan beton.

2.3. Persiapan material tambahan

Sebelum mencampurkan sampah kertas dan sampah plastik PET ke dalam campuran beton, material tambahan diolah terlebih dahulu. Sampah kertas diolah dengan cara dijadikan bubuk kertas

kemudian dijemur di bawah sinar matahari, sedangkan sampah plastik PET dibersihkan dari kotoran kemudian digunting sebesar 3-4 cm. Cacahan plastik PET dan serbuk kertas ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Cacahan plastik PET



Gambar 2. Serbuk kertas

2.4. Job mix design

Job Mix Design yang digunakan mengacu pada SNI 7394:2008 untuk beton normal K-25. Penelitian ini menggunakan 2 variabel bahan tambah campuran beton yaitu sampah plastik PET sebesar 0% (beton konvensional) dan 0,2% serta sampah kertas sebanyak 0% (beton konvensional) dan 4%. Job mix design yang digunakan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design* Beton K125/ $f'c$ 9,8 Mpa

Campuran Beton	Kode Campuran Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	Plastik PET (kg)	Kertas (kg)
Beton Normal	A	1,462	4,387	5,362	1,139	0	0
Beton Substitusi Plastik PET 0,2%	B	1,462	4,387	5,352	1,139	0,011	0
Beton Substitusi Kertas 4%	C	1,462	4,212	5,362	1,139	0	0,175
Beton Substitusi Plastik PET 0,2% dan Kertas 4%	D	1,462	4,212	5,352	1,139	0,011	0,175

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Agregat halus dilakukan 4 pengujian, yaitu uji saringan, kadar lumpur, organis, dan cucian agregat. Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian dari pengujian agregat halus diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil		SNI Acuan	Keterangan
Uji Modulus Kehalusan	2,82	1,5 – 3,5	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	96%	>70%	SNI S-04-1998-F	Memenuhi
Uji Organik	Berwarna kuning	Bening/tidak berwarna-kuning muda - merah kekuningan	SNI S-04-1998-F	Memenuhi
Uji Cuci Agregat	2%	<2,5%	SNI S-04-1998-F	Memenuhi

Tabel 2 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian agregat halus, pasir yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan.

3.1.2. Pengujian agregat kasar

Agregat kasar dilakukan 2 pengujian, yaitu uji keausan dan agregat kasar. Berikut adalah rekapitulasi hasil dari pengujian agregat kasar diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil		SNI Acuan	Keterangan
Uji Keausan	10%	<20%	SNI 2417-2008	Memenuhi
Uji Saringan	2,13	<2,5	BSN SNI 03-2834-2000	Memenuhi

Tabel 3 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian agregat kasar, kerikil yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan.

3.1.3. Hasil uji *slump* beton

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui homogenitas dan *workability* dari beton. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 1972:2008. Berikut adalah hasil pengujian *slump* pada beton segar dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji *slump* beton

No	Campuran Beton	Nilai Slump	SNI 17394-2008
1	A	13	12±2
2	B	12	
3	C	10	
4	D	11	

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai uji *slump* yang dihasilkan memenuhi nilai *slump* beton K-125 yaitu 12 ± 2 sesuai dengan SNI 7394 : 2008.

3.1.4. Hasil kuat tekan

Cetakan silinder yang berisi campuran beton dilepas setelah 1x24 jam campuran dibuat. Kemudian direndam selama 5 hari untuk dilakukan uji kuat tekan pada umur beton 7 hari serta perendaman selama 12 hari untuk dilakukan uji kuat tekan pada umur beton 14 hari menggunakan

mesin CTM berdasarkan SNI 03-1974-1990. Berikut hasil uji kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan beton umur 7 hari dan 14 hari

No	Campuran Beton	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)		SNI 7394-2008 (Mpa)	
		7 Hari	14 Hari	7 Hari	14 Hari
1	A	12,82	16,12	6,86	8,62
2	B	20,88	26,25		
3	C	9,7	12,19		
4	D	9,28	11,67		

