

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Ventilation Block*

Ventilation block atau umum disebut roster merupakan jenis beton non struktural yang secara konvensional diaplikasikan di atas pintu, di atas jendela, juga terapkan pada bangunan tradisional dan berfungsi sebagai penghawaan alami bangunan. Penyebaran tren di bidang arsitektur berdampak pada penempatan roster, sehingga kini roster juga banyak diaplikasikan sebagai partisi ruangan dan lain sebagainya. Roster beton banyak dipilih sebagai salah satu bahan bangunan dalam konstruksi bangunan karena mempunyai harga yang lebih ekonomis dari bahan lain, lebih mudah dipasang dan dirawat, tidak membutuhkan banyak bahan pendukung, dan juga tidak membutuhkan banyak tenaga kerja dalam pemasangannya.



Gambar 2.1 *Ventilation Block*

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, pemakaian *ventilation block* atau bata beton berlubang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Bata beton berlubang mutu I, merupakan penggunaan bata beton berlubang pada area yang memiliki beban di atasnya dan pada area yang tidak tertutup atap.
- b. Bata beton berlubang mutu II, merupakan penggunaan bata beton berlubang pada area yang memiliki beban di atasnya dan pada area yang berada di bawah atap (tertutup).
- c. Bata beton berlubang mutu III, merupakan penggunaan bata beton berlubang pada area yang tidak memiliki beban di atasnya dan pada permukaan bata boleh tidak diplester.
- d. Bata beton berlubang mutu IV, merupakan penggunaan bata beton berlubang pada area yang tidak memiliki beban di atasnya dan pada area yang berada di bawah atap (tertutup).

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, *ventilation block* atau bata beton berlubang memiliki persyaratan fisik serta standar ukuran dan toleransi seperti yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Persyaratan Fisik Bata Beton Berlubang

No.	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu			
			I	II	III	IV
1.	Kuat tekan bruto rata-rata minimum *)	MPa	7	5	3.5	2
		(kg/cm ²)	70	50	35	20
2.	Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum*)	MPa	6.5	4.5	3	1.7
		(kg/cm ²)	65	45	30	17
3.	Penyerapan air rata-rata maks	%	25	35	–	–

(Sumber : SNI 03-0349-1989)

*)Kuat tekan bruto merupakan keseluruhan beban saat benda uji pecah, dibagi dengan luas penampang bata, termasuk luas lubang serta cekung tepi

Tabel 2.2 Standar Ukuran dan Toleransi Bata Beton Berlubang

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekatan lubang, minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 +3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	–	–
2. Berlubang					
a. Kecil	390 +3 - 5	190 +3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 +3 - 5	190 +3 - 5	200 ± 3	25	20

(Sumber : SNI 03-0349-1989)

2.2 Bahan Penyusun *Ventilation Block*

2.2.1 Semen

Semen merupakan salah satu material penyusun *ventilation block* yang berfungsi sebagai bahan pengikat agregat. Semen portland (SP) adalah semen hidrolis hasil dari klinker yang digiling sampai halus bersama dengan gipsum serta bahan tambahan lainnya. Klinker merupakan hasil batu kapur dan tanah liat yang dipanaskan dengan suhu tinggi sehingga mengandung senyawa-senyawa utama, seperti trikalsium silikat (C3S), dikalsium silikat (C2S), trikalsium aluminat (CA3), dan tetrakalsium aluminoferrit (C4AF). Gipsum yang mengandung kalsium sulfat hidrat digunakan untuk mengoptimalkan waktu pengerasan dan pengikatan.

Berdasarkan tujuan pemakaiannya, dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) maupun American Standard Testing and Material (ASTM), semen portland diklasifikasikan menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Jenis I, merupakan semen portland yang pada umumnya digunakan dan tidak memiliki persyaratan khusus.
- b. Jenis II, merupakan semen portland yang memiliki sifat tahan terhadap panas hidrasi serta sulfat dalam skala sedang.

- c. Jenis III, merupakan semen portland yang digunakan pada konstruksi dengan kebutuhan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV, merupakan semen portland yang memiliki sifat tahan terhadap panas hidrasi serta sulfat dalam skala rendah.
- e. Jenis V, merupakan semen portland yang memiliki sifat sangat tahan terhadap sulfat.



Gambar 2.2 Semen Portland

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2.2.2 Pasir

Agregat halus atau pasir merupakan salah satu bahan penyusun *ventilation block* yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran. Pasir berupa butiran mineral yang memiliki ukuran antara 0,075 – 5 mm atau lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 200 (ASTM C33-03, 2003). Dalam campuran beton, pasir berperan penting terhadap kualitas serta hasil akhir beton.

