



Inovasi campuran beton dengan substitusi campuran plastik PET dan kertas

Yosua^{a*}, M. Afdlalul Gilbram^b, Riza Susanti^c, Asri Nurdiana^d

^{a*, b, c, d} Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

morisyosua@gmail.com
mgilbram45@gmail.com

Article history:

Received : 20 September 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

Keywords:

Construction, K125 Concrete, PET Plastic, Paper, Trash

ABSTRACT

Concrete is important in building construction which functions as a raw material for infrastructure development, such as road, bridge, and building construction. The increase in concrete use is directly proportional to the increase in concrete production requirements. Various concrete innovations have been carried out to obtain a better innovation of the concrete constituent materials that has high compressive strength, for example using inorganic waste such as PET plastic and paper. PET plastic has the characteristics of light weight, resistance to corrosion and chemical reactions, and can improve the mechanical properties of concrete. Paper is a material made from organic fibers which can improve the characteristics of concrete in terms of cost, lightness, strength, and resistance to temperature changes. Based on this, researchers made concrete innovations using PET plastic waste and paper as a substitute for concrete aggregate. This research aims to determine the optimum mixture of PET plastic and paper as an addition in making K125 concrete. In this research, an experimental method was used with variations in PET plastic waste of 0.3%; 0.5%; 0.75%, and 1% and paper waste of 4% which will be compared with conventional concrete as a comparison. The tests carried out were compressive strength and absorption tests using cylindrical concrete measuring 15 cm x 30 cm at a concrete age of 28 days. The results of this research show that the optimum variation of concrete is concrete B with a compressive strength of 10.68 MPa and an absorption value of 2.3%; for Rp. 643,825.20/m³. It was concluded that concrete B complies with the SNI 03-2847-2002 standard regarding K125 concrete so that concrete B can be applied to lean concrete and concrete floor tiles and environmentally friendly concrete.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu elemen penting dalam bidang konstruksi yang berfungsi sebagai bahan baku konstruksi suatu pembangunan infrastruktur. Penggunaan beton sangat populer untuk konstruksi, seperti konstruksi jalan, jembatan, gedung, dan lain lain, dikarenakan beton dapat menahan gaya tekan dengan baik. Peningkatan penggunaan beton berbanding lurus dengan meningkatnya produksi kebutuhan produksi beton itu sendiri (Mildawati, 2023). Berbagai inovasi terhadap pembuatan beton saat ini terus dilakukan untuk mendapat rancangan komposisi bahan penyusun beton yang baik sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, misalnya dengan memanfaatkan sampah anorganik seperti sampah plastik PET dan sampah kertas.

Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) memiliki karakteristik kaku, ringan, kuat, tahan lama, tebal, dapat dibentuk dengan mudah saat dipanaskan, dan mempunyai dayatahan yang baik terhadap sobekan dan kikisan sehingga sangat cocok untuk pengujianMkuatdtekan (Apriliya et al., 2021). PlastikMPET yang digunakan adalah botol minuman kemasan. Penelitian yang dilakukan oleh Yudhis menunjukkan penambahan serat plastik PET untuk beton dapat meningkatkan kuat tekan

sebesar 23,67%. Kertas merupakan bahan yang terbuat dari serat organik yang dapat diubah menjadi bahan yang dapat meningkatkan karakteristik beton dalam hal hemat biaya, ringan, dan kuat serta memiliki ketahanan terhadap suhu yang berubah (Israini & Rahman, 2018). Kertas yang dipakai merupakan kertas HVS yang sudah tidak digunakan lagi dan diolah menjadi bubur kertas untuk memudahkan dalam mencampur bahan-bahan.

Sampah plastik adalah penyebab utama dari kerusakan lingkungan, termasuk polusi di tanah dan laut. Tingkat penggunaan plastik yang sangat tinggi dan sifat plastik yang tidak dapat terurai (*non-biodegradable*) menjadi permasalahan dimana dibutuhkan solusi untuk mendaur ulangnya (Pradana, 2019). Berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menyatakan bahwasanya sampah plastik di Indonesia jumlahnya mencapai 63 juta ton per tahun dimana sebanyak 3,1 juta ton dari sampah tersebut adalah sampah yang terbuang ke laut. PET (*polyethylene terephthalate*) ialah salah satu jenis sampah plastik yang tidak memiliki warna, contohnya botol minuman kemasan. Pemanfaatan limbah plastik PET sebagai bahan campuran beton adalah salah satu solusi untuk mengurangi dampak penggunaan limbah plastik yang semakin besar. 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 persentase deforestasi sama dengan perusakan 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).

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 persentase deforestasi sama dengan perusakan 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).

Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian campuran beton kertas dan plastik PET pada pembuatan beton k-125. Beton k-125 termasuk beton mutu rendah (*low strength concrete*) yang memiliki kuat tekan dibawah 20 MPa. Penelitian ini dibuat dengan tujuan mengembangkan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Vladimir (2023). Pada penelitiannya dilakukan penggabungan limbah plastik PET dan kertas kedalam campuran beton ringan dengan penambahan 0,2% plastik PET pada agregat kasar serta 4% kertas pada agregat halus. Penelitian tersebut menghasilkan beton ringan yang memenuhi standar SNI 7394-2008. Namun terdapat ketidakefektifan dalam penelitian tersebut karena penggunaan persentase kertas dan plastik yang digunakan masing-masing hanya 1 variasi sehingga kuat tekan yang dihasilkan belum optimum. Berdasarkan hal tersebut dilaksanakan pengujian kuat tekan beton dengan memanfaatkan sampah kertas sebagai substitusi agregat halus dan plastik PET sebagai substitusi agregat kasar pada beton mutu k-125. Dilakukan penambahan variasi terhadap bahan substitusi (plastik PET dan kertas) sehingga akan mendapatkan kuat tekan beton yang optimum dan dapat digunakan dalam konstruksi *Lean Concrete* dan dak lantai beton dengan mutu sesuai standar SNI 03-2847-2002.

Tujuan Penelitian ini adalah menganalisis campuran optimum plastik PET dan kertas sebagai penambahan dalam pembuatan beton, menganalisis pengaruh penambahan plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada campuran beton berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan absorpsi, dan membandingkan dari segi biaya antara beton konvensional dengan beton inovasi yang menggunakan plastik PET dan kertas.

2. Data dan metode

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data studi pustaka melalui jurnal sebagai bahan literatur yang memiliki keterikatan dengan rumusan masalah yang diambil. Selain itu, metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental yang memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik PET dan kertas terhadap pengujian kuat tekan dan absorpsi beton. Penggunaan plastik PET dan kertas pada penelitian ini bertujuan sebagai bahan substitusi pada agregat beton. Metode kuantitatif eksperimental dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium.

2.2. Pengujian Material

Penelitian ini melakukan pengujian material pada agregat halus dan agregat kasar terlebih dahulu sebelum membuat sampel beton. Pengujian agregat halus yang dilakukan berdasarkan ASTM C136:2012 dan SNI S-04-1998-F adalah uji saringan, uji kadar organik menggunakan larutan NaOH, uji kadar lumpur, dan uji cucian. Sedangkan pengujian agregat kasar berdasarkan SNI 2417-2008 dan ASTM C136:2012 berupa uji keausan dengan mesin abrasi *Los Angeles* dan uji saringan.

2.3. Pengolahan Sampah

Material yang digunakan sebagai substitusi agregat pada beton adalah plastik PET dan kertas. Botol kemasan bekas dipotong menjadi bentuk cacahan plastik yang berukuran 0,5cm-2cm, sedangkan kertas terbuat dari kertas HVS yang diolah menjadi bubuk kertas. Adapun cacahan plastik PET dan serbuk kaca ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Cacahan plastik PET



Gambar 2. Serbuk kaca

2.4. Job Mix Design

Pada tahap ini penulis melakukan perhitungan takaran dan kebutuhan material yang akan digunakan dalam membuat sampel beton. Penulis melakukan perhitungan melalui 2 cara yaitu perhitungan

dengan acuan (BSN SNI 03-2834-2000) tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal dan perhitungan dengan acuan (SNI 7394-2008) tentang perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan. Dari hasil perhitungan keduanya memiliki hasil yang tidak jauh berbeda, dengan perbandingan 1 PC : 3 PS : 3,67 Kr : 0,78 FAS untuk perhitungan 1 silinder 15 cm x 30 cm. Adapun rancangan *Job Mix Design* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design*

