



Pemanfaatan limbah plastik dan kaca sebagai substitusi dalam pembuatan roster

Naufal Azhary Handoko^{a*}, Ghanny Wijaya Kusuma^a, Hartono^a, Riza Susanti^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

naufalazhary@gmail.com
ghannywk@gmail.com

Article history:

Received : 10 June 2024

Accepted : 27 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

compressive strength, glass powder, plastic waste, roster, water absorption

ABSTRACT

Ventilation block is generally made from concrete, namely using cement, sand and water. However, along with the rampant development in Indonesia, cement and sand production has increased, which has had an impact on the environment, namely the level of soil fertility which is increasingly decreasing due to mining and the production of carbon dioxide is increasing. This encourages innovation that can reduce environmental impacts. For this reason, research was carried out on the use of plastic and glass waste as substitute materials for cement and sand in making ventilation blocks. This research aims to determine the value of compressive strength, water absorption capacity, physical or visual results, and cost analysis, as well as obtaining the most optimal variations. The method in this research is experimental, namely by making ventilation block test objects with variations R₁ (25%:75%:0%:0%), R₂ (15%:70%:10%:5%), R₃ (20%:65%:5%:10%), R₄ (10%:75%:15%:0%), and R₅ (25%:60%:0%:15%). The optimum variation results are in the R₂ variation with a compressive strength value of 1.8 MPa, water absorption capacity of 3.48%, physical requirements, and a cost of IDR 5.127. Apart from that, variations in R₂ can reduce the use of cement by 12.3% and sand by 1.7%. From the test results, the use of plastic and glass waste as a substitute material in making ventilation block can be used because it meets the requirements of SNI 03-0349-1989 or is better than rosters in general and is more environmentally friendly.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Seiring dengan berjalannya waktu dan dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia yang mengalami peningkatan signifikan, menimbulkan persoalan mengenai meningkatnya akan kebutuhan tempat tinggal, mobilitas, tempat perbelanjaan dan infrastruktur lainnya (Saputra dkk., 2023). Namun, dengan meningkatnya kebutuhan dalam pembangunan infrastruktur ini dapat memberikan dampak negatif untuk lingkungan sekitar. Dampak negatif ini diakibatkan dari pembuatan material konstruksi salah satunya yaitu roster.

Roster merupakan salah satu material non struktural yang terbuat dari semen dan pasir. Semen ini berfungsi sebagai perekat butiran-butiran agregat agar massa menjadi padat. Namun, dengan menggunakan bahan baku semen ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan karena produksi semen dapat menghasilkan debu dan gas beracun yang menyebabkan meningkatnya emisi CO₂ dan pemanasan global (Sulasmu dkk., 2022). Hal tersebut mendorong adanya inovasi sebagai bentuk upaya mengurangi produksi tersebut. Salah satu inovasi yang bisa dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah plastik dan kaca sebagai substitusi semen dan pasir dalam pembuatan roster.

Plastik merupakan jenis bahan kelas molekul organik yang memiliki tingkat berat molekul tinggi, atau biasa disebut dengan resin sintesis. Resin adalah bahan komponen utama dalam plastik. Bahan resin pada jenis plastik yang bisa di daur ulang seperti jenis PET bisa digunakan sebagai alternatif pengganti semen. Plastik yang dipanaskan akan membentuk lelehan yang kemudian bisa mengeras kembali dengan bentuk baru sesuai wadah/cetakannya. Selain itu plastik juga memiliki daya rekat yang menyerupai semen.

Kaca merupakan material gabungan dari berbagai zat kimia oksida anorganik yang dihasilkan dari pemisahan dan peleburan alkalin, pasir dan penyusun lainnya. Kaca memiliki sifat dengan titik lebur yang tinggi dan mekanik yang kuat dari kandungan silika (SiO_2) (Putratama, 2018). Selain itu, kandungan dalam kaca juga berupa Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO . Hal ini menjadikan kaca bisa sebagai bahan alternatif untuk agregat halus atau pasir karena memiliki kandungan yang sama seperti pasir.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui lebih lanjut dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Ramadhan dkk., 2024). Pada penelitian tersebut dilakukan inovasi beton ringan dengan menggunakan bahan plastik dan kaca 10%, 15%, dan 25% sebagai bahan substitusi agregat halus dan kasar. Hasil dari penelitian itu menunjukkan variasi optimum berada pada substitusi 15%. Namun, penelitian tersebut ditujukan untuk inovasi beton normal dan penggunaan substitusi antara plastik dan kaca yang sama. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian yang lebih fokus, yaitu membuat produk roster dengan persentase antara bahan substitusi plastik dan kaca yang bervariasi dan tidak menggunakan agregat kasar. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengetahui variasi yang paling optimal dengan limbah plastik dan kaca sebagai bahan substitusi dalam pembuatan produk roster. Penentuan variasi optimum dilakukan berdasarkan analisis pengujian kuat tekan, daya serap air, pengamatan fisik atau visual, dan analisis biaya dengan acuan SNI 03-0349-1989 dan roster yang dijual di pasaran.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian pembuatan roster ini menggunakan limbah plastik dan kaca sebagai bahan substitusi parsial semen dan pasir dengan menggunakan metode pengumpulan data studi literatur melalui jurnal sebagai bahan acuan yang memiliki keterikatan dalam rumusan masalah dan pembahasan yang diambil. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan plastik dan kaca terhadap pengujian kuat tekan, daya serap air, fisik/visual dan analisis biaya dari roster. Metode eksperimental dilakukan secara langsung dan objektif di labotarium.

2.2. Pengujian material

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang akan digunakan dalam pembuatan roster. Pengujian serbuk kaca, pasir dan semen dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990 untuk berat jenis, pengujian gradasi berdasarkan SNI-03-1972-1990, dan pengujian kadar lumpur berdasarkan SK-SNI-S-04-1989-F. Selain itu, dilakukan pengujian secara visual dengan melakukan pemeriksaan dan pengamatan pada kemasan semen.

2.3. Pengolahan plastik

Plastik merupakan material yang digunakan sebagai substitusi parsial terhadap semen dalam pembuatan roster. Jenis Plastik yang digunakan adalah PET (*Polyethylene Terephthalate*) seperti botol. Botol plastik ini dilakukan pencacahan atau pemotongan hingga menjadi bagian yang lebih kecil. Kemudian, dilakukan pencucian dan pengeringan di bawah sinar matahari. Adapun cacahan plastik PET ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Cacahan plastik PET

2.4. Pengolahan serbuk kaca

Material yang digunakan dalam pembuatan roster yaitu kaca sebagai bahan substitusi parsial terhadap pasir. Material kaca yang digunakan berupa botol kaca bening. Pengolahan botol kaca ini dengan melakukan pencucian dan pengeringan di bawah sinar matahari $\pm 10-15$ menit. Kemudian, dilakukan pemecahan hingga menjadi serpihan kaca. Adapun serpihan kaca dan serbuk kaca masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Serpihan kaca



Gambar 3. Serbuk kaca

2.5. Job mix design

Pada penelitian ini diperlukan menghitung rencana kebutuhan material yang akan digunakan dalam pembuatan sampel roster. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang spesifikasi bata beton untuk

pasangan dinding menjadi acuan dalam perhitungan *job mix design*. Perhitungan ini dengan menggunakan perbandingan 1 PC:3 PS :0,35 FAS untuk 1 sampel roster dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm. Adapun rancangan *job mix design* yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. *Job mix design variable*

Variasi	Plastik (%)	Serbuk kaca (%)	Semen (%)	Pasir (%)	Keterangan
R ₁	0	0	25	75	Terhadap berat volume
R ₂	10	5	15	70	
R ₃	5	10	20	65	
R ₄	15	0	10	75	
R ₅	0	15	25	60	

Tabel 2. *Job mix design*

Variasi	Plastik (gr)	Serbuk Kaca (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)
R ₁	-	-	801,66	4656,02
R ₂	88,5	76,89	721,49	4578,42
R ₃	44,25	153,92	761,57	4500,82
R ₄	132,75	-	681,41	4656,02
R ₅	-	230,88	801,66	4423,22

2.6. Metode pembuatan benda uji

Pada pembuatan benda uji terdapat beberapa tahapan. Tahap pertama, menyiapkan material yang akan digunakan seperti semen, pasir, serbuk kaca, dan plastik. Tahap kedua, melakukan pengayakan pada pasir dan kaca dengan menggunakan lolos saringan No. 50 (0,3 mm). Tahap ketiga, menimbang setiap bahan kebutuhan sesuai dengan *job mix design*. Tahap keempat, menyiapkan alat-alat yang digunakan seperti seng, sendok semen, papan, kuas, dan cetakan roster dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm. Tahap keenam, mencampurkan pasir, semen, serbuk kaca dan menambahkan air secukupnya. Kemudian, mengaduk campuran bahan tersebut hingga menjadi mortar. Masukkan cacahan plastik ke dalam mortar tersebut dan mengaduk hingga merata. Adapun pengadukan campuran bahan dalam pembuatan roster dengan cara manual seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengadukan campuran bahan roster

Sambil mengaduk bahan campuran pembuatan roster, mulai mengolesi cetakan dengan oli bekas agar memudahkan melakukan pelepasan cetakan. Masukkan mortar ke dalam cetakan roster secara perlahan dan dipukul bagian samping cetakan dengan palu karet untuk meminimalisasi adanya rongga pada roster. Selanjutnya, mengeringkan roster pada ruangan tertutup selama ± 24 jam supaya komponen pembentukan dapat menyatu dengan sempurna. Tahapan terakhir, melakukan pelepasan

roster dan melakukan perawatan roster dengan cara direndam ke dalam air. Adapun bentuk roster ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Roster

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari bahan campuran yang akan digunakan untuk pembuatan roster. Adapun pengujian material yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

3.1.1. Pengujian serbuk kaca

Pada pengujian serbuk kaca dilakukan pengujian berat jenis yang berdasarkan sesuai SNI 1970:2008. Hasil dalam pengujian berat jenis serbuk kaca telah memenuhi syarat SNI 1970:2008 sebagai substitusi parsial terhadap pasir. Berikut hasil dari pengujian berat jenis serbuk kaca diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis serbuk kaca

Jenis Pengujian	Hasil	SNI 1970:2008	Keterangan
Berat Jenis	2,398 gram/cm ³	1,6 – 3,3 gram/cm ³	Memenuhi

3.1.2. Pengujian pasir

Pada pengujian pasir dilakukan tiga pengujian, yaitu kadar lumpur, gradasi pasir, dan berat jenis pasir. Pengujian ini berdasarkan SNI sebagai acuan dan sudah telah memenuhi syarat dari SNI tersebut. Berikut hasil pengujian pasir diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengujian pasir

Jenis pengujian	Hasil	SNI Acuan		Keterangan
Kadar lumpur	4%	<5%	SK SNI S-04-1989-F	Memenuhi
Modulus halus butir	3,672%	1,5-3,8%	SNI 03-1972-1990	Memenuhi
Berat jenis	2,42 gr/cm ³	1,6-3,3 gr/cm ³	SNI 1970:2008	Memenuhi

3.1.3. Pengujian semen

Pada pengujian semen dilakukan dua pengujian, yaitu pemeriksaan visual dan berat jenis. Pemeriksaan visual dari semen dilakukan secara pengecekan dan pengamatan terhadap kondisi kemas semen yang masih tertutup dan butiran semen yang tidak menggumpal. Sedangkan pengujian berat jenis semen dilakukan berdasarkan sesuai SK SNI 03-2834-2002. Hasil dalam pengujian berat jenis semen telah memenuhi syarat SK SNI 03-2834-2002. Berikut hasil dari pengujian berat jenis semen diuraikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian berat jenis semen

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Berat Jenis	1,25 gram/cm ³	Memenuhi