Syarat-syarat agregat halus yang baik untuk digunakan berdasarkan SK SNI-S-04-1989-F adalah sebagai berikut :

- a. Pasir dalam keadaan bersih, dimana jika diuji dengan larutan pencuci, tinggi endapan pasir tidak kurang dari 70%.
- b. Kadar lumpur di dalam pasir atau butiran yang lolos saringan 0,063 mm tidak lebih dari 5%, jika kandungan lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dibersihkan sebelum digunakan.

- c. Memiliki modulus angka kehalusan yang terletak di antara 2,2 – 3,2 dengan fraksi yang lolos saringan 0,3 mm tidak kurang dari 15% berat.
- d. Pasir tidak memiliki kandungan zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Pasir dapat dilakukan tes dengan merendam pasir ke dalam larutan NaOH 3%.
- e. Memiliki sifat kekal terhadap larutan jenuh garam sulfat, dimana :
 - Jika terhadap larutan natrium sulfat, fraksi yang hancur maksimal 12% dari berat.
 - Jika terhadap larutan magnesium sulfat, fraksi yang hancur maksimal 10% dari berat.
- f. Memiliki reaksi negatif terhadap alkali.



Gambar 2.3 Pasir

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2.2.3 Air

Air merupakan salah satu material penyusun *ventilation block* yang berfungsi sebagai bahan pelumas serta bahan hidrasi bagi semen dan agregat halus sehingga *ventilation block* mudah untuk dipadatkan dan dicetak. Spesifikasi air yang baik untuk digunakan berdasarkan SK SNI S-04-1989-F adalah sebagai berikut :

- a. Air dalam keadaan bersih.

- b. Secara visual tidak terdapat kandungan lumpur, minyak, ataupun benda terapung lainnya.
- c. Kandungan lumpur dalam air tidak lebih dari 2 gram/liter.
- d. Tidak terdapat kandungan garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- e. Maksimal kandungan klorida (Cl) dalam air tidak lebih dari 5 gram/liter.
- f. Tidak mengandung sulfat lebih dari 1 gram/liter.



Gambar 2.4 Air

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2.3 Bahan Substitusi

2.3.1 *Crumb Rubber*

Crumb Rubber atau biasa disebut serbuk karet merupakan material yang dihasilkan dari limbah ban bekas ataupun produk karet lainnya yang dihancurkan dan dapat digunakan untuk campuran produk karet lain, seperti campuran pada bahan bangunan, sol sepatu karet, campuran aspal, dan lain sebagainya. Berdasarkan data SIPSN, jumlah limbah karet pada tahun 2022 adalah sebesar 1,76% dari total limbah di Indonesia, dimana pada tahun 2023 jumlah limbah karet sebesar 2,2% dari total limbah di Indonesia, sehingga diketahui jumlah limbah karet mengalami kenaikan per tahunnya.

Untuk menjadi serbuk karet yang dapat dimanfaatkan, limbah ban bekas akan diproses dengan beberapa tahapan. Limbah ban bekas dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti tempat pembuangan sampah maupun tempat jual beli barang bekas. Kemudian, ban bekas akan dipisahkan dari komponen logam dan serat tekstil yang terkandung di dalamnya, sehingga yang selanjutnya diproses hanya komponen karet. Selanjutnya ban bekas akan dihancurkan atau dicacah sehingga menjadi potongan-potongan kecil. Setelah itu, potongan ban bekas tersebut akan dihaluskan dengan cara digiling sehingga menjadi serbuk karet dengan ukuran yang dapat disesuaikan. Proses terakhir adalah proses pengayakan agar serbuk karet yang dihasilkan memiliki ukuran yang seragam.



Gambar 2.5 *Crumb Rubber* (Serbuk Karet)

2.3.2 *Fly Ash*

Fly ash merupakan material residu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batu bara. *Fly ash* mempunyai kadar semen yang tinggi dan bersifat pozzolan. Sifat pozzolan adalah sifat yang dimiliki bahan-bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina (Subakti, 2014). Selain memiliki sifat pozzolan yang mengikat antara semen dan *fly ash*, penggunaan *fly ash* juga difungsikan sebagai filler,

dimana filler itu sendiri merupakan bentuk dari *fly ash* yang sangat halus. *Fly ash* memiliki kelebihan tahan terhadap serangan dari sulfat.



