

**PENGARUH KOMPOSISI *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN
BETON *POROUS* DENGAN VARIASI KOMPOSISI AGREGAT
KASAR DAUR ULANG (RCA)**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**KARTIKA CANDRA SUSENO
NIM. 135060101111004**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KOMPOSISI *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN BETON *POROUS* DENGAN VARIASI KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG (RCA)

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



KARTIKA CANDRA SUSENO

NIM. 135060101111004

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 10 Juli 2017

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Eva Arifi, ST., MT.
NIK. 201002 771203 2 001

Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., MT., M.Sc.
NIK. 201102 840705 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)
NIP. 19810220 200604 1 002

PENGARUH KOMPOSISI *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN BETON *POROUS* DENGAN VARIASI KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG (RCA)

(Effect of Fly Ash Composition on the Compression Strength of Porous Concrete with Variations Composition of Recycled Coarse Aggregate (RCA))

Kartika Candra Suseno, Eva Arifi, Ming Narto Wijaya.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia-Telp (0341) 566710. 587711

E-mail: candrakcs@gmail.com

ABSTRAK

Beton *porous* adalah beton yang memiliki kemampuan dapat ditembus air dengan mudah atau memiliki sifat porositas yang tinggi. Bahan penyusun beton *porous* terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, dan sedikit agregat halus atau tanpa menggunakan agregat halus. Pada penelitian ini tidak menggunakan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan memiliki gradasi seragam (0,5-1 cm). Pemanfaatan *fly ash* dalam pembuatan beton *porous* diharapkan mampu meningkatkan kualitas beton *porous* dari segi kekuatan sedangkan pemanfaatan RCA diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan material. Pada penelitian ini dilaksanakan pengujian kuat tekan beton *porous* menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian beton *porous* menggunakan alat uji *compression testing machine* (CTM). Kombinasi campuran yang digunakan yaitu *fly ash* sebesar 0%, 15%, 25% terhadap semen PPC dan agregat kasar daur ulang (RCA) sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Identifikasi spesifikasi *fly ash* menggunakan metode XRF.

Hasil dari penelitian ini adalah kuat tekan tertinggi diperoleh pada komposisi *fly ash* 25% dan agregat kasar daur ulang (RCA) 0% dengan nilai sebesar 13,621 MPa. Hubungan antara komposisi *fly ash* dan agregat kasar daur ulang (RCA) terhadap kuat tekan beton *porous* menunjukkan hasil yang beragam serta pola grafik yang saling silang.

Kata kunci: Beton *porous*, *fly ash*, agregat kasar daur ulang, kuat tekan, komposisi.

ABSTRACT

Porous concrete is a concrete that has ability to drain water easily due to its high porosity. Porous concrete materials are water, cement, small amount of fine aggregate or without using it and coarse aggregate. Fine aggregate was not used in this experiment while the gradation of coarse aggregates was uniform graded (0,5-1 cm). Utilization of fly ash for porous concrete is expected to improve the quality of porous concrete in terms of strength compression meanwhile utilization of RCA to reduce natural coarse aggregate utilization. In this research cylinder test with diameter 15 cm and height 30 cm was used. Variation design for this research are combinations of fly ash 0%, 15%, 25% to replace cement PPC and recycled coarse aggregate (RCA) 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Fly ash specification was identified using XRF method.

The porous concrete compression strength research resulted highest compression strength was obtained on the mixed of fly ash composition 25% and 0% recycled coarse aggregate (RCA) with compression strength value are 13,621 MPa. The relationship between the composition of the fly ash and recycled coarse aggregate (RCA) on the compression strength has showed variation results and insignificant trend.

Keywords: *porous concrete, composition, fly ash, recycled coarse aggregate, compression strength.*

PENDAHULUAN

Indonesia mengalami perkembangan pembangunan yang pesat terutama pada bidang konstruksi, seperti pembangunan perkantoran, perumahan, dan pusat perbelanjaan. Dari perkembangan pembangunan tersebut harus diimbangi oleh perkembangan prasarana jalan. Perkerasan jalan di Indonesia menggunakan perkerasan lentur dan kaku. Perkerasan lentur dan kaku memiliki kelemahan daya serap air yang kurang. Hal ini merupakan salah satu alasan jalan-jalan di Indonesia mudah rusak yang disebabkan oleh genangan-genangan air yang tidak terdrainasi sehingga mengakibatkan terganggunya pengguna jalan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan material alternatif pada perkerasan tersebut seperti beton porous.

Menurut NRMCA (2004), beton *porous* adalah suatu jenis beton yang memiliki sifat porositas tinggi yang biasanya diaplikasikan pada plat beton sehingga memungkinkan air hujan dan air dari sumber-sumber lain untuk dapat melewatinya. Hal tersebut akan mengurangi limpasan permukaan (*run off*) dan meningkatkan kandungan muka air tanah. Pada umumnya penggunaan agregat halus atau pasir pada beton *porous* sangat sedikit bahkan tidak sama sekali digunakan dan memiliki cukup pasta semen untuk melapisi permukaan agregat kasar untuk menjaga interkoneksi pori.

Fly Ash atau abu ringan merupakan material yang berwarna keabu-abuan, memiliki ukuran butir yang halus, dan diperoleh dari hasil residu pembakaran batubara. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa *fly ash* dikategorikan sebagai bahan B3. Hal ini yang menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan karena *fly ash* hasil dari pembakaran batubara dibuang sebagai timbunan. Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, *fly ash* terbukti dapat meningkatkan kekuatan dari beton.

Pesatnya perkembangan pada perkerasan jalan akan membutuhkan bahan yang lebih banyak. Dengan ini dapat di kaji lebih lanjut dengan mengganti seluruh agregat kasar atau mengganti sebagian agregat kasar dari alam dengan agregat kasar dari beton daur ulang (*Recycled Coarse Aggregate*). Dengan menggunakan RCA diharapkan limbah konstruksi ini dapat dimanfaatkan dengan baik.

Oleh karena itu dengan permasalahan-permasalahan diatas, dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Komposisi *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Beton *Porous* Dengan Variasi Komposisi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)”.

TUJUAN

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui komposisi optimum dan hubungan antara penggunaan agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50% 75% dan 100% dan *fly ash* dengan variasi 0%, 15% dan 25%.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton *Porous*

Beton *porous* atau beton non-pasir juga dikenal sebagai *pervious concrete* adalah campuran antara semen, air dan agregat kasar yang membentuk suatu material tembus air (Neville dan Brooks, 2010). Agregat kasar yang digunakan memiliki gradasi penyeragaman yang disesuaikan. Beton *porous* terusun atas agregat kasar yang diselimuti dengan lapisan pasta semen tipis sekitar 1,3 mm (Neville dan Brooks, 2010).



Gambar 1. Beton *porous*.

Sumber: (Paul D. Tennis et. all, 2004)

Mix design dari beton *porous* terdiri dari : semen (270-415 kg), agregat kasar (1190-1480 kg), faktor air semen (0,27-0,34), perbandingan berat pasir dan kerikil sebesar 0 sampai 1 : 1 serta penambahan *chemical admixtures* (ACI 522R-10). Bahan dalam pembuatan beton *porous* sedikit berbeda dengan beton konvensional pada umumnya yaitu semen *Portland*, agregat kasar, air, dan agregat halus atau tanpa agregat halus. Bahan-bahan tersebut berpengaruh pada kekuatan beton *porous* yang diproduksi, sehingga perlu perhatian lebih pada saat proses pembuatan beton *porous*. Seperti *mix design*, komposisi bahan beton *porous* harus mendekati hitungan rencana dan kebersihan dari bahan-bahan tersebut.

Fly Ash (Abu Terbang)

Fly ash atau biasa disebut sebagai abu terbang merupakan material yang memiliki ciri butiran berukuran kecil dan halus serta memiliki warna keabu-abuan dan dapat diperoleh dari residu hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). Residu pembakaran batubara menghasilkan 2 (dua) jenis abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan *bottom ash*.

Berdasarkan Michael Thomas (2007), terdapat beberapa dampak positif dari penggunaan abu terbang pada beton adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi pemakaian air pada campuran beton dengan kondisi workabilitas yang sama dengan penggunaan semen PC.
2. Mengurangi *bleeding* atau terpisahnya air semen dalam campuran beton.
3. Mengurangi panas hidrasi beton.
4. Meningkatkan kuat tekan beton.
5. Rangkak pada beton mengandung abu terbang cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan beton yang menggunakan semen PC saja dalam kondisi kekuatan yang sama.

Berdasarkan ASTM C 618-05, klasifikasi *fly ash* adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Abu Terbang Berdasarkan ASTM C 618-05.

	Class		
	N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , min, %	70.0	70.0	50.0
SO ₃ , max, %	4.0	5.0	5.0
Moisture Content, max, %	3.0	3.0	3.0
Loss on ignition, max, %	10.0	6.0 ^A	6.0

Kelas-kelas *fly ash* memiliki sifat fisik, kimia dan teknis yang berbeda. Berdasarkan ASTM C 618-05 masing-masing kelas memiliki ciri-ciri sebagai berikut,

1. Kelas N
Jenis ini adalah buangan atau pozzolan alam yang terkalsinasi.
2. Kelas F
Jenis ini pada umumnya diperoleh dari pembakaran *anthracite* (batubara keras yang mengkilat) atau *bituminous* batubara. Jenis *fly ash* ini bersifat *Pozzolanic*.
3. Kelas C
Jenis ini pada umumnya diperoleh dari *lignite* atau batubara subitumen. Jenis *fly ash* ini

bersifat pozzolan dan sifat yang menyerupai semen yaitu dapat mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan air.

Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Kebutuhan batuan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan beton akan semakin berkurang sering dengan meningkatnya aktifitas konstruksi. Dengan meningkatnya aktifitas konstruksi, menyebabkan bertambahnya limbah-limbah beton. Limbah beton adalah bahan sisa atau bahan bekas yang diperoleh dari penghancuran dari bangunan konstruksi yang tidak digunakan.

Agregat kasar daur ulang atau RCA adalah agregat kasar yang diperoleh dari beton daur ulang yang telah mengalami proses *pulsed power* (Eva Arifi, 2014). *Pulsed power* akan memisahkan antara pasta semen dengan agregat kasar.

Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton mengalami kehancuran bila dibebani.

Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

dengan:

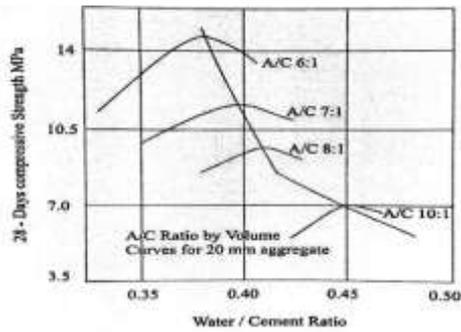
f'_c = kuat tekan beton (N/mm²)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan benda uji (mm²)

Beton *porous* diproduksi agar memiliki rongga-rongga yang dapat ditembus air. Rongga-rongga ini yang mengakibatkan nilai kuat tekannya lebih rendah apabila dibandingkan dengan beton biasa. Kuat tekan beton *porous* dapat ditingkatkan dengan mengurangi kemampuan porositasnya sehingga porositas beton *porous* berbanding terbalik dengan kuat tekannya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton antara lain pengaturan perbandingan antara semen, air, agregat kasar dan halus serta berbagai jenis bahan tambahan *addmixtures*, proses pencampuran atau *mixing* dan pemadatan atau *compacting*, serta proses perawatan beton atau *curing*.



Gambar 2. Hubungan Antara Kuat Tekan, w/c ratio, a/c ratio Untuk Beton Non-pasir.
Sumber: (M.S. Shetty, 2009)

Menurut ACI 522R-10, kuat tekan beton *porous* sebesar 2,8 MPa-28 MPa. Nilai kuat tekan beton *porous* lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton konvensional. Hal ini menyebabkan pemanfaatan beton *porous* terbatas. Beton *porous* hanya dapat diaplikasikan pada konstruksi-konstruksi yang tidak menerima beban dengan intensitas tinggi seperti lapangan parkir, rekreasi, dan jalan pejalan kaki.

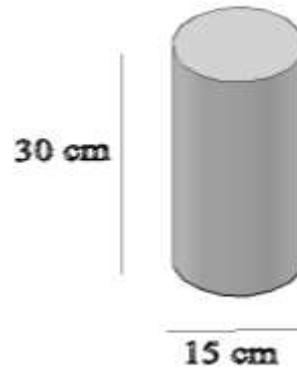
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 2 (dua) variable, dengan rincian sebagai berikut :

1. Variabel bebas yaitu *fly ash* 0%, 15% 25% dan RCA 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.
2. Variabel terikat yaitu nilai kuat tekan beton *porous*.

Penelitian pendahuluan yang dilaksanakan untuk mengetahui karakteristik material yang digunakan meliputi analisa bahan agregat kasar daur ulang dan alam dan uji kandungan *fly ash*. Benda uji kuat tekan beton *porous* menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. variasi campuran terbagi atas 2 (dua) factor yaitu:

1. Faktor A : komposisi RCA 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.
2. Faktor B : komposisi *Fly Ash* 0%, 15%, dan 25%.



Gambar 3. Dimensi benda uji kuat tekan.

Pelaksanaan uji kuat tekan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM) saat umur beton mencapai 28 hari. Permukaan atas benda uji silinder dilakukan *capping* atau dilapisi dengan mortar belerang agar beban dapat tersebar merata pada permukaan atas benda uji silinder. Benda uji diletakkan sentris terhadap mesin kuat tekan lalu diberi beban dengan kecepatan pembebanan disesuaikan sampai benda uji hancur. Hasil nilai kuat tekan dicatat untuk dilakukan analisis, penyusunan grafik dan penarikan kesimpulan.



Gambar 4. Pengujian kuat tekan beton *porous*.

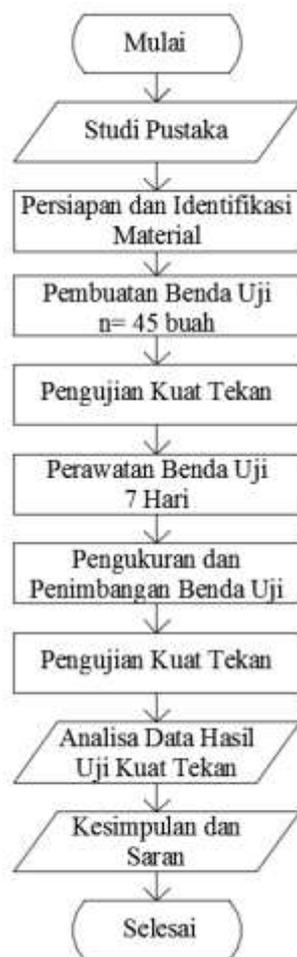
Tabel 2. Faktor Benda Uji Kuat Tekan

Faktor	Indeks	Keterangan
RCA	a0	0%
	a1	25%
	a2	50%
	a3	75%
	a4	100%
<i>Fly ash</i>	b0	0%
	b1	15%
	b2	25%

Tabel 3. Variasi Benda Uji Kuat Tekan Umur 28 hari.

	b0	b1	b2
a0	a0b0	a0b1	a0b2
a1	a1b0	a1b1	a1b2
a2	a2b0	a2b1	a2b2
a3	a3b0	a3b1	a3b2
a4	a4b0	a4b1	a4b2

Dari tabel 3 maka diperoleh 15 tipe mix design yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini. Setiap mix design akan dibuat 3 buah benda uji kuat tekan. Dari setiap benda uji akan diuji kuat tekan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji silinder.



Gambar 5. Diagram alir penelitian beton porous.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Spesifikasi Fly Ash

Pengujian fly ash menggunakan metode XRF (X-Ray Fluorescence) yaitu menguji kandungan unsur

dari Natrium hingga Uranium. Teknik X-Ray fluorescence merupakan suatu teknik analisis yang dapat menganalisa unsur-unsur yang membangun suatu material. Dari hasil pengujian XRF No Filter, menunjukkan bahwa fly ash yang digunakan memiliki kandungan senyawa SO₃, SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃, masing – masing sebesar 1,6% ; 20,4% ; 7,5% dan 37,77%. Berdasarkan ASTM C 618-05, fly ash yang dipakai untuk penelitian beton porous termasuk ke dalam kelas C dengan rincian sebagai berikut :

$$\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3 = 20,4\% + 7,5\% + 37,77\% = 65,67\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa apabila ketiga senyawa tersebut dijumlahkan maka memiliki nilai jumlah (NJ) sebesar 65,67%. Nilai Jumlah (NJ) tersebut masuk ke dalam rentang nilai fly ash tipe C, 70% > NJ > 50% dan kandungan SO₃ fly ash kurang dari 5% yang merupakan salah satu syarat fly ash tipe C. Berdasarkan ASTM C 618-05, fly ash tipe C memiliki sifat yang pozolanik dan bersifat cementitious sehingga fly ash tipe C dapat menggantikan sebagian dari penggunaan semen PPC.

Analisa Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.

Sampel	RCA	NCA	ASTM C-33
Berat Jenis Curah	2,4	2,1	2,4 - 2,9
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2,5	2,3	2,4 - 2,9
Berat Jenis Semu	2,8	2,8	2,4 - 2,9
Penyerapan (%)	5,184	14,32	0,2 – 2,0

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dari agregat kasar alam dan agregat kasar daur ulang dapat disimpulkan bahwa nilai berat jenis kering permukaan jenuh agregat kasar alam (NCA) sebesar 2,300 lebih rendah dari nilai agregat kasar daur ulang (RCA) sebesar 2,474. Nilai berat jenis kering permukaan jenuh RCA masih memenuhi syarat ASTM C-33 sedangkan nilai berat jenis kering permukaan jenuh NCA tidak masuk ke dalam rentang nilai ASTM C-33. Nilai penyerapan agregat kasar alam (NCA) sebesar 14,328% lebih besar dari nilai

agregat kasar daur ulang (RCA) sebesar 5,184%. Kedua agregat kasar memiliki nilai penyerapan yang tinggi apabila dibandingkan dengan ASTM C-33.

Nilai penyerapan ini berkaitan dengan pori-pori yang terdapat pada agregat. Data menunjukkan bahwa pori pada agregat kasar alam (NCA) lebih memiliki daya serap yang tinggi, hal ini mengakibatkan sifat penyerapan yang mudah menyerap dan juga mudah hilangnya air yang terserap didalam agregat kasar tersebut sedangkan pada agregat kasar alam (RCA) memiliki nilai penyerapan yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan agregat kasar daur ulang (RCA) memiliki kualitas yang lebih baik dari agregat kasar alam (NCA).

Analisa Hasil Berat Isi Agregat Kasar

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.

		RCA	NCA
Berat wadah	(gr)	1050	1050
Berat wadah + Air	(gr)	3100	3100
Berat air	(gr)	2050	2050
Volume air	(cm ³)	2050	2050
Berat wadah + sampel	(gr)	4050	4150
Berat sampel	(gr)	3000	3100
Berat isi agregat kasar	(gr/cc)	1.46341	1.5122

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa berat isi agregat kasar RCA sebesar 1,46341 gr/cc sedangkan berat isi agregat kasar NCA sebesar 1,5122 gr/cc. Hal ini menunjukkan bahwa butiran NCA memiliki kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan RCA. Hasil ini sesuai dengan kondisi fisik alami NCA yang berasal dari batu pecah alam sedangkan RCA yang berasal dari hasil daur ulang beton sehingga sebagian permukaan RCA tertutup dengan mortar semen.

Analisa Hasil Berat Isi Beton Porous

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.

Benda Uji	Berat Isi (kg/m ³)	Keterangan
a0b0	1927.305	FA 0%, RCA 0%
a1b0	1748.568	FA 0%, RCA 25%
a2b0	1833.106	FA 0%, RCA 50%
a3b0	1749.463	FA 0%, RCA 75%

a4b0	1878.958	FA 0%, RCA 100%
a0b1	1775.172	FA 15%, RCA 0%
a1b1	1811.092	FA 15%, RCA 25%
a2b1	1866.546	FA 15%, RCA 50%
a3b1	1849.483	FA 15%, RCA 75%
a4b1	1892.798	FA 15%, RCA 100%
a0b2	1908.564	FA 25%, RCA 0%
a1b2	1788.532	FA 25%, RCA 25%
a2b2	1754.651	FA 25%, RCA 50%
a3b2	1914.852	FA 25%, RCA 75%
a4b2	1794.453	FA 25%, RCA 100%

Berdasarkan tabel 6 diperoleh bahwa pada komposisi *fly ash* 0% memiliki nilai berat isi terbesar pada benda uji a0b0 dengan nilai 1927,305 kg/m³ sedangkan nilai terendah terdapat pada benda uji a1b0 dengan nilai 1748,568 kg/m³. Pada komposisi *fly ash* 15% memiliki nilai berat isi terbesar pada benda uji a4b1 dengan nilai 1892,798 kg/m³ sedangkan nilai terendah terdapat pada benda uji a0b1 dengan nilai 1775,172 kg/m³. Pada komposisi *fly ash* 25% memiliki nilai berat isi terbesar pada benda uji a3b2 dengan nilai 1914,852 kg/m³ sedangkan nilai terendah terdapat pada benda uji a2b2 dengan nilai 1754,651 kg/m³.