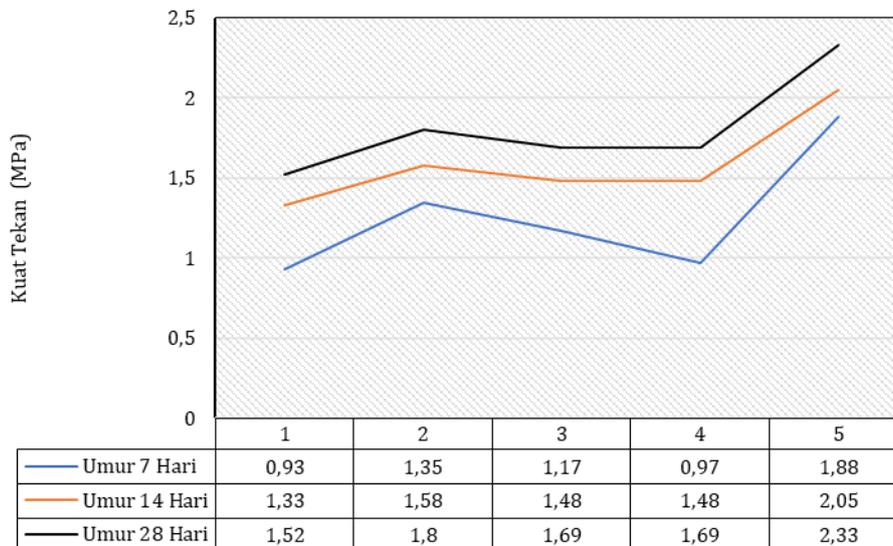
3.2. Hasil pengujian kuat tekan

Cetakan roster ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm yang berisi campuran beton dilepas pada ±24 jam setelah campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan. Pereendaman dilakukan sebagai perawatan beton yang kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada umur roster 7 hari dan 14 hari, lalu hasilnya dikonversi ke 28 hari. Adapun rekapitulasi hasil kuat tekan roster disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil kuat tekan roster umur 28 hari

Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
R ₁	1,36	1,52
	1,53	
	1,65	
R ₂	1,93	1,80
	1,70	
	1,76	
R ₃	1,70	1,69
	1,76	
	1,59	
R ₄	2,22	1,69
	1,65	
	1,19	
R ₅	2,44	2,33
	2,33	
	2,22	

Hasil analisis pengujian kuat tekan pada masing-masing variasi dengan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari disajikan pada Gambar 6.

**Gambar 6.** Rata-rata kuat tekan roster

Nilai dari pengujian kuat tekan roster pada umur 14 hari kemudian diinterpolasikan menjadi umur 28 hari yang merupakan umur beton dengan nilai kuat tekan optimal. Dari interpolasi data menunjukkan nilai kuat tekan pada variasi R₁ sebesar 1,52 MPa, pada variasi R₂ sebesar 1,8 MPa, pada

variasi R₃ sebesar 1,69 MPa, pada variasi R₄ sebesar 1,69 MPa, dan pada variasi R₅ sebesar 2,33 MPa. Variasi R₄ dan R₅ merupakan variasi yang dibuat untuk mengetahui peningkatan signifikan disebabkan oleh adanya substitusi bahan plastik atau serbuk kaca. Dari data hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi R₂ merupakan variasi yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan adanya substitusi bahan plastik 10% dan serbuk kaca 5%. Sedangkan variasi R₁ merupakan variasi yang memiliki nilai kuat tekan terendah dengan tanpa adanya substitusi bahan plastik dan serbuk kaca. Dilakukan pula pengujian kuat tekan pada roster yang ada di pasaran sebagai variasi RT₁ yang memiliki kuat tekan 0,32 MPa.

Pada penelitian ini SNI 03-0349-1989 mengenai bata beton berlubang menjadi acuan dan karena ukuran benda uji pada SNI berbeda dengan *output* penelitian kali ini, peneliti menjadikan RT₁ sebagai kriteria dalam pemenuhan nilai kuat tekan. Oleh karena RT₁ memiliki kuat tekan sebesar 0,32 MPa, dapat disimpulkan bahwa semua variasi dengan substitusi bahan plastik dan kaca memenuhi nilai kuat tekan tersebut.

Nilai kuat tekan mengalami kenaikan dari R₁ ke R₂ disebabkan oleh adanya substitusi bahan plastik 10% dan serbuk kaca 5%. Dinyatakan oleh (Lubis, 2021) kuat tekan beton meningkat seiring dengan adanya penambahan substitusi plastik terjadi karena daya penyerapan beton menurun. Sedangkan substitusi serbuk kaca dapat meningkatkan nilai kuat tekan disebabkan oleh kandungan silika dalam serbuk kaca yang mengandung *pozzolan* yang memiliki sifat merekatkan atau mengikat sama seperti semen (Anwar, 2020). Sedangkan dari R₂ ke R₃ mengalami penurunan dikarenakan komposisi persentase substitusi plastik pada R₃ lebih kecil dan substitusi serbuk kaca lebih besar. Hal tersebut linear dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wijaya dan Sudjatmiko, 2023) bahwa penentuan komposisi substitusi pada ambang batas yang sesuai akan mendapatkan hasil yang optimal.

Variasi R₄ dan R₅ merupakan variasi yang dibuat dengan penambahan salah satu dari bahan tersebut. Variasi R₄ menggunakan substitusi bahan plastik sebesar 15% dan serbuk kaca 0%, sedangkan pada variasi R₅ menggunakan substitusi bahan plastik 0% dan serbuk kaca 15%. Dari hasil pengujian menunjukkan variasi R₅ mendapatkan nilai kuat tekan yang tinggi. Hasil tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya substitusi serbuk kaca akan mengisi pori-pori beton dan akan membuat beton lebih padat (Wijaya & Sudjatmiko, 2023). Sedangkan pada variasi R₄ dengan substitusi bahan plastik 15% dan serbuk kaca 0% mengalami penurunan nilai kuat tekan yang cukup banyak. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian terdahulu, penurunan nilai kuat tekan terjadi karena semakin banyak substitusi bahan plastik yang membuat daya rekat antar komponen tidak bekerja secara maksimal sehingga menyebabkan terjadinya rongga pada benda uji yang berpengaruh pada tingkat kerapatan menjadi kurang maksimal (Mildawati dkk., 2021).

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa adanya substitusi bahan plastik dan serbuk kaca dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan variasi R₂ menjadi variasi dengan nilai kuat tekan yang optimal yaitu sebesar 1,8 MPa dengan substitusi bahan plastik 10% dan serbuk kaca 5%.

3.3. Hasil pengujian daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan pada saat roster sudah berumur 7 hari. Roster diangkat dari perendaman yang telah direndam 1 hari, kemudian ditimbang pada keadaan basah. Setelah itu dikeringkan dibawah sinar matahari ±1 hari untuk ditimbang sebagai berat kering. Adapun hasil pengujian daya serap air sebagai disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian daya serap air

Variasi	Berat basah (A)	Berat kering (B)	Penyerapan air (%)	Rata-rata (%)	Syarat SNI 03-0349-1989	Keterangan
RT _{1A}	3532	2994	17	17,78		Memenuhi
RT _{1B}	3517	2981	17,98			Memenuhi
RT _{1C}	3524	2977	18,37			Memenuhi
R _{1A}	4971	4724	5,23	5,75		Memenuhi
R _{1B}	4984	4652	7,14			Memenuhi
R _{1C}	4978	4746	4,89			Memenuhi
R _{2A}	5090	4916	3,54	3,48		Memenuhi
R _{2B}	5054	4891	3,33			Memenuhi

Variasi	Berat basah (A)	Berat kering (B)	Penyerapan air (%)	Rata-rata (%)	Syarat SNI 03-0349-1989	Keterangan
R _{2C}	5104	4928	3,57			Memenuhi
R _{3A}	4910	4713	4,18	4,34		Memenuhi
R _{3B}	4904	4690	4,56		Memenuhi	
R _{3C}	4888	4687	4,29		Memenuhi	
R _{4A}	4970	4782	3,93	3,92		Memenuhi
R _{4B}	4983	4790	4,03		Memenuhi	
R _{4C}	4966	4784	3,80		Memenuhi	
R _{5A}	5085	4873	4,35	4,68		Memenuhi
R _{5B}	5126	4881	5,02		Memenuhi	
R _{5A}	5107	4879	4,67		Memenuhi	

Hasil analisis data menunjukkan bahwa variasi yang memiliki nilai daya serap air terendah yaitu variasi R₂ dengan nilai daya serap air 3,48% dengan komposisi substitusi plastik 10% dan 5% serbuk kaca. Kemudian nilai daya serap air variasi RT₁, R₁, R₃, R₄, dan R₅ masing-masing 17,78%, 5,75%, 4,34%, 3,92%, dan 4,68%. Hasil uji dapat disimpulkan bahwa semua benda uji sudah sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dan RT₁ sebagai pembanding merupakan roster yang ada di pasaran.

Penurunan dan peningkatan nilai daya serap air pada penelitian ini disebabkan oleh adanya substitusi plastik dan serbuk kaca pada semen dan pasir. Pada hasil pengujian daya serap air, variasi R₂ memiliki nilai daya serap air yang paling optimal yaitu variasi yang memiliki nilai daya serap air terendah dengan persentase substitusi plastik 10% dan kaca 5%. Sedangkan variasi RT₁ memiliki nilai daya serap tertinggi sebesar 17,78% dengan RT₁ merupakan roster yang ada pada pasaran. Hal tersebut sama dengan yang dilakukan oleh (Anggraeni dkk., 2020) bahwa dengan substitusi plastik 9% mendapatkan nilai daya serap sebesar 4,10%. Penurunan nilai daya serap air oleh substitusi plastik disebabkan oleh adanya sifat polietilen pada plastik yang membuat kedap air dan tidak larut dalam air (Kusuma, 2019). Pada penelitian yang dilakukan (Pradana, 2021) juga menyatakan bahwa penurunan nilai daya serap air disebabkan oleh sifat plastik yaitu tidak menyerap air. Sedangkan penurunan nilai daya serap air pada substitusi serbuk kaca terjadi karena sifat serbuk kaca yang sedikit menyerap air dan memiliki hasil kepadatan yang baik (Sudjati dkk., 2015). Kaca juga bisa sebagai pengisi rongga yang akan mengurangi pori-pori pada beton sehingga daya serap menurun (Wijaya & Sudjatmiko, 2023). Dengan demikian, disimpulkan bahwa pengujian daya serap air optimal pada variasi R₂ dengan adanya substitusi plastik sebesar 10% dan serbuk kaca sebesar 5%.

3.4. Hasil pengujian fisik/visual

Pengujian fisik atau visual dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap masing-masing hasil benda uji. Pengujian fisik/visual menurut SK SNI-S-04-1989-F ada dua kriteria pengujian yaitu sifat tampak serta bentuk dan ukuran. Adapun bentuk roster substitusi plastik ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Roster substitusi plastik

Gambar 7 menunjukkan bahwa roster dengan substitusi plastik memiliki fisik yang kurang baik dikarenakan adanya cacahan plastik yang berada pada sisi luar atau tampak dari roster tersebut. Sedangkan pada variasi roster dengan substitusi parsial limbah kaca memiliki bentuk yang lebih halus karena partikel serbuk kaca yang kecil sehingga bisa halus pada saat sudah kering. Pada pengujian ini juga dilakukan percobaan pengukuran pada setiap sisi. Roster dengan bahan substitusi ini memiliki ukuran yang sesuai dengan yang direncanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran fisik/visual pada roster

3.5. Biaya material

Analisis dan perhitungan biaya material terhadap setiap kebutuhan bahan campuran dalam pembuatan roster didasarkan harga pasaran di Kota Semarang. Adapun rincian biaya material pada setiap variasi untuk pembuatan roster pada masing-masing variasi antara lain sebagai berikut:

1) Roster R₁

Roster R₁ merupakan roster konvensional yang tersusun dari 25% pasir dan 75% semen. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan Roster R1 disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rincian harga roster R₁

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	801,66	gr	1.125	903
Pasir	4656,02	gr	800	3.725
Plastik				
Serbuk kaca				
Total biaya/sampel				4.628
Total biaya/m ²				115.700

2) Roster R₂

Roster R₂ merupakan roster non konvensional dengan bahan substitusi sebesar plastik 10%, serbuk kaca 5%, semen 15%, dan pasir 70%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₂ disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rincian harga roster R₂

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	721,49	gr	1.125	813
Pasir	4578,42	gr	800	3.663
Plastik	88,5	gr	3.000	266
Serbuk kaca	76,89	gr	5.000	385
Total biaya/sampel				5.127
Total biaya/m ²				128.175

3) Roster R₃

Roster R₃ merupakan roster non konvensional dengan bahan substitusi sebesar plastik 5%, serbuk kaca 10%, semen 20%, dan pasir 65%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₃ disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rincian harga roster R₃

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	761,57	gr	1.125	858
Pasir	4500,82	gr	800	3.601
Plastik	44,25	gr	3.000	133
Serbuk kaca	153,92	gr	5.000	770
Total biaya/sampel				5.362
Total biaya/m ²				134.050

4) Roster R₄

Roster R₄ merupakan roster non konvensional dengan bahan substitusi sebesar plastik 15%, semen 10%, dan pasir 75%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₄ disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rincian harga roster R₄

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	681,41	gr	1.125	766
Pasir	4656,02	gr	800	3.725
Plastik	132,75	gr	3.000	399
Serbuk kaca			5.000	
Total biaya/sampel				4.890
Total biaya/m ²				121.250

5) Roster R₅

Roster R₅ merupakan roster non konvensional bahan substitusi sebesar serbuk kaca 15%, semen 25%, dan pasir 60%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₅ disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rincian harga roster R₅

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	801,66	gr	1.125	903
Pasir	4432,22	gr	800	3.539
Plastik				
Serbuk kaca	230,88	gr	5.000	1.155
Total biaya/sampel				5.597
Total biaya/m ²				139.925

Dari rincian anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan produksi setiap variasi roster, dapat disimpulkan bahwa harga roster konvensional (R₁) lebih rendah/murah dari pada roster non konvensional sebesar Rp4.628/produksi.

3.6. Pemilihan campuran optimum

Variasi R₂ mendapatkan nilai kuat tekan yang paling tinggi yaitu 1,8 Mpa, nilai daya serap terendah didapatkan pada variasi R₂ yaitu 3,48%, sedangkan pada pengujian fisik semua variasi memenuhi persyaratan kecuali variasi R₄ karena menggunakan substitusi plastik paling besar yang membuat permukaan roster terlihat cacahan plastik dan tidak halus. Kemudian, dari hasil analisis harga variasi R₁ merupakan variasi yang paling murah yaitu Rp4.628 memiliki selisih Rp499 dengan variasi R₂ yaitu Rp5.127. Adapun apabila dibandingkan dengan roster yang dibeli di pasaran memiliki kuat tekan yang jauh di bawah dari roster inovasi yaitu 0,32 MPa, memiliki daya serap 17,78%, dan dibeli dengan harga Rp12.000 di toko bangunan sekitar kampus Undip.

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa variasi optimum diperoleh pada variasi R₂ dengan komposisi bahan PC 15% : PS 70% : PL 10% : GL 5%. Secara dominan variasi R₂ unggul dari sebagian besar hasil pengujian, terutama pada nilai kuat tekan dan daya serap air yang menjadi tujuan dari

penelitian ini. Dengan demikian, inovasi roster dengan bahan substitusi plastik dan kaca berhasil. Adapun hasil rekapitulasi pengujian pada masing-masing sampel disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi hasil pengujian sampel

Indikator	RT ₁	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Kuat Tekan (MPa)	0,32	1,52	1,80	1,69	1,69	2,33
Daya Serap Air (%)	17,78	5,75	3,48	4,34	3,92	4,68
Harga (Rp)	12.000	4.628	5.127	5.362	4.4890	5.597

3.7. Pengurangan semen dan pasir

Tabel 14 menunjukkan data hasil pengurangan semen dan pasir oleh adanya substitusi limbah plastik dan serbuk kaca masing-masing pada variasi R₁ sebesar 0% dan 0%, pada variasi R₂ sebesar 12,3% dan 1,7%, pada variasi R₃ sebesar 5,8% dan 3,4%, pada variasi R₄ sebesar 19,5% dan 0%, serta pada variasi R₅ sebesar 0% dan 5,2%. Dapat disimpulkan bahwa variasi R₂ memiliki nilai pengurangan semen dan pasir paling optimal sehingga menjadikan roster ini lebih ramah terhadap lingkungan.