Gambar 2.6 *Fly Ash* Kelas C

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Klasifikasi *fly ash* atau abu terbang terbagi menjadi tiga jenis *fly ash*, yaitu sebagai berikut :

1. *Fly Ash* Kelas C

Fly ash dengan kandungan CaO 10% atau lebih, dihasilkan dari pembakaran batu bara coklat atau batu bara sub-bituminus (batu bara muda). Mengandung senyawa lain berupa SiO₂ (30-50%), Al₂O₃ (17-20%), Fe₂O₃, MgO, NaO₂, dan beberapa K₂O. Memiliki berat jenis 2,31-2,86. Mempunyai sifat pozzolan, namun bereaksi langsung dengan air membentuk CSH (CaO.SiO₂.2H₂O).

2. *Fly Ash* Kelas F

Pembakaran aspal antrasit atau batu bara menghasilkan abu terbang dengan kandungan CaO kurang dari 10%. Mengandung senyawa lain berupa SiO₂ (30-50%), Al₂O₃ (45-60%), MgO, KO₂, dan sejumlah NaO₂. Berat jenisnya adalah 2,15-2,45. Seperti pozzolan, *fly ash* kelas F tidak dapat mengendap karena kandungan CaO yang rendah.

3. *Fly Ash* Kelas N

Pozzolan alami atau produk pembakaran yang dapat diklasifikasikan sebagai tanah diatom, opaline chert dan shales, tufa dan abu vulkanik, yang biasanya diolah melalui proses pembakaran atau tidak diolah melalui proses pembakaran. Selain itu, *fly ash* kelas N memiliki sifat pozzolan yang cukup baik.

2.4 Pengujian Material

2.4.1 Uji Sieve Shaker/Modulus Kehalusan

Uji *sieve shaker* atau modulus kehalusan merupakan pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dimana bertujuan untuk mengklasifikasikan agregat halus yang dibutuhkan menggunakan alat *sieve shaker* dengan saringan no. 4, 10, 20, 40, 80, 120, 200, dan pan. Digunakan agregat halus seberat 1 kg yang sudah dikeringkan menggunakan oven selama 8 jam. Agregat halus yang sudah kering dimasukkan ke dalam saringan kemudian diletakkan di alat *sieve shaker* selama kurang lebih 10 – 15 menit sehingga didapatkan butir agregat halus yang dibutuhkan. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat halus yang lolos saringan diameter 4,75 mm. Selain itu, uji sieve shaker juga dilakukan pada material *fly ash*, dimana material *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *fly ash* kelas C yang lolos pada saringan diameter 0,075 mm.

2.4.2 Uji Kocokan/Kadar Lumpur

Uji kocokan atau uji kadar lumpur merupakan suatu metode untuk menganalisis kandungan lumpur yang terdapat pada material pasir. Sebelum dilakukan uji kocokan, pasir harus dioven sehingga dipastikan sudah dalam keadaan kering. Pasir kering dimasukkan ke dalam gelas ukur sampai batas tinggi 130 cc, kemudian diisi air sampai batas tinggi 250 cc. Campuran pasir dan air tersebut kemudian dikocok selama 30 menit. Setelah itu, campuran tersebut didiamkan selama 5 jam sehingga lapisan pasir dan lumpur terpisah.

2.4.3 Uji NaOH/Lumpur Organik

Uji NaOH atau uji sodium hidroksida merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi kandungan lumpur organik dalam pasir. Metode ini menggunakan pasir kering yang dimasukkan ke dalam gelas ukur sampai batas tinggi 150 cc. Selanjutnya, pada gelas ukur ditambahkan larutan NaOH 3% sampai batas tinggi 200 cc, kemudian ditutup selama 24 jam. Interpretasi hasil pengujian ini adalah perubahan warna larutan NaOH dan ketinggian lumpur. Standar perubahan warna larutan NaOH setelah pengujian adalah jika larutan jernih atau hamper tidak berubah warna, maka kandungan organik pada pasir cukup rendah atau tidak ada. Sedangkan, jika larutan gelap, berwarna cokelat atau hitam, maka kandungan organik pada pasir cukup tinggi.

2.5 Pengujian Benda Uji

2.5.1 Uji Dimensi/Ukuran

Pengujian terhadap dimensi atau ukuran benda uji didasarkan pada SNI 03-0349-1989, dimana ukuran panjang, tinggi, lebar, dan ukuran lubang memiliki syarat minimal dan maksimal yang harus dipenuhi. Syarat spesifikasi dimensi benda uji dapat dilihat pada tabel 2.2.