Selanjutnya dilakukan konversi pada nilai kuat tekan rata-rata beton dari hari ke 7 ke hari 28
 Nilai kuat tekan beton umur 28 hari (konversi)

$$f'c \text{ 28 hari} = f'c \text{ 7 hari} / \text{angka konversi 7 hari}$$

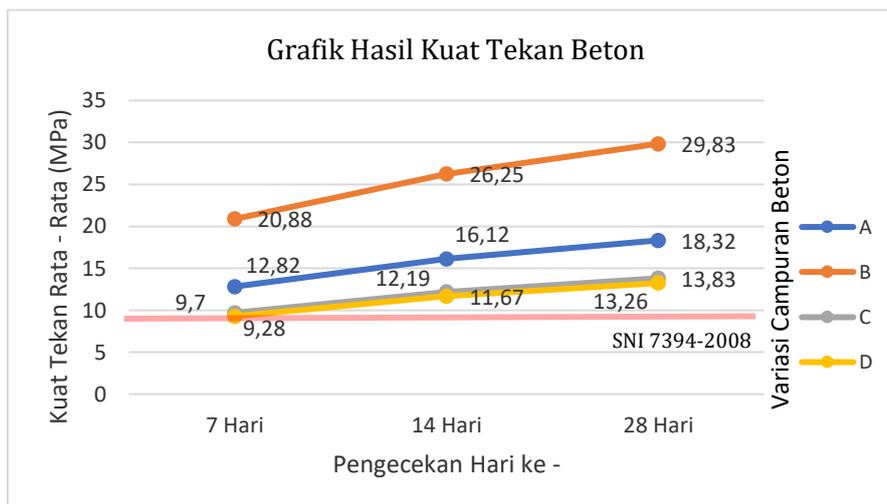
$$A = 12,82 / 0,7 = 18,32 \text{ Mpa}$$

Konversi umur beton 28 hari ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil kuat tekan beton 28 hari (konversi)

No	Campuran Beton	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	SNI 7394-2008 (Mpa)
1	A	18,32	9,8
2	B	29,83	
3	C	13,85	
4	D	13,26	

Hasil pengujian kuat tekan beton pada usia beton 7 hari dan 14 hari serta hasil konversi kuat tekan beton dari usia beton 7 hari ke 28 hari dijabarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil kuat tekan beton

Dari Tabel 6 dan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa semua benda uji memiliki kuat tekan melebihi mutu rencana beton K-125 yaitu 6,86 Mpa pada usia beton 7 hari dan 8,62 pada usia beton 14 hari. Dengan hasil kuat tekan rata-rata tertinggi pada beton B (substitusi plastik PET 0,2%) mencapai 20,88 Mpa pada usia beton 7 hari dan 26,25 pada usia beton 14 hari. Kemudian kuat tekan rata-rata terendah pada beton D (substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4%) sebesar 9,28 Mpa pada usia beton 7 hari dan 11,67 pada usia beton 14 hari.

Beton B mengalami kenaikan yang cukup tinggi dari beton A (beton normal). Hal ini dikarenakan sifat material cacahan plastik PET memiliki sifat kuat dan halus serta berukuran kecil yang dapat mendukung kerekatan campuran beton sehingga volume campuran beton terisi dengan baik, Reski

Aprilia (2021). Sedangkan pada percobaan beton C (substitusi kertas 4%) mengalami penurunan dari beton A dikarenakan terdapat serbuk kertas yang menggumpal sehingga distribusi serbuk kertas di dalam beton tidak merata, Arqowi Pribadi (2020).

Berdasarkan hasil pengujian secara fisik beton D kurang homogen sehingga pengikatan antara sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4% kurang optimal. Keadaan beton D yang berongga menyebabkan kuat tekan beton D menjadi rendah, namun beton D masih memenuhi standar SNI 7394-2008 mengenai beton ringan K125 atau 9,8 MPa. Sehingga beton D dapat digunakan sebagai alternatif beton ramah lingkungan untuk kolom praktis bangunan.

3.1.5. Biaya material

Biaya material berdasarkan website dinas PU Bina Marga dan Cipta Kerja di Kota Semarang Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Edisi ke-1 Tahun 2023 untuk ukuran 1m³ mutu beton K 125 atau fc' 9,8 pada beton A per m³ dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya material beton konvensional (A) per m³

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1.100	303.600
Pasir	828	Kg	200	165.000
Kerikil	1.012	Kg	180	182.160
Air	215	Liter	-	-
Total anggaran				650.160

Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton konvensional (A) per m³ adalah sebesar Rp. 651.360,00. Sedangkan biaya material beton substitusi plastik 0,2% (B) per m³ dijabarkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Biaya material beton substitusi plastik 0,2% (B) per m³

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1.100	303.600
Pasir	828	Kg	200	165.000
Kerikil	1009,976	Kg	180	181.795
Air	215	Liter	-	-
Plastik PET	2,024	kg	-	-
Total anggaran				650.995

Tabel 6 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik 0,2% (B) per m³ adalah sebesar Rp. 650.995,68. Sedangkan biaya material beton substitusi kertas 4% (C) per m³ dijabarkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya material beton substitusi kertas 4% (C) per m³

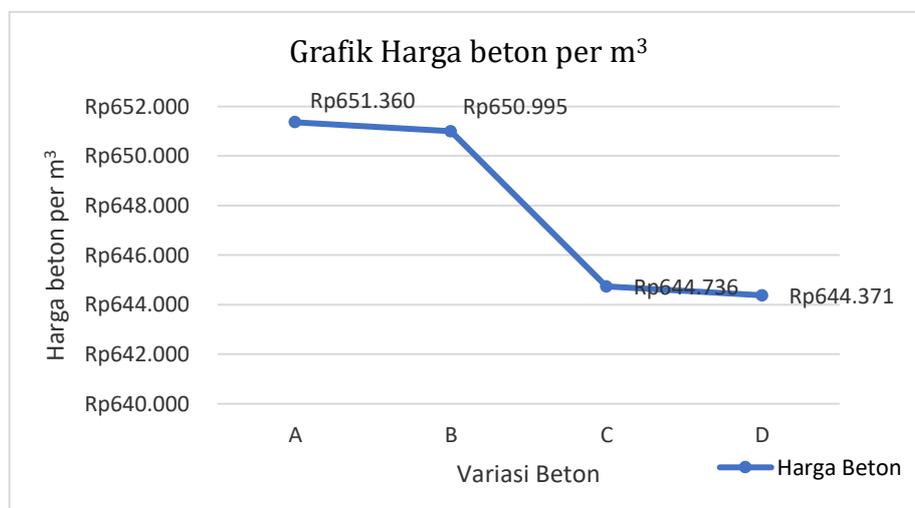
Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1.100	303.600
Pasir	794,88	Kg	200	165.000
Kerikil	1.012	Kg	180	181.795
Air	215	Liter	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total anggaran				644.736,00

Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi kertas 4% (C) per m³ adalah sebesar Rp. 644.736,00. Kemudian biaya material beton Substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m³ dijelaskan pada Tabel 8.

Tabel 8. Biaya material beton substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m³

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1100	303.600
Pasir	794,88	Kg	200	158.976
Kerikil	1009,976	Kg	180	181.795
Air	215	Liter	-	
PET	2,024	Kg	-	
Kertas	33,12	Kg	-	
Total anggaran				644.371

Tabel 8 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m³ adalah sebesar Rp. 644.371. Rekapitulasi biaya material variasi beton dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik harga beton per m³

Gambar 4 menunjukkan bahwa anggaran biaya pembuatan beton substitusi plastik 0,2% dan kertas 4% (D) lebih hemat Rp. 6.988,32/m³ dibandingkan dengan biaya pembuatan beton konvensional (A).

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian serta analisis data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penelitian ini menunjukkan dengan substitusi sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4% sebagai agregat menurunkan kuat tekan dari beton normal pada umur beton 7 hari dan 14 hari.
2. Perbandingan nilai kuat tekan rata-rata pada beton A (normal), beton B (substitusi plastik PET 0,2%), beton C (substitusi kertas), dan beton D (substitusi sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4%) 12,82 Mpa, 20,88 Mpa, 9,7 Mpa, 9,28 Mpa dan 16,12 Mpa, 26,25 Mpa, 12,19 Mpa, dan 11,67 Mpa.
3. Hasil dari kuat tekan beton D memenuhi standar SNI 7394-2008 mengenai beton ringan K125 atau 9,8 MPa. Sehingga beton D dapat digunakan sebagai alternatif beton ramah lingkungan untuk kolom praktis bangunan serta terjadi penekanan biaya sebesar Rp. 6.988,32/m³.

Ucapan terima kasih

Rasa terima kasih kami ucapkan kepada Tuhan YME, dosen pembimbing, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan hasil penelitian. Diharapkan penelitian ini dapat berguna bagi pembaca sebagai salah satu sumber literatur.

Referensi

- Kurniawan, K. D. *Et Al.* (2020) 'Uji Kuat Tekan Dan Absorpsi Pada Beton Ringan Dengan Penambahan Limbah Bata Ringan Dan Bubuk Talek', 3(1), Pp. 1-11.
- Pribadi, A. *Et Al.* (2015) 'Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Dalam Campuran Papercrete Serta Aplikasinya Untuk Elemen Struktur Ringan Dan Non Struktur Ramah Lingkungan', 1, Pp. 1-10.
- ROHMANA, F. H. A. (2022) 'Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Tambah Limbah Plastik Botol Kemasan Air Minum Poly Ethylene Terephthalate Melalui Metode Wet Curing'.
- Shell, S. *Et Al.* (2021) 'Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (Pet)', 6(1), Pp. 39-45.
- TANDIPAYUK, R. P. (2016) 'Karakteristik Beton Ringan Kuat Tekan 35 Mpa Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus'.