Tabel 14. Rekapitulasi hasil pengurangan semen dan pasir

Variasi	Persentase pengurangan semen (%)	Persentase pengurangan pasir (%)
R ₁	0	0
R ₂	12,3	1,7
R ₃	5,8	3,4
R ₄	19,5	0
R ₅	0	5,2

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian penelitian dan pembahasan, maka bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Variasi optimum adalah variasi R₂ dengan hasil nilai kuat tekan 1,8 MPa, nilai daya serap air sebesar 3,48%, fisik atau visual yang memenuhi syarat, dan dengan biaya sebesar Rp5.127/satuan dan Rp128.175/m². Disimpulkan bahwa variasi R₂ memenuhi SNI 03-0349- 1989 dan sebagai pembanding yaitu variasi RT₁ yang dibeli di pasaran.
- 2) Hasil pengujian terhadap adanya limbah plastik dan kaca sebagai substitusi semen dan pasir pada pembuatan roster didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a) Nilai kuat tekan terbaik berada pada variasi R₂ sebesar 1,58 MPa, sedangkan nilai terendah berada pada variasi R₁ sebesar 1,52 Mpa.
 - b) Nilai daya serap air terbaik berada pada variasi R₂ sebesar 3,48%, sedangkan nilai terendah berada pada variasi R₁ sebesar 5,75%.
 - c) Analisis pengujian fisik atau visual semua variasi memenuhi syarat kecuali R₄ karena memiliki persentase substitusi plastik terbesar.
 - d) Analisis biaya terbaik diantara variasi yang menggunakan substitusi yaitu variasi R₂ yaitu Rp5.127/satuan dan Rp. 128.175/m². Sedangkan variasi yang paling mahal yaitu variasi R₅ yaitu Rp5.597/satuan dan Rp139.925/m², sehingga terjadi perbedaan biaya Rp11.750/m².

Ucapan terima kasih

Terimakasih ditujukan kepada Allah SWT, kepada dosen pembimbing penelitian ini, dan kepada pihak yang sudah membantu dalam penyusunan penelitian ini dari awal sampai akhir. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi penelitian-penelitian selanjutnya.

Referensi

Anggraeni, N., Yusrianti, Y., & Amrullah, A. (2020). Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Jenis PET pada Pembuatan Beton Berpori. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 53–59.

- Badan Standardisasi Nasional. (1989): SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam).
- Badan Standardisasi Nasional. (1989): SNI-1972-1990. Metode Pengujian Slump Beton. Badan Standardisasi Nasional. (2004): SNI 15-2049-2004. Semen Portland.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989). SNI 03-0349-1989. Spesifikasi Bata beton untuk pasangan dinding. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Kusuma, G. A. (2019). Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (Poly Propylene) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (Paving Block). 12.
- Mildawati, R., Dewi, S. H., & Syefringga, F. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Jurnal Abulyatama*, 8(02), 86–97.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971): PBI-1971.
- Pradana, Y. T. (2019). Analisa Pengaruh Campuran Limbah Plastik Sebagai Material Beton Ringan. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, 1–105.
- Putratama, J. (2018). Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Dan Sebagai Filler Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton (Doctoral Dissertation, Uajy).
- Ramadhan, D., Wahyudi, I., Afiah, A., Arcana, G. P. F., Rizky, M., & Istanto, K. (2024). Inovasi Beton Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Kaca dan Plastik PET. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, Vol 5(1), 31–36.
- Saputra, Y. R., Alaika, F. S., Andriansyah, V., Alquratu, A. C. D., Pridarta, S. B., & Sari, A. N. (2023). Studi Efektivitas Penambahan Bubuk Wortel dan Air Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Guna Mengurangi Dampak Pemanasan Global Akibat Produksi Semen. *Jurnal Talenta Sipil*, Vol 6(2), 268. Sudjati, J. J., Atmaja, Emawati, A., Suwignyo, & Luvena, G. A. (2015). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 94–103.