

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

**NASKAH PUBLIKASI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AKBAR MAULANA  
NIM. 135060101111016**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

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

## NASKAH PUBLIKASI

### TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AKBAR MAULANA**

**NIM. 135060101111016**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 19 Juni 2017

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Christin Remayanti, ST.,MT.  
NIK. 19840325 201504 2 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

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

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

***(Effect of Fly Ash Composition On The Tensile Splitting Strength of Porous Concrete With Variations Composition Recycled Coarse Aggregates (RCA))***

Akbar Maulana, Eva Arifi, Christin Remayanti

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

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

E-mail: [akbarmaulana.zarkasih@gmail.com](mailto:akbarmaulana.zarkasih@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Beton *Porous* merupakan beton khusus yang didesain memiliki porositas yang tinggi sehingga rongga pada beton mampu dilewati oleh air. Untuk mendapatkan porositas yang tinggi maka bahan penyusun beton *porous* terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, dan sedikit agregat halus atau sama sekali tanpa agregat halus. Namun beton *porous* memiliki kelemahan yaitu kuat tarik belah lebih kecil dari pada beton normal. Pemanfaatan RCA diharapkan mampu menjadi inovasi ramah lingkungan dan pemanfaatan *fly ash* diharapkan mampu meningkatkan kualitas beton *porous* sehingga mampu memberikan inovasi penerapan konsep 5R. Kemampuan beton *porous* cocok digunakan pada perkerasan yang tidak menerima beban berat. Kelebihan beton *porous* dengan porositas yang tinggi adalah mampu mengalirkan air dengan mudah.

Pada penelitian ini dilaksanakan pengujian kuat tarik belah terhadap beton *porous* dengan kombinasi campuran *fly ash* sebesar 0%, 15%, 25% dan agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Pengujian beton porous menggunakan alat uji *compression testing machine* yang bertujuan mengetahui hubungan serta komposisi optimal kombinasi campuran *fly ash* dan RCA terhadap kuat tarik belah beton *porous*

Hasil penelitian dari pengujian kuat tarik belah terhadap beton *porous* adalah kuat tarik belah tertinggi didapatkan pada komposisi *fly ash* 25% dan agregat kasar daur ulang (RCA) 75% dengan kuat tarik belah sebesar 1,5312 MPa untuk memenuhi persyaratan mutu beton perkerasan masih harus ditingkatkan. Hubungan antara komposisi *fly ash* dan RCA terhadap kuat tarik belah menunjukkan hasil yang beragam dikarenakan nilai penyerapan NA yang lebih tinggi daripada RCA.

**Kata kunci:** beton *porous*, *fly ash*, agregat kasar daur ulang, tarik belah, komposisi

## **ABSTRACT**

*Porous concrete is a special concrete that is designed to have a high porosity so that the void in the concrete is able to pass through the water. To obtain a high porosity the porous concrete material consists of a mixture of cement, water, coarse aggregate, and a few of fine aggregate or without any fine aggregate. However, the splitting tensile strength of porous concrete is lower than the normal concrete. RCA Utilization is expected to be an environmental friendly innovation, and fly ash utilization is expected to improve the quality of porous concrete so it is able to provide innovative application of the concept of 5R. The performance of porous concrete is suitable for light traffic load pavement. The advantages of porous concrete with a high porosity is able to drain water easily.*

*In this study, splitting tensile strength test of porous concrete with fly ash mix percentage of 0%, 15%, 25% and recycled coarse aggregate (RCA) of 0%, 25%, 50%, 75%, 100% is investigated. Porous concrete test is using compression testing machine, is conducted to the relation and optimum composition of the mixture combination of fly ash and RCA to the splitting tensile strength of porous concrete.*

*From the research result, the highest splitting tensile strength of the concrete porous is obtained from the composition of fly ash 25% and RCA 75% with a splitting tensile strength amount by 1.5312 MPa. However this research need to be improved to reach the standard quality requirements of concrete pavement. The relationship between the composition of the fly ash and RCA to the splitting tensile strength shown various result due to the quality of NA that has high water absorption compared to RCA.*

**Keyword:** porous concrete, fly ash, recycled coarse aggregate, splitting tensile, composition

## PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi perkerasan jalan secara umum menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan kaku didominasi dengan struktur beton yang berfungsi mendistribusikan beban lalu lintas kepada lapisan permukaan tanah. Perkerasan kaku menggunakan beton lebih sesuai digunakan untuk melayani jalan dengan beban lalu lintas yang berat.

Masalah yang terjadi terkait perkerasan jalan yaitu menyebabkan berkurangnya ruang terbuka hijau, eksploitasi sumber daya alam dan semakin mendorong pemanasan global di dunia. Perkerasan yang ada juga berdampak pada berkurangnya daerah resapan air hal ini akibat dari perkerasan umumnya merupakan lapisan yang kedap air. Perkerasan yang menggunakan bahan yang ramah terhadap lingkungan bisa menjadi solusi sekaligus inovasi yang mengurangi dampak negatif dari pembangunan perkerasan.

Beton *porous* adalah beton khusus yang didesain memiliki porositas yang tinggi sehingga rongga pada beton mampu dilewati oleh air. Untuk mendapatkan porositas yang tinggi maka bahan penyusun beton *porous* terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar dan sedikit agregat halus atau sama sekali tanpa agregat halus. Namun beton *porous* memiliki kelemahan yaitu memiliki kuat tarik belah lebih kecil dari pada beton normal. Beton *porous* secara tradisional digunakan untuk area parkir, di daerah lampu lalu lintas, dan trotoar untuk pejalan kaki (NRMCA, 2004)

Agregat kasar daur ulang/*recycled coarse aggregate* (RCA) adalah hasil pembongkaran struktur beton yang nantinya akan digunakan kembali sebagai agregat kasar dalam campuran pembuatan beton baru. Penggunaan agregat kasar daur ulang memiliki nilai efisiensi dan ekonomis yang tinggi mengingat bahwa bahan campuran beton sebagian besar adalah sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan persediaan sumber daya alam tersebut semakin sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan agregat daur ulang merupakan inovasi yang ramah lingkungan. Agregat daur ulang dapat dimanfaatkan kembali untuk pengganti agregat natural dalam campuran beton setelah pemilihan dan penyaringan (Hansen, 1992; Collin, 1994 Sherwood, 1995).

*Fly ash* adalah residu hasil pembakaran batubara, umumnya batubara yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Pemanfaatan kembali *fly ash* sebagai pengganti

semen dalam pembuatan beton juga dapat mendorong inovasi ramah lingkungan dan pengurangan limbah yang ada. Penambahan *fly ash* diharapkan mampu meningkatkan kualitas beton.

Mempertimbangkan hal-hal tersebut maka perlu dilakukan sebuah penelitian untuk mendapatkan sebuah alternatif beton berkualitas baik yang akan digunakan sebagai perkerasan bersifat tembus air sehingga dapat mempertahankan daerah resapan air. Serta beton yang memiliki nilai efisien, kualitas dan ramah lingkungan dengan menggunakan agregat kasar daur ulang (RCA) dan *fly ash* sebagai pengganti semen. Konsep berkelanