



Penggunaan Agregat Halus EX Paving Block untuk Campuran Beton

Aceng Nurkholis Majid¹, Roestaman², Sulwan Permana³

Jurnal Konstruksi
Institut Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@itg.ac.id

¹1611087@itg.ac.id

²roestaman@itg.ac.id

³sulwanpermana@itg.ac.id

Abstrak – Paving block merupakan salah satu diantara bahan konstruksi yang termasuk kedalam beton nonstruktural yang digunakan untuk menutupi permukaan tanah. Dalam pengaplikasiannya paving block banyak digunakan dalam berbagai infrastruktur nonstruktural seperti jalan setapak, trotoar, tempat parkir dan sebagainya. Limbah paving block bekas banyak dijumpai diberbagai tempat dan sebagian besar di buang begitu saja di lahan terbuka dan beberapa digunakan sebagai bahan urugan. Dalam penelitian ini limbah paving block akan dijadikan sebagai bahan perubah sebahagian agregat bubuk pada racikan beton. Riset ini memiliki tujuan yakni untuk mendapati pengaruh penggunaan limbah paving block sebagai material pengganti sebahagian agregat bubuk terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan yang direncanakan adalah 16,4 Mpa pada umur beton mencapai 14 hari. Limbah bongkahan paving block yang ada sebelumnya dikondisikan terlebih dahululu menjadi butiran agregat halus. Variasi campuran dalam penelitian ini diantaranya 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % dari agregat utama. Tiap-tiap campuran dibuat berjumlah 3 sampel uji. Selanjutnya dibuat pula sampel uji beton normal sebanyak 3 sampel sehingga total sampel uji yang dibuat sebanyak 15 sampel. Proses pencampuran menggunakan mesin pengaduk beton dilakukan sebanyak lima kali sesuai dengan jumlah variasi campuran yang direncanakan. Pada penelitian ini kuat tekan yang dihasilkan beton normal maupun beton dengan bahan substitusi agregat ex paving block diambil rata-ratanya. Kemudian hasil tersebut dievaluasi dengan pembatasan maksimal 5% dari kuat tekan rata-rata sehingga nilai powerfull untuk beton biasa didapat sebesar 10.67 MPa. Selanjutnya untuk beton dengan bahan substitusi agregat ex paving block dengan variasi campuran 5 %, 10%, 15% dan 20% nilai kuat tekan rata-rata yang didapat diantaranya 9.24 MPa, 11.04 MPa, 9.05 MPa dan 10.19 MPa. Nilai kuat tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode trendline dan menghasilkan persamaan regresi. Dari hasil analisis tersebut didapat kuat tekan dari semua variasi campuran berturut-turut yaitu 10.26 MPa, 10.153 MPa, 10.03 MPa, 9.92 MPa dan 9.80 MPa. Nilai tersbeut menunjukkan penurunan kuat tekan dengan selisih sebesar 1,1%. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan agregat ex paving block untuk substitusi bahan racikan beton mampu menurunkan powerfull beton.

Kata kunci – Beton; Kuat Tekan; Metode Trendline; Paving Block.

I. PENDAHULUAN

Perkerasan getas seperti paving block banyak dipergunakan di tempat khusus yang membutuhkan powerfull lebih untuk membentengi beban sekunder (*Secondary Force*) [1]. Meskipun mempunyai beberapa keunggulan, seperti halnya dengan jenis perkerasan lain, paving block juga memiliki resiko kerusakan [2]. Kehancuran paving block sering diakibatkan oleh beberapa faktor, contohnya mutu bahan penyusun yang tidak

sesuai dengan syarat, air hujan juga dapat menggerus, selain itu dominasi lintasan kendaraan melebihi maksimum ketahanan, jika pondasinya tidak kuat maka akan terlihat bergelombang sehingga tidak akan nyaman untuk dilewati kendaraan saat melaju dengan kecepatan tinggi. Paving block sudah mengalami kerusakan biasanya tidak akan digunakan sebagai penutup lapisan tanah [3],[4]. Dengan demikian paving block yang rusak tersebut menjadi limbah yang tidak bisa digunakan kembali. Limbah paving block sebenarnya bisa dijadikan sebagai material urugan. Akan tetapi dalam penelitian ini adalah menggunakannya kembali untuk pembuatan beton baru dengan cara memecah bongkahan paving block menjadi ukuran agregat halus dan dijadikan sebagai bahan substitusi pada campuran beton [5].