Beton K - 125						
Campuran Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (Liter)	Plastik PET (kg)	Kertas (kg)
Beton substitusi Plastik PET 0,3% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (A)	1,462	4,212	5,346	1,139	0,016	0,175
Beton substitusi Plastik PET 0,5% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (B)	1,462	4,212	5,336	1,139	0,027	0,175
Beton substitusi Plastik PET 0,75% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (C)	1,462	4,212	5,322	1,139	0,040	0,175
Beton substitusi Plastik PET 1% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (D)	1,462	4,212	5,309	1,139	0,054	0,175

2.5. Metode Pembuatan Benda Uji

Siapkan material yang akan di gunakan seperti pasir, semen, air, split, bubuk kertas, dan cacahan plastik PET. Ukur takaran material yang dibutuhkan menggunakan timbangan berdasarkan perhitungan job mix desain. Sambil menimbang material yang di butuhkan ayak material seperti pasir dan kerikil menggunakan saringan berukuran 9,5mm, pada pasir material yang digunakan adalah pasir yang lolos saringan, sedangkan pada split material yang digunakan adalah material yang tertahan pada saringan. Siapkan alat alat yang akan digunakan untuk membuat sampel, seperti mesin pengaduk/molen, cetakan silinder ukuran 15x30, sekop, kerucut Abraham, tongkat tusukan, papan datar, palu karet. Bekisting silinder diberi pelumas gunanya bila nanti beton sudah mengeras di dalam cetakan mudah dilepas. Nyalakan molen, kemudian masukan pasir dan bubuk kertas terlebih dahulu. Setelah itu, masukan semen biarkan semen dan pasir tercampur hingga homogen. Masukan split dan bahan substitusi cacahan plastik PET ke dalam molen dan tunggu hingga semua bahan tersebut homogen. Masukan air yang sudah di timbang secara perlahan. Biarkan mesin mengaduk selama 5 menit hingga material tercampur. Adapun pengadukan beton menggunakan molen ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Pengadukan Beton Menggunakan Molen

Siapkan tempat seperti loyang besar untuk menampung beton segar. Setelah itu, beton dilakukan uji slump menggunakan kerucut Abraham. Kemudian, beton segar mulai dimasukan ke dalam cetakan silinder, dengan cara setiap 1/3 isi beton pada silinder tersebut ditusuk sebanyak

25x dan pukul silinder menggunakan palu karet untuk membuat beton semakin padat supaya di dalam cetakan tersebut beton tidak berongga atau terisi penuh. Kemudian, beton diletakkan di tempat yang aman bebas dari getaran. Tunggu hingga beton mengeras atau beton dapat di lepas dari cetakan setelah 20-24 jam. Adapun bentuk beton segar ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Beton segar

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

Adapun pada penelitian ini akan dilakukan pengujian material sebagai berikut:

1) Pengujian agregat halus

Agregat halus dilakukan 4 pengujian, yaitu uji saringan, kadar lumpur, organis, dan cucian agregat. Berdasarkan pengujian agregat halus yang telah dilakukan, pasir yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan. Adapun 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	2,88	1,5-3,5	SNI ASTM C136:2012 Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	94,7 %	>70%	SNI S-04-1998-F Memenuhi
Uji Organik	Bening/tidak berwarna – kuning muda	Bening/tidak berwarnakuning muda - merah kekuningan	SNI S-04-1998-F Memenuhi
Uji Cucian Agregat	3,5 %	<5%	SNI S-04-1998-F Memenuhi

2) Pengujian agregat kasar

Agregat kasar dilakukan dua pengujian, yaitu uji keausan dan agregat kasar. Berdasarkan pengujian agregat kasar yang telah dilakukan, maka kerikil yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian agregat kasar diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	SNI Acuan	Keterangan
Uji modulus Kehalusan	14,82%	< 20%	BSN SNI 03-2834-2000 Memenuhi
Uji Keausan	2,88%	5,5-7,5	SNI 2417-2008 Memenuhi

3.2. Hasil Pengujian *Slump* Beton

Pengujian *Slump* bertujuan untuk mengetahui homogenitas dan workability dari beton. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 1972:2008. Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai uji *slump* yang dihasilkan memenuhi nilai *slump* beton K-125 yaitu 12 ± 2 sesuai dengan SNI 7394 : 2008. Berikut adalah hasil pengujian *slump* pada beton segar dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji *slump* beton