2.5.2 Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan terhadap *ventilation block* dengan benda uji berupa bata beton berlubang berdiamensi 37 cm x 15 cm x 9 cm dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekuatan benda uji ketika ditekan atau diberi beban. Pengujian kuat tekan perkerasan kaku harus dilakukan pada benda uji yang sudah cukup umur. Sehingga, uji kuat tekan dilakukan pada bata beton berlubang yang sudah berumur 14 hari, 21 hari, dan akan dikonversikan ke umur 28 hari. Setelah perkerasan kaku siap, masukkan ke dalam alat yang digunakan untuk uji kuat tekan lalu catat hasil angka tertinggi alat tersebut.

2.5.3 Uji Daya Serap Air/Absorpsi

Uji absorpsi atau pengujian daya serap air ini dilakukan dengan cara memasukkan ke dalam bak air benda uji yang sudah mencukupi umur, setelah itu dibiarkan terendam selama 24 jam. Setelah 24 jam, timbang benda uji selagi basah agar mengetahui berat basahnya. Kemudian benda uji dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 105^{\circ}$ untuk mengetahui berat keringnya.

2.6 Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan limbah serbuk karet dan *fly ash* pada bidang konstruksi terutama pada produksi beton sudah banyak dikembangkan sebelumnya. Penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi landasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Peneliti	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
1.	PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK SENDAL KARET TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON	Mohammad Haraun Ar Rasyid dan Diah Sarasanty	2022	Membandingkan kuat tarik dan tekan beton biasa dengan beton yang memiliki limbah serbuk sendal karet.	Menggunakan metode penelitian eksperimental dengan variasi komposisi serbuk sendal karet sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 20% dari jumlah agregat halus, yang kemudian akan diuji setelah beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, dengan rencana mutu beton adalah 20 MPa. Benda uji yang digunakan	Campuran beton dengan penambahan komposisi serbuk sendal karet sebesar 10% merupakan hasil yang paling optimal, dimana benda uji tersebut memiliki kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton normal.

					berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.	
2.	PENGARUH PEMANFAATAN SERBUK KARET BAN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK	Yulia Wahyu Saputri	2019	Membandingkan nilai kuat tekan <i>paving block</i> normal dengan pemanfaatan substitusi serbuk karet.	Menggunakan metode penelitian eksperimental, dimana akan dilakukan uji kuat tekan terhadap <i>paving block</i> dengan campuran serbuk karet sebanyak 0%, 6%, 9%, dan 12% terhadap semen, yang kemudian akan diuji setelah <i>paving block</i> berumur 14 hari <i>curing</i> , 28 hari <i>curing</i> , dan 28 hari <i>curing</i> menerus.	Nilai kuat tekan <i>paving block</i> dengan komposisi serbuk karet variasi 6% sebesar 14,6 MPa, variasi (% sebesar 8,470 MPa, variasi 12% sebesar 6,578 MPa, lebih tinggi dibandingkan <i>paving block</i> normal dengan nilai kuat tekan 6,399 MPa pada usia <i>paving block</i> 28 hari.
3.	FLY ASH SEBAGAI BAHAN	Mira Setiawati	2018	Mengetahui pengaruh penggunaan <i>fly ash</i>	Metode yang digunakan adalah metode eksperimental, dimana digunakan variasi	Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa penggunaan <i>fly</i>

	<p>PENGGANTI SEMEN PADA BETON</p>			<p>terhadap kuat tekan beton serta desain campuran beton dengan <i>fly ash</i> yang memiliki kuat tekan tinggi.</p>	<p>komposisi <i>fly ash</i> sebanyak 0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Beton akan diuji kuat tekan setelah berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.</p>	<p><i>ash</i> sebagai substitusi semen berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton. Setelah dilakukan uji kuat tekan pada beton berumur 28 hari, beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 316,33 kg/cm², beton dengan 5% FA memiliki kuat tekan sebesar 320,72 kg/cm², beton dengan 7,5% FA memiliki kuat tekan 347,58 kg/cm², beton dengan 10% FA memiliki kuat tekan 377,3 kg/cm², dan beton dengan 12,5% FA memiliki kuat tekan</p>
--	-----------------------------------	--	--	---	--	--