Berkaitan dengan latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dalam hal ini rumusan masalah sebagai berikut. Bagaimana pengaruh agregat halus ex paving block sebagai substitusi agregat bubuk dalam racikan beton atas kuat tekan [6]. Bagaimana mengetahui sifat-sifat beton yang sebagian agregat halus normalnya diganti dengan agregat halus ex paving block 5%, 10%, 15%, 20% [7]. Bagaimana menganalisis data hasil pengujian beton yang menggunakan agregat halus ex paving block sebagai pengganti sebagian agregat halus normal [8].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan agregat halus ex paving block sebagai pengganti sebagian agregat halus normal terhadap sifat-sifat beton segar dan setelah beton keras.

II. URAIAN PENELITIAN

Paving block merupakan diantara bagian dari infrastruktur yang tidak termasuk structural yang dipergunakan untuk menutupi lapisan permukaan tanah. Paving block ialah gabungan campuran semen portland atau bahan penempel hidroliss, air serta agregat halus dan kasar dengan atau tanpa bahan lain [9].

Di Indonesia sendiri awal mula penggunaan paving block untuk pertama kali yaitu pemasangan di terminal bus pulogadung dan trotoar jalan Thamrin Jakarta. Dan dimasa sekarang penggunaan paving block ini sudah beredar di semua kota besar di Indonesia, digunakan sebagai jalan setapak, halaman hotel, sekolah, rumah sakit, lahan parkir, kompleks perumahan dan lain sebagainya.

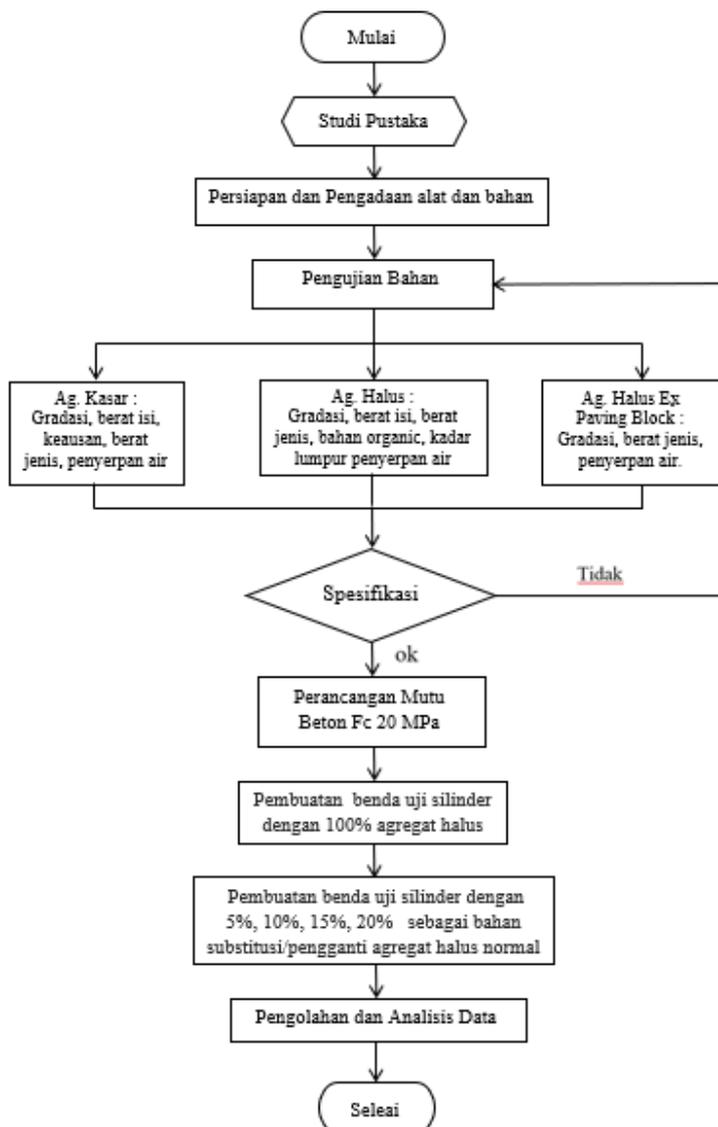
Paving block sendiri terbuat dari material yang umum digunakan dalam pembuatan beton yakni agregat (pasir, batu pecah), semen dan air. Semua material tersebut mesti akur dengan standar yang tercantum pada spek bahan penyusun beton. Proses pembuatan paving block ini berbeda dengan beton, dimana material yang sudah tercampur dengan rata dengan takaran yang sudah direncanakan di cetak dan di tekan (press) baik secara manual atau menggunakan alat mekanis. Berdasarkan cara pembuatannya maka paving block memiliki berbagai macam mutu. Pembuatan dengan cara manual menggunakan tangan biasa memiliki mutu yang kecil sedangkan pembuatan dengan menggunakan alat mekanis akan menghasilkan mutu paving block yang tinggi.