No	Campuran Beton	Nilai <i>Slump</i>	SNI 17394-2008	Keterangan
1	A	12	12 ± 2	Memenuhi
2	B	13		Memenuhi
3	C	11		Memenuhi
4	D	10		Memenuhi

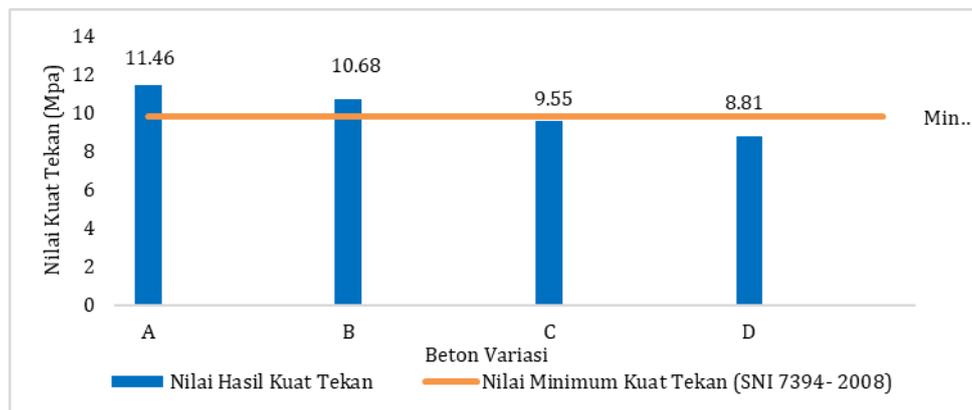
3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Cetakan silinder yang berisi campuran beton dilepas setelah 1x24 jam campuran dibuat. Kemudian direndam selama selama 12 hari untuk dilakukan uji kuat tekan pada umur beton 28 hari menggunakan mesin CTM berdasarkan SNI 03-1974-1990. Berikut hasil uji kuat tekan pada umur 28 hari dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari

No	Campuran Beton	Kuat Tekan Beton rata-rata (28 hari)		SNI 7394- 2008 (28 Hari)	Keterangan
		MPa	kg/cm ²	MPa	
1	A	11,47	138,25	9,8	Memenuhi
2	B	10,68	128,70	9,8	Memenuhi
3	C	9,55	115,05	9,8	Tidak Memenuhi
4	D	8,81	106,19	9,8	Tidak Memenuhi

Berdasarkan data hasil kuat tekan Tabel 5 maka didapatkan rekapitulasi nilai berbentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai kuat tekan beton rata-rata beton umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 5, pada variasi beton B (subsitusi 0,5% plastik dan 4% kertas) saat di uji kuat tekan pada usia 28 hari mengalami penurunan nilai dari beton A (subsitusi 0,3% plastik dan 4% kertas), merupakan variasi beton yang memiliki nilai tekan paling tinggi. Di karenakan penambahan plastik PET berlebih pada campuran beton memberikan efek yang dapat menurunkan nilai kuat tekan, walaupun begitu nilai kuat tekan pada beton B masih pada standar.

Pada pengujian beton C (subsitusi 0,75% plastik pet dan kertas 4 %) dan beton D (subsitusi 1% plastik pet dan kertas 4 %) memiliki nilai kuat tekan dibandingkan dengan beton A dan B, walaupun plastik PET bagus untuk campuran beton yang berfungsi untuk mengisi rongga kosong yang tidak dapat di isi dapat oleh batu pecah maupun kerikil dan punya sifat kedap air yang dimana jika beton memiliki daya serap air yang tinggi beton akan mengalami degradasi kualitas, oleh karena itu adanya

plastik bisa mencegah degradasi pada beton, meskipun begitu plastik tidak dapat mengganti sifat sejati agregat kasar seperti batu pecah yang keras kuat dengan tekanan. Seperti hasil kuat tekan yang kita dapat saat tiap variasi beton kita tambahkan persentasenya yang menunjukkan turunnya nilai kuat tekan. Sama halnya kertas saat dicampurkan ke beton, yang memiliki sifat lunak menghasilkan beton berpori mengakibatkan ketahanan aus yang rendah pada beton (Parsika, 2019).