						sebesar 404,73 kg/cm ² .
4.	KUAT TEKAN BETON UNTUK MUTU TINGGI 45 MPA DENGAN <i>FLY ASH</i> SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEBAGIAN SEMEN	Rahmat Muhlis Mohamad, dkk	2020	Mendapatkan proporsi campuran beton dengan substitusi <i>fly ash</i> serta mengetahui nilai slump dan kuat tekan yang dihasilkan.	Penelitian ini dilakukan secara ekperimental, dimana digunakan bahan tambah <i>fly ash</i> dengan variasi 25%, 30%, 35%, dan 40% terhadap semen, yang kemudian dilakukan uji kuat tekan setelah beton berumur 28 hari.	Berdasarkan penelitian ini, dihasilkan beton dengan campuran <i>fly ash</i> 25% memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal, namun semakin tinggi persentase <i>fly ash</i> maka nilai kuat teka beton akan semakin turun.
5.	BATA BETON BERLUBAN G DARI ABU BATUBARA	Nurul Aini Sulistyowati	2013	Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui sifat fisis dan	Metode yang dipakai ialah eksperimental dengan membuat beda uji berupa mortar kubus dan bata beton	Hasil pengujian nilai kuat tekan optimum adalah pada bata beton berlubang dengan variasi

	(FLY ASH DAN BOTTOM ASH) YANG RAMAH LINGKUNGAN			mekanis dari bata beton berlubang dengan campuran fly ash dan bottom ash.	berlubang. Digunakan variasi komposisi bottom ash sebesar 0%, 30%, 50%, dan 60% terhadap berat pasir serta variasi komposisi fly ash sebesar 0%, 10%, 10%, dan 20% terhadap berat pasir.	komposisi 1 PC : 8 PS dimana digunakan 60% bottom ash dan 20% fly ash sebagai substitusi pasir dengan nilai kuat tekan sebesar 24,15 kg/cm ² dan dengan nilai daya serap air 27,88%.
6.	PENGARUH PENAMBAHAN AGREGAT BAN BEKAS DAN LIMBAH BOTOL KACA TERHADAP KARAKTERI	Dedyerianto, dkk	2022	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat mengidentifikasi karakteristik batako dengan pemanfaatan limbah ban bekas dan limbah botol kaca.	Metode penelitian pada penelitian ini ialah metode eksperimental laboratorium dengan membuat 3 benda uji yang menggunakan perbandingan komposisi pasir dengan ban bekas adalah 2 PS : 2 BB; 2 PS : 1 BB; dan 3 PS : 1 BB, serta perbandingan semen dengan limbah kaca adalah 1 PC : 1 LK; 1 PC : 2	Hasil pengujian batako dengan campuran limbah ban bekas dan limbah botol kaca adalah batako dengan variasi komposisi 2 PS : 1 PC : 1 LK : 2 BB memiliki nilai kuat tekan optimum yaitu sebesar 60 kg/cm ² .

	STIK DAN KUAT TEKAN BATAKO				LK; dan 1 PC : 1 LK. Benda uji akan dilakukan uji kuat tekan setelah batako berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.	
7.	PENGARUH FLY ASH PADA BATAKO TERHADAP KUAT TEKAN, PENYERAPAN AIR DAN RENDAMAN SUHU	Andrian Prasetyo	2022	Mengetahui pengaruh penambahan material fly ash terhadap kuat tekan, daya serap air, serta rendaman suhu bata beton berlubang, sehingga didapatkan komposisi optimum.	Digunakan metode eksperimental untuk dapat mengetahui komposisi optimum batako. Menggunakan perbandingan semen dengan pasir sebesar 1 : 8, dengan komposisi bahan additive damdex sebesar 2% dan variasi komposisi fly ash sebesar 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%.	Nilai kuat tekan optimum adalah batako dengan 2% damdex dan 7% fly ash dimana memiliki nilai kuat tekan sebesar 95,70 kg/cm ² . Serap air paling rendah adalah batako dengan 2% damdex dan 9% fly ash yaitu 7,51%.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa serbuk karet dan *fly ash* bisa menjadi material alternatif dalam pembuatan *ventilation block* ramah lingkungan. Serbuk karet memiliki sifat elastis dan fleksibel yang akan meningkatkan ketahanan pada beton sehingga dapat mencegah keretakan beton. *Fly ash* memiliki senyawa-senyawa kalsium silikat hidrat yang akan meningkatkan kekuatan pada beton. Selain itu, penggunaan *fly ash* sebagai substitusi semen akan membantu mengurangi emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh semen pada industri beton. Namun penggunaan serbuk karet sebagai substitusi agregat halus pada persentase tertentu akan menurunkan kuat tekan beton, sedangkan penggunaan *fly ash* pada persentase besar akan mengurangi ikatan pada campuran beton.

Untuk itu, dari kekurangan dan kelebihan material penyusun beton tersebut, dilakukan inovasi campuran beton yang mana menggabungkan serbuk karet dan *fly ash* sebagai substitusi agregat halus dan semen untuk dapat menghasilkan *ventilation block* yang ekonomis dan ramah lingkungan.