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut.

B. Bagan Alir Penelitian

Untuk memudahkan pengerjaannya, maka dibuat bagan alir seperti pada gambar 1.



Gambar 1: Bagan Alir Penelitian

C. Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan merupakan studi eksperimental atau metode percobaan tentang pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder yang dibuat dengan bahan tambahan berupa agregat halus ex paving block yang menggantikan sebagian agregat halus pada campuran utama. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Secara berurutan tahapan dalam studi eksperimen ini yakni sebagai berikut:

1. Pengujian material utama dan material substitusi racikan beton
2. Perencanaan *mix design* $f'c$ 20 mpa (sni 7656-2012)
3. Pencampuran bahan untuk beton normal
4. Pencampuran dengan bahan substitusi agregat ex paving block
5. Pengujian slump
6. Pengujian bobot isi beton segar
7. Perawatan beton
8. Pengkappingan benda uji silinder
9. Pengujian benda uji.

D. Alat dan Bahan

Alat – alat yang dipergunakan didalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mesin pengaduk beton (molen).
2. Timbangan
3. Satu set saringan agregat.
4. Mesin shieve shaker.
5. Piknometer .
6. Talam.
7. Kerucut Abrahams.
8. Batang besi penumbuk.
9. Mistar ukur.
10. Plat baja datar.
11. Sekop besar.
12. Sekop kecil.
13. Cetakan silinder.
14. Gelas ukur.
15. Ember.
16. Sendok semen.
17. Seperangkat peralatan kunci.
18. Bak perendam
19. Pemanas *capping*
20. Mesin uji tekan

Sedangkan bahan yang dipergunakan dalam riset ini ialah sebagai berikut:

1. Semen portlad tipe I
2. Agregat halus (pasir) Cilopang
3. Agregat kasar (kerikil) berasal dari batu pecah alami
4. Air dari laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut
5. Bahan Substitusi Agregat Ex Paving Block bekas lahan parkir

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengujian Agregat

Semua material utama dan bahan substitusi diuji terlebih dahulu baik sifat fisik maupun kimia untuk memastikan material yang digunakan sesuai dengan persyaratan dan standar yang ada. Pengujian material yang dilaksanakan berupa pengujian atas agregat bubuk, agregat kasar, agregat ex paving block, berat jenis semen. Dalam penelitian ini data material utama berupa agregat kasar dan agregat halus diambil dari data sekunder yakni hasil pengujian di Laboratorium PUPR Kabupaten Garut. Sedangkan untuk pengujian agregat ex paving block dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut. Di bawah ini merupakan hasil pengujian agregat.

Tabel 1: Hasil Pengetasan Agregat

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus		Agregat Kasar		Keterangan
		Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	
1	Kadar Lumpur	<5%	2,63 %			Memenuhi
2	Bobot Isi					
	• Gembur	1,4-1,9 kg/l	1.302 kg/l	1.4-1.9 kg/l	1,288 kg/l	Memenuhi
	• Padat	1.4-1.9 kg/l	1.592 kg/l	1.4-1.9 kg/l	1,481 kg/l	Memenuhi

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus		Agregat Kasar		Keterangan
		Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	
3	Bobot Jenis					
	• Bj. Curah (bulk)	1.6-3.3	2,71	1.6-3.2	2.45	Memenuhi
		1.6-3.3	2,84	1.6-3.2	2.55	Memenuhi
	• Bj. SSD	1.6-3.3	3,10	1.6-3.2	2.71	Memenuhi
	• Bj. Apparent					
4	Penyerapan	<2	4.6 %	0.2-4 %	3.92 %	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	1.5-3.8	3.3919	-	-	Memenuhi
6	Keausan			<50%	3.60 %	Memenuhi

Sumber: Laboratorium PUPR Kabupaten Garut

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan bahwa penggunaan batu pecah ex Garut dan pasir Cilopang telah memenuhi standar yang ditentukan sesuai dengan ASTM C.33.