Berdasarkan keterangan di atas kuat tekan beton A punya nilai kuat yang paling tinggi diantara 3 beton variasi lainnya yang memiliki kuat tekan sebesar 11,47 Mpa, pada urutan kedua beton B memiliki nilai kuat tekan 10,68 Mpa, selanjutnya beton C memiliki nilai kuat tekan 9,55 Mpa dan terakhir beton D memiliki nilai kuat tekan 8,81 Mpa, berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan kita dapat menggantikan campuran beton sesuai standar maksimal menggunakan 0,5% plastik PET dan kertas 4%.

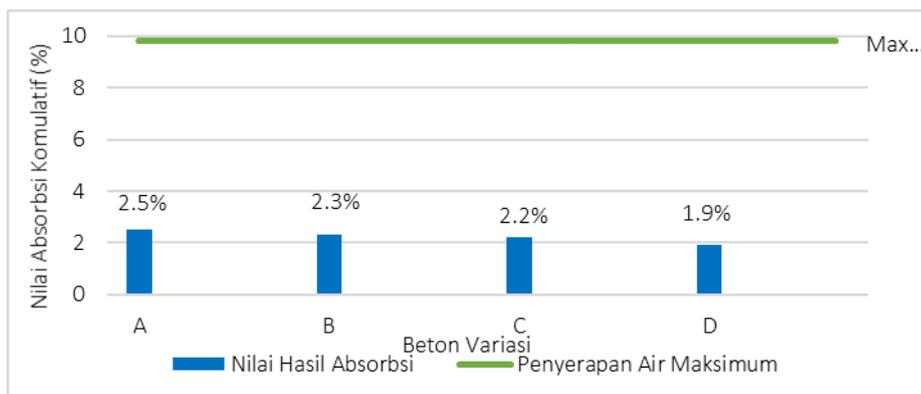
3.4. Hasil Pengujian Absorpsi Beton

Pengujian absorpsi beton dilakukan pada saat umur beton mencapai 28 hari, kemudian diangkat dari proses curing dan dibersihkan dari air yang menempel pada benda uji. Setelah itu dimasukan ke dalam oven selama 4 jam kemudian ditimbang beratnya. Adapun hasil uji absorpsi beton disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji absorpsi beton umur 28 hari

NO	Campuran Beton	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Hasil absorpsi	SNI 03-0349-1989	Keterangan
1	A	11,64	11,31	2,5 %	10%	Memenuhi
2	B	11,72	11,41	2,3 %		Memenuhi
3	C	11,47	11,21	2,2 %		Memenuhi
4	D	11,36	11,16	1,9%		Memenuhi

Berdasarkan data hasil uji absorpsi Tabel 6, maka didapatkan rekapitulasi nilai berbentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil absorpsi beton umur 28 hari

Dari Tabel 6 dijelaskan bahwa beton campuran A memiliki nilai absorpsi 2,5%, beton campuran B memiliki nilai absorpsi 2,3%, beton campuran C memiliki nilai absorpsi 2,2% dan beton campuran D memiliki nilai absorpsi 1,9 %. dapat disimpulkan ke empat variasi ini memiliki nilai absorpsi yang aman di bawah 10%. Faktor yang mempengaruhi tidak lain adalah adanya penambahan plastik PET pada campuran beton, semakin banyak plastik PET yang digunakan semakin sedikit juga beton akan menyerap air (Yudhis Tira Pradana 2019), berbeda dengan kertas semakin banyak kertas yang digunakan maka semakin banyak pula rongga pada beton tersebut yang mengakibatkan besarnya nilai serap (anggraeni, 2020).

Hal ini di buktikan dari hasil nilai daya serap yang telah kita uji dimana beton A memiliki nilai daya serap paling tinggi di angka 2,5% sedangkan beton D memiliki nilai daya serap 1,9% dikarenakan banyaknya plastik PET dalam campuran beton tersebut. Meskipun begitu ke empat variasi beton ini

memiliki nilai daya serap yang berbeda. Beton-beton ini memiliki nilai absorpsi masih berada di batas aman yaitu di bawah 10% (SNI 03-0349-1989).