Analisa Hasil Kuat Tekan Beton Porous

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.

Benda Uji	Kuat tekan (MPa)	Keterangan
a0b0	5.459	FA 0%, RCA 0%
a1b0	7.098	FA 0%, RCA 25%
a2b0	11.074	FA 0%, RCA 50%
a3b0	7.433	FA 0%, RCA 75%
a4b0	9.384	FA 0%, RCA 100%
a0b1	10.026	FA 15%, RCA 0%
a1b1	9.553	FA 15%, RCA 25%
a2b1	11.693	FA 15%, RCA 50%
a3b1	10.272	FA 15%, RCA 75%
a4b1	9.881	FA 15%, RCA 100%
a0b2	13.621	FA 25%, RCA 0%
a1b2	9.052	FA 25%, RCA 25%
a2b2	7.791	FA 25%, RCA 50%
a3b2	13.389	FA 25%, RCA 75%
a4b2	7.035	FA 25%, RCA 100%

Berdasarkan tabel 7 diperoleh bahwa pada komposisi *fly ash* 0% memiliki nilai kuat tekan terbesar pada benda uji a2b0 dengan nilai 11,074 MPa sedangkan nilai terendah terdapat pada benda uji a0b0 dengan nilai 5,459 MPa. Pada komposisi *fly ash* 15% memiliki nilai kuat tekan terbesar pada benda uji a2b1 dengan nilai 11,693 MPa sedangkan nilai terendah terdapat pada benda uji a1b1 dengan nilai 9,553 MPa. Pada komposisi *fly ash* 25% memiliki nilai berat isi terbesar pada benda uji a0b2 dengan nilai 13,621 MPa sedangkan nilai terendah terdapat pada benda uji a4b2 dengan nilai 7,035 MPa.

Analisa Grafik Berat Isi Beton Porous



Gambar 6. Grafik berat isi beton porous.

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan bahwa grafik *fly ash* 0%, *fly ash* 15% dan *fly ash* 25% saling memotong satu sama lain. Bentuk grafik menunjukkan ketidak konsistenan hasil dari berat isi sehingga hasil berat isi belum dapat ditentukan hasil yang lebih spesifik. Hasil ini disebabkan oleh kekurangan-kekurangan pada saat penelitian, seperti factor pemadatan, kurang teliti dalam pembuatan bekisting, penyusutan beton, dan penggunaan agregat kasar yang kurang merata dari ukuran 0,5 cm hingga 1 cm serta kualitas agregat kasar daur ulang (RCA) yang lebih baik dari kualitas agregat kasar alam (NCA).

Analisa Grafik Kuat Tekan Beton Porous



Gambar 7. Grafik kuat tekan beton porous.

Berdasarkan gambar 4.7 menunjukkan bahwa grafik *fly ash* 0% dan *fly ash* 15% tidak saling memotong. Hasil kuat tekan *fly ash* 15% lebih baik apabila dibandingkan dengan kuat tekan *fly ash* 0%, namun pada kuat tekan *fly ash* 25% terjadi ketidak konsistenan hasil sehingga penelitian tidak dapat diperoleh hasil yang spesifik. Pada kandungan RCA 50% dicapai nilai kuat tekan tertinggi, hal ini terdapat pada *fly ash* 0% dan 15%, namun nilai kuat tekan pada saat *fly ash* 25% mengalami penurunan. Pada benda uji variasi *fly ash* 0% RCA 0% memiliki nilai terendah dikarenakan kualitas agregat kasar daur ulang (RCA) lebih baik dibandingkan dengan kualitas agregat kasar alam (NCA).

Selanjutnya pengaruh penggunaan RCA terhadap nilai kuat tekan beton porous. Berdasarkan gambar 4.7 nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada RCA 0% lalu mengalami penurunan pada RCA 25% dan kembali mengalami kenaikan pada RCA 50%. Pola grafik *fly ash* 0% lebih rendah dibandingkan pola grafik *fly ash* 15%. Pada kedua pola grafik tersebut, kandungan RCA 25% mengalami kenaikan hingga kandungan RCA 50% dan mengalami penurunan kembali pada RCA 75%. Hal ini dikarenakan pada RCA 50% memiliki komposisi ideal yaitu RCA dan NCA memiliki kuantitas yang sama sedangkan pada saat RCA 25% dan RCA 75% terdapat ketimpangan komposisi RCA dan NCA.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian pengaruh komposisi *fly ash* terhadap kuat tekan beton porous dengan variasi komposisi agregat kasar daur ulang (RCA) diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Kualitas agregat kasar daur ulang (RCA) memiliki kualitas yang lebih baik dari kualitas agregat kasar alam (NCA). Hal ini ditunjukkan dari hasil penyerapan RCA sebesar 5,184% sedangkan NCA sebesar 14,328%.
2. Pada analisa hasil nilai kuat tekan beton porous diperoleh hasil nilai kuat tekan tertinggi pada variasi campuran *fly ash* 25% RCA 0% dengan nilai 13,621 MPa. Nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi campuran *fly ash* 0% RCA 0% dengan nilai 5,459 MPa. Nilai kuat tekan meningkat seiring dengan penambahan *fly ash* terhadap kadar substitusi semen, pada *fly ash* 0% RCA 50% memiliki nilai kuat tekan 11,074 MPa, *fly ash* 15% RCA 50% memiliki nilai kuat tekan 11,693 MPa dan *fly ash* 25%, RCA 0% memiliki nilai kuat tekan 13,621 MPa.

- Analisa hasil nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji variasi campuran *fly ash* 25%, RCA 0% dengan nilai 13,621 MPa. Namun nilai ini belum dapat dijadikan nilai kuat tekan optimum dikarenakan terdapat keberagaman hasil. Secara keseluruhan berdasarkan hasil berat isi beton porous menunjukkan pola grafik yang sama dengan pola grafik nilai kuat tekan namun sedikit terdapat perbedaan pola grafik pada variasi RCA 0%. Pengaruh penambahan kandungan RCA memiliki nilai yang sebanding dengan nilai kuat tekan beton porous.

SARAN

Pada saat penelitian dilaksanakan tidak tertutup kemungkinan terjadi kesalahan-kesalahan dalam proses persiapan awal, pengecoran, pengujian dan pengambilan data. Dikarenakan hal tersebut diberikan beberapa saran untuk perbaikan, antara lain:

- Benda uji yang berjumlah 3 (tiga) silinder tiap variasi campuran menyebabkan kurang maksimalnya hasil saat pengujian sehingga perlu adanya penambahan jumlah benda uji untuk tiap variasi campuran.
- Kurangnya pengawasan kualitas material yang dipakai sehingga kualitas agregat kasar daur ulang (RCA) lebih baik dibandingkan dengan kualitas agregat kasar alam (NCA).
- Tidak adanya standar dan prosedur mengenai pemadatan beton sehingga pelaksanaan pemadatan berdasarkan perkiraan kebutuhan. Hal ini menyebabkan hasil berat isi yang berbeda-beda, terdapat benda uji yang terlalu padat ataupun kurang padat.
- Adanya penelitian-penelitian selanjutnya dengan beberapa pengembangan atau modifikasi dari penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee. (2010). *ACI 522R-10, Repot on Pervious Concrete*, USA: American Concrete Institute.
- Arifi, E., Zacob, Achfas. & Shigeishi, Mitsuhiro. (2014). *Effect Of Fly Ash On The Strength Of Concrete Made From Recycled Aggregate By Pulsed Power*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- ASTM C 618-05. (2005). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM International.

- Brouwer, Peter. (2010), *Theory of XRF : Getting Acquainted With The Principles* Netherlands: PANalytical BV.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Neville, A.M., Brooks, J.J. (2010). *Concrete Technology*, Second Edition, Pearson Education Limited, Essex, England.
- NRMCA Committee. (2004). *“What, Why, and How? Pervious Concrete” Concrete in Practice series, CIP 38*. NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association). Silver Spring, Maryland.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.
- Shetty, M.S. (2000). *Concrete Technology-Theory And Practice*. India: S. Chand Limited.
- Tennis, Paul D., Leming, Michael L. & Akers, David J. (2004). *Pervious Concrete Pavements*. USA: Portland Cement Association.
- Thomas, Michael. (2007). *Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete*. Washington DC: Portland Cement Association.
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.