Tabel 2: Hasil Pengetesan Agregat Ex Paving Block

No	Jenis Pengujian	Agregat Ex Paving Block		Keterangan
		Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	
1	Kadar Lumpur	<5%	12,62 %	Tidak Memenuhi
2	Berat Isi			
	• Gembur	1.4-1,9 kg/l	1.338 kg/l	Memenuhi
	• Padat	1,4-1,9 kg/l	1,580 kg/l	Memenuhi
3	Berat Jenis			
	• Bj. Curah (bulk)	1,6-3,3	2,27	Memenuhi
	• Bj. SSD	1,6-3,3	2,44	Memenuhi
	• Bj. Apparent	1,6-3,3	2,73	Memenuhi
4	Absorpsi	<2	7,2 %	Tidak Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	1,5-3,8	5,42 %	Memenuhi

Sumber : Data Pribadi

Dari hasil pengujian yang diperlihatkan tabel 2 bahwa agregat halus ex paving block terdapat beberapa point yang tidak memenuhi standar ASTM. Hal demikian bisa saja terdapat pengaruh terhadap powerfull yang dihasilkan.

B. Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Rancangan racikan beton (mix design) adalah usaha untuk memastikan banyaknya jumlah semen, agregat bubuk, agregat kasar serta air yang akan dipergunakan dalam 1 m³ adukan dengan tujuan menghasilkan kuat tekan yang direncanakan dan kemudahan kerja yang dipastikan [10]. Dalam penelitian ini perhitungan rancangan campuran beton menggunakan metode SNI 7656-2012. Rancangan campuran beton dibuat berdasarkan data-data yang sudah direncanakan sebagaimana bisa disaksikan di tabel 3 dibawah.

Tabel 3: Rancangan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan yang diisyaratkan	16,4 MPa pada umur beton 14 hari
2	Jenis semen	Semen Portland PCC
3	Agregat Kasar	Batu Pecah
4	Agregat Bubuk	Pasir Alam (Ex Cilopang)
5	Agregat Halus Substitusi	Agregat Ex Paving Block

No	Uraian	Nilai
6	Slump	75 - 100 mm
7	Ukuran agregat maksimum	37 mm
8	Nilai berdasarkan modulus kehalusan	0,69
9	Rasio air semen	0,649
10	Bobot isi padat agregat kasar	1481 kg/cm ³
11	Susunan butir agregat halus	Daerah Gradasi Zona I
12	Perkiraan awal berat beton	2410 kg/m ³
13	Perkiraan Air Pencampur	181 kg
14	Kadar Semen	278,89 kg/m ³
15	Kadar agregat kasar	1021,89 kg
16	Kadar agregat halus	928,22 kg

Sumber : Data Pribadi

Dari hasil data diatas kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui kebutuhan semua material penyusun beton normal maupun beton dengan campuran bahan substitusi agregat halus ex paving block. Sampel yang diciptakan memiliki bentuk beton silinder dengan diameter 15 sm dan tingginya 30 sm berupa beton normal tanpa bahan substitusi sebanyak 3 sampel, kemudian beton dengan bahan substitusi agregat halus ex paving block dengan model racikan 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % masing-masing berjumlah 3 contoh sehingga total keseluruhan contoh uji yang dibuat berjumlah 15 sampel. Sehingga komposisi kebutuhan material yang digunakan adalah sebagaimana dipertunjukkan di tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4: Komposisi Campuran 1 m³ Beton Normal

Material	Berdasarkan Volume Absolut Bahan-Bahan (Kg)
Air	181
Semen	278,89
Agregat kasar (kering)	1021,89
Agregat halus (kering)	803,244
Jumlah	2285,024

Tabel 5: Komposisi Campuran 1 m³ Beton Dengan Bahan Substitusi Agregat Ex Paving Block

Jenis Campuran	Ag. Halus Cilopang	Ag. Halus Ex PB	Ag. Kasar	Semen	Air	Satuan
Campuran 5%	763,082	40,162	1017,975	278,89	181	Kg
Campuran 10%	722,92	80,324	1010,625	278,89	181	Kg
Campuran 15%	682,757	120,487	1000,825	278,89	181	Kg
Campuran 20 %	642,596	160,648	993,475	278,89	181	Kg

Tabel 6: Komposisi Campuran Beton Untuk 15 Benda Uji

Jenis Campuran	Ag. Halus Cilopang	Ag. Halus Ex PB	Ag. Kasar	Semen	Air	Satuan
Campuran Dasar	12,78		16,26	4,35	2,96	Kg
Campuran 5%	12,15	0,6	16,2	4,35	2,96	Kg
Campuran 10%	11,49	1,29	16,08	4,35	2,96	Kg
Campuran 15%	10,86	1,92	15,9	4,35	2,96	Kg
Campuran 20%	10,2	2,58	15,81	4,35	2,96	Kg
Jumlah	57,48	6,39	80,25	21,75	14,8	kg

C. Uji Slump

Uji slump memiliki tujuan yakni untuk mengetahui tingkatan kelancaran pelaksanaan beton yang diisyaratkan dengan nilai tertentu [11]. Pada penelitian ini proses pengadukan beton dilakukan sebanyak 5 kali sesuai dengan jumlah variasi campuran. Kemudian nilai *slump* yang direncanakan adalah antara 75-100 mm. Setelah melakukan pengujian slump terhadap semua variasi campuran beton didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 7: Hasil Uji *Slump*

No	Proporsi	Nilai Slump (mm)	Penambahan Air (kg)
1	Campuran Dasar	85	0,34
2	Campuran 1	80	0,20
3	Campuran 2	80	0,25
4	Campuran 3	90	0,73
5	Campuran 4	85	0,40

Penambahan air dilakukan karena pengaruh dari suhu yang panas pada saat pelaksanaan. Selain itu agregat halus ex paving block memiliki kadar lumpur serta penyerapan air yang tinggi. Sehingga saat melakukan pengujian *slump* adukan mengalami penyusutan air yang cukup besar. Oleh karena itu penambahan air perlu dilakukan sampai adukan mencapai nilai slump yang direncanakan.

D. Pengujian Berat Isi Beton Segar

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh data berat beton persatuan isi. Dibawah ini merupakan hasil pengujian berat isi beton segar untuk setiap campuran dapat disaksikan ditabel 8 dibawah.

Tabel 8: Hasil Pengujian Berat Isi Beton

No	Sampel	Campuran	Bobot Beton Basah (kg)	Volume (m ³)	Berat Isi Beton Segar (kg/m ³)
1	BTN1	Dasar	12,08	0,0053	2279,25
2	BTN2		12,05	0,0053	2273,58
3	BTN3		11,52	0,0053	2173,58
4	BTPB4	5%	12,10	0,0053	2283,02
5	BTPB5		11,19	0,0053	2111,32
6	BTPB6		11,58	0,0053	2184,91
7	BTPB7	10%	11,88	0,0053	2241,51
8	BTPB8		11,90	0,0053	2245,28
9	BTPB9		12,08	0,0053	2279,25
10	BTPB10	15%	11,84	0,0053	2233,96
11	BTPB11		11,92	0,0053	2249,06
12	BTPB12		12,10	0,0053	2283,02
13	BTPB13	20%	11,98	0,0053	2260,38
14	BTPB14		11,98	0,0053	2260,38
15	BTPB15		12,10	0,0053	2283,02

Dari tabel diatas berat isi rata-rata yang didapat adalah 2242,768 kg/m³. Nilai tersebut masih sesuai dengan persyaratan dengan standar SNI 1973-2008 yaitu diantara 1842 kg/m³ sampai 2483 kg/m³, [12]. Selanjutnya berat isi yang didapat terdapat selisih 0,087% dari berat isi rencana.

E. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Didalam penelitian racikan beton ini dilakukan oleh 8 peneliti. Benda uji yang dibuat berupa beton normal seluruhnya menggunakan unsur yang sama, mulai material, peralatan, tempat, metode perhitungan serta kuat tekan rencana yaitu 22,62 MPa pada umur beton 28 hari atau 16,4 MPa pada usia beton 14 hari. Serta hasil powerfull beton normal didapat adalah 10,67 MPa.



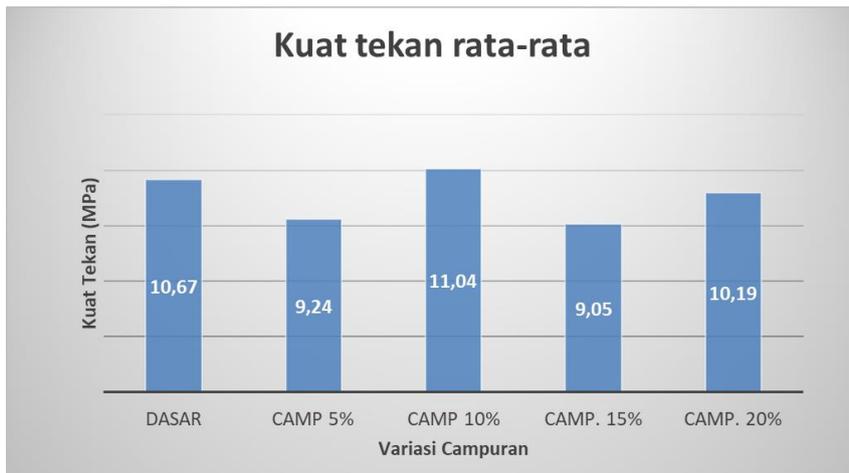
Gambar 2: Bentuk Kehancuran Beton Normal

Dari seluruh benda uji beton normal maupun beton dengan bahan substitusi kuat tekan yang diambil berdasarkan pembatasan $\pm 5\%$ terhadap kuat tekan rata-rata. Sehingga kuat tekan yang paling rendah terdapat pada campuran dengan bahan substitusi agregat ex paving block sebanyak 15% yaitu 9,05 MPa. Sedangkan kuat tekan rata-rata yang tertinggi terdapat pada campuran dengan bahan substitusi sebanyak 10% yaitu 11,04 MPa. Akan tetapi nilai tersebut belum mencapai angka powerfull yang direncanakan. Penyebabnya karena saat penciptaan adukan beton segar sampai proses memasukan adukan kedalam cetakan dilakukan dengan kurang teliti.

Tabel 9: Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Perkuatan

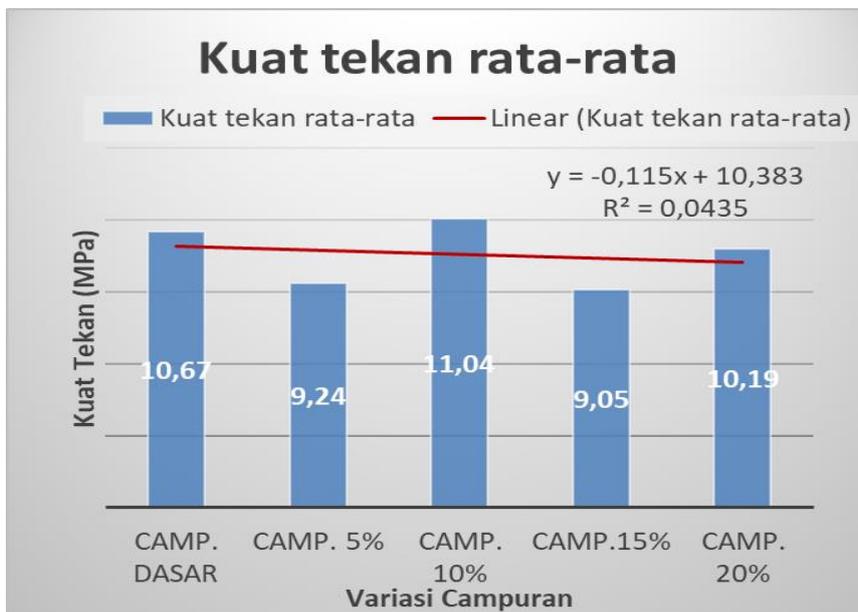
No	Jenis Campuran	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1	Campuran 5%	9,62	9,24
		9,05	
		9,05	
2	Campuran 10%	9,9	11,04
		11,04	
		11,88	
3	Campuran 15%	7,64	9,05
		9,05	
		11,32	
4	Campuran 20%	10,19	10,19
		9,05	
		10,19	

Kemudian dari data tabel diatas dimuat kedalam bentuk grafik untuk menunjukkan hasil kenaikan atau penurunan yang didapat.



Gambar 3: Gambar Grafiik Kuat Tekon Pertengahan

Berpatokan gambar diatas kuat tekan rata-rata yang dihasilkan memperlihatkan hasil naik turun terhadap beton normal yang menandakan terapat ketidaksempurnaan dalam pembuatan seluruh benda uji. Beberapa variasi campuran menunjukkan hasil dibawah nilai kuat tekan beton normal. Sedangkan variasi campuran yang menunjukkan melebihi kuat tekan beton normal terdapat hanya satu variasi campuran yaitu dengan bahan substitusi sebesar 10%. Oleh karena itu untuk memastikan bagaimana pengaruh dari penggunaan agregat halus ex paving block sebagai bahan substitusi ini perlu menggunakan metode trendline terhadap kuat tekan rata-rata. Sehingga hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4: Trendline Kuat Tekon Pertengahan

Dari grafik trendline diatas menunjukkan sebuah garis lurus merah yang menunjukkan adanya penurunan kuat tekan dari beton normal sampai keseluruhan variasi campuran. Selain itu didapat nilai R2 sebesar 0,0435 dan persamaan $y = -0,115 + 10,383$. Dengan persamaan tersebut maka penurunan kuat tekan untuk setiap campuran dapat diketahui pada tabel sebagai berikut.

Tabel 10: Nilai Kuat Tekan Berdasarkan Persamaan Trendline

No	Campuran	Nilai Kuat Tekan Berdasarkan Persamaan $y = -115x + 10,383$ (MPa)
1	Dasar	10,268
2	Camp. 5%	10,153
3	Camp. 10%	10,038
4	Camp. 15%	9,923
5	Camp. 20%	9,808

Berdasarkan tabel diatas penggunaan agregat ex paving block untuk Sebagian pengganti agregat halus dapat mempengaruhi terhadap kuat tekan yaitu terjadinya penurunan. Akan tetapi penurunan yang terjadi tidak begitu besar. Dengan menggunakan analisis persamaan trendline penurunan yang terjadi sekitar 0,115 MPa atau sekitar 1,1 % diantara racikan beton biasa dan semua variasi rumusan beton. Hasil powerfull beton normal didapat sebesar 10,268 MPa. Selanjutnya untuk campuran 5% bahan substitusi mengalami penurunan sekitar 1,132% dari beton normal yaitu 10,153 MPa. Pada campuran 10% kembali mengalami penurunan sebesar 1,145% dari campuran sebelumnya yaitu 10,038 MPa. Pada campuran 15% mengalami penurunan sekitar 1,158% dengan kuat tekan yaitu 9,923 MPa. Dan campuran 20% penurunan yang terjadi sekitar 1,172% dengan nilai kuat tekan 9,808 MPa.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian serta penjelasan dengan ruang lingkup dan Batasan-batasan sebagaimana yang sudah dijelaskan didepan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Data pengujian bahan yang dipergunakan dipenelitian ini sudah berdasarkan persyaratan atau standarisasi yang ada.
2. Hasil pengujian berat isi beton segar menunjukkan nilai rata-rata $2242,77 \text{ kg/m}^3$. Nilai tersebut tidak terlalu jauh dengan berat isi rencana dengan selisih 1,84% yaitu $2285,024 \text{ kg/m}^3$.
3. Nilai slump untuk seluruh variasi campuran memenuhi nilai slump rencana 75 – 100 mm.
4. Hasil pengujian kuat tekan beton normal yang dicapai pada usia 14 hari adalah 10,67 MPa yang mengindikasikan target kekuatan di laboratorium 22,46 MPa pada umur 28 hari tidak tercapai yang disebabkan oleh factor kesalahan dalam pembuatan semua sampel uji silinder beton.
5. Penggunaan agregat halus ex paving block untuk campuran beton dapat menurunkan kekuatan beton.
6. Hasil analisis *trendline* berdasarkan data nilai kuat tekan menunjukkan adanya penurunan kuat tekan beton dengan bahan substitusi agregat halus ex paving block terhadap kuat tekan beton normal yang tanpa bahan substitusi.
 - Penurunan 1,132% untuk variasi campuran 5%
 - Penurunan 1,145% untuk variasi campuran 10%
 - Penurunan 1,158% untuk variasi campuran 15%
 - Penurunan 1,172% untuk variasi campuran 20%

Dari pendeskripsian diatas dengan berpatokan pada perincian dan hasil riset masih terdapat kekurangan dari riset ini, maka untuk mendapatkan hasil riset yang lebih baik dari ini dibutuhkan beberapa saran seperti yang disebutkan sebagai berikut:

1. Data hasil pengujian bahan material campuran beton sebaiknya menggunakan data primer hasil pengujian sendiri bukan data sekunder dari sumber lain.
2. Dalam pembuatan semua sampel uji harus dilakukan dengan sangat teliti dan sesuai dengan tata cara yang benar agar tidak menimbulkan keraguan atas hasil yang didapat.
3. Dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan yaitu ditandai dengan nilai hasil uji tekan yang memiliki perbedaan yang jauh untuk setiap campuran akibat dari pembuatan benda uji yang tidak teliti. Oleh karena itu dilakukanlah evaluasi serta analisis dengan metode trendline untuk mendapatkan hasil akhir yang dimaksud.

4. Agregat paving block memiliki kadar lumpur yang cukup tinggi. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan agregat ex paving block dibersihkan dulu untuk meminimalisir kadar lumpur yang terdapat di dalamnya sampai batas yang diizinkan.
5. Karena penggunaan material agregat ex paving block dalam campuran beton cenderung menghasilkan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan agregat normal, maka jika akan memanfaatkan material ex paving block dalam campuran beton disarankan dalam perhitungan rancangan campuran menggunakan nilai faktor air-semen yang kecil dan dalam pelaksanaannya menggunakan bahan tambah tipe *plasticizer* atau *superplasticiser*.
6. Untuk selanjutnya disarankan ada penelitian mengenai pengaruh penggunaan bahan substitusi agregat ex paving block terhadap kuat lentur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sebayang, I. wayan Diana, and A. Purba, "Perbandingan Mutu Paving Block Produksi Manual Dengan Produksi Masinal," *J. Rekayasa*, vol. 15, no. 2, pp. 139–150, 2011.
- [2] K. Achmad, "KUAT TEKAN MORTAR DAN SILINDER BETON PADA PERPADUAN MATERIAL LOKAL PASIR SAMBOJA DENGAN PASIR PALU," *J. Media Tek. Sipil*, 2019, doi: 10.22219/jmts.v17i1.6991.
- [3] H. A. Safarizki, "PENGARUH BAHAN TAMBAH SERBUK BATA DAN SERAT FIBER PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)," *J. Ilm. Teknosains*, 2017, doi: 10.26877/jitek.v3i2.1881.
- [4] A. I. Candra, E. Gardjito, Y. Cahyo, and G. A. Prasetyo, "Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori," *UKaRsT*, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i1.365.
- [5] F. Handayani, "MANFAAT LIMBAH ABU BATU SEBAGAI TAMBAHAN MATERIAL BAHAN BANGUNAN," *S2Tekniksipil.Ulm.Ac.Id*, 2019.
- [6] D. Riyanto, H. Cahyadi, and R. Respati, "Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa terhadap Kuat Tekan Beton K225," *Media Ilm. Tek. Sipil*, 2018, doi: 10.33084/mits.v6i2.252.
- [7] N. Abdillah and Z. Muhabbah, "Pemanfaatan Limbah Sandblasting Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Beton," *J. UNITEK*, 2020, doi: 10.52072/unitek.v12i1.44.
- [8] L. Budiman and S. Sukirman, "Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC (Hal. 45-55)," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, 2018, doi: 10.26760/rekaracana.v4i1.45.
- [9] Badan Standardisasi Nasional (SNI 03-0691-1996), "Bata Beton (Paving Block)," *Sni 03-0691-1996*, pp. 1–9, 1996.
- [10] Y. R. Alkhaly and Y. Saturrahmi, "Penerapan Metode Modified Andreasen Packing," vol. 7, no. 2, pp. 245–252, 2017.
- [11] P. Tri Hardagung, Harnung, Adi Sambowo, dan Gunawan, "Kajian Nilai Slump , Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 131–137, 2014.
- [12] SNI 1973:2008, "Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar," no. 1, p. 6684, 2002.