3.5. 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 1 m³ mutu beton K 125 pada beton konvensional per m³ disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya Material Beton Vladimir Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas per m³

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	828	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1012	kg	Rp 180,00	Rp 181.795,68
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	3,036	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total				Rp 644.371,68

Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton Vladimir Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas per m³ adalah sebesar Rp. 644.371,68. Sedangkan biaya material beton substitusi plastik PET 0,3% dan kertas 4% (A) per m³ dijabarkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,3% dan kertas 4% (A) per m³

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1008,964	kg	Rp 180,00	Rp 181.613,52
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	3,036	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total				Rp 644.189,52

Tabel 8 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,3% dan kertas 4% (A) per m³ adalah sebesar Rp. 644.189,52. Sedangkan biaya material beton substitusi plastik PET 0,5% dan kertas 4% (B) per m³ dijabarkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,5% dan kertas 4% (B) per m³

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1006,94	kg	Rp 180,00	Rp 181.249,20
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	5,06	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total				Rp 643.825,20

Tabel 9 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,5% dan kertas 4% (B) per m³ adalah sebesar Rp. 643.825,20. Kemudian biaya material beton substitusi plastik PET 0,75% dan kertas 4% (C) per m³ dijelaskan pada Tabel 10.

Tabel 10. Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,75% dan kertas 4% (C) per m³

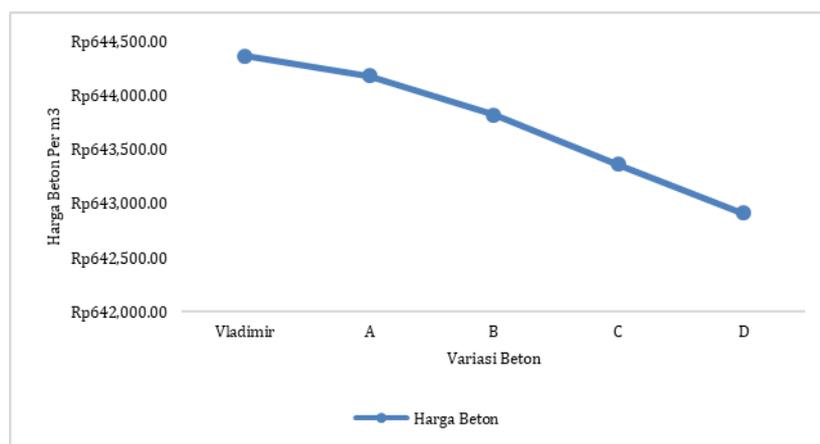
Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1004,41	kg	Rp 180,00	Rp 180.793,80
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	7,59	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total				Rp 643.369,80

Tabel 10 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,75% dan kertas 4% (C) per m³ adalah sebesar Rp. 643.369,80. Kemudian biaya material beton substitusi plastik PET 1% dan kertas 4% (D) per m³ dijelaskan pada Tabel 11.

Tabel 11. Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,75% dan kertas 4% (B) per m³

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1001,88	kg	Rp 180,00	Rp 180.338,40
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	10,12	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total				Rp 642.914,40

Tabel 11 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. 642.914,40. Rekapitulasi biaya material variasi beton ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik harga beton per m³

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa anggaran biaya pembuatan beton substitusi plastik PET 1% dan kertas 4% (D) lebih hemat Rp. 1.457,28/m³ dibandingkan dengan biaya pembuatan beton Vladimir substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas.

3.6. Pemilihan Campuran Optimum

Adapun pemilihan campuran optimum variasi beton disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi pengujian sampel

Indikator	Variasi Beton				
	Penelitian Terdahulu Vladimir dan Dewi (2023) (0,2% plastik & 4% kertas)	A (0,3% plastik & 4% kertas)	B (0,5% plastik & 4% kertas)	C (0,75% plastik & 4% kertas)	D (1% plastik & 4% kertas)
Kuat Tekan	20,63	11,47	10,68	9,55	8,81
Absorpsi	2,4%	2,5%	2,3%	2,2%	1,9%
Harga	Rp 644.371,68	Rp 644.189,52	Rp 643.825,20	Rp 643.369,80	Rp 642.914,40

Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa variasi beton yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi didapati pada variasi beton penelitian terdahulu yang memiliki nilai 20,63 MPa, sedangkan variasi beton yang memiliki nilai absorpsi paling rendah dan harga paling murah didapati pada variasi beton D yang memiliki nilai absorpsi 1,9% dan harga 642.914,90, meskipun begitu pada penelitian ini variasi beton yang memiliki hasil optimum ada variasi beton B, jika dibandingkan dengan variasi beton D yang memiliki nilai absorpsi dan harga yang baik pada hasil ini tetapi nilai kuat tekannya jauh dari standar SNI yang hanya mendapatkan 8,81 MPa. Begitu juga dibandingkan dengan

beton penelitian terdahulu yaitu Vladimir (Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas) yang memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi diantara variasi beton lainnya, dikarenakan material plastik memiliki kerapatan yang lebih baik sehingga volume campuran beton dapat terisi dengan baik (Aprilia, 2021), tetapi variasi beton B (Substitusi 0,5% PET dan 4% Kertas) menunjukkan batas penambahan substitusi PET yang memiliki kuat tekan di atas spesifikasi yaitu 10,68 MPa.

Kemudian pada hasil absorpsi, variasi beton B memiliki nilai absorpsi yang lebih baik (Substitusi 0,5% PET dan 4% Kertas) yaitu 2,3% dibandingkan beton Vladimir (Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas) sebesar 2,4%, artinya semakin banyak PET yang digunakan maka semakin kecil pula absorpsi air karena PET tersebut tidak menyerap air terlalu banyak (Pradana, 2019).

Dari hal tersebut, dapat disimpulkan variasi beton B (Substitusi 0,5% PET dan 4% Kertas) adalah variasi beton yang paling optimal diantara variasi beton lainnya karena memiliki nilai absorpsi yang lebih baik dan harga yang lebih ekonomis, serta memiliki kuat tekan yang memenuhi standar SNI.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan, maka bisa di tarik kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa variasi optimum beton adalah beton B dengan hasil kuat tekan sebesar 10,68 MPa dan nilai absorpsi sebesar 2,3%; dengan biaya Rp. 643.825,20/m³. Disimpulkan bahwa beton B memenuhi standar SNI 03-2847-2002 mengenai beton K125 sehingga beton B dapat diaplikasikan menjadi *lean concrete* dan dak lantai beton serta beton ramah lingkungan.
- 2) Hasil pengujian kuat tekan dan absorpsi terhadap penambahan plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada campuran beton K125 didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Nilai terbaik dari uji kuat tekan berada di variasi A dengan nilai kuat tekan 138,25 kg/cm², sedangkan nilai terendah berada pada variasi D dengan nilai kuat tekan 106,19 kg/cm².
 - b. Nilai terbaik pada absorpsi berada pada variasi D dengan nilai daya serap air 1,9%, sedangkan nilai terendah berada pada variasi A dengan nilai daya serap air 2,5%.
- 3) Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian, didapatkan biaya pembuatan untuk 1 benda uji beton normal per m³ adalah Rp. 651.360,00 Sedangkan harga beton terbaik berada pada variasi D dengan persentasi 1% plastik PET dan 4% kertas dengan harga produksi Rp. 642.914,40 sehingga terjadi penekanan biaya sebesar Rp. 8.445,60/m³.

Ucapan terima kasih

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

- Pradana, Y. T. (2019). *Analisa Pengaruh Campuran Serat Plastik Sebagai Material Beton Ringan*. repositori.uma.ac.id. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/10589>
- Vladimir, M. B. (2023). Pemanfaatan sampah plastik pet dan kertas sebagai substitusi agregat pada beton ringan pada kolom praktis bangunan. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars/article/view/39229>
- Apriliya, R., Bahar, S. B., & ... (2021). Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (Pet). *SCEJ (Shell Civil* <http://jurnal-umbuton.ac.id/index.php/SCEJ/article/view/1546>
- HADI, H. S. (2018). Analisis Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. *Ganec Swara*. <https://www.journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA/article/view/20>
- Putra, D. M. (2018). *Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas terhadap Kuat Tekan Beton Ringan untuk Partisi Gedung*. repositori.uma.ac.id. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/9266>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Sistem Informasi Pengelolaan sampah Nasional. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Badan Pusat Statistik. (2021). Lingkungan Hidup. Badan Pusat Statistik (bps.go.id)
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2021). Loka Konservasi Biota Laut Tual. kbtual.lipi.go.id

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-1968-1990. (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-1970-1990. (1990). *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1971-2011. (2011). *Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-4428-1997. (1997). *Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastic dengan cara setara pasir.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2417-1991. (1991). *Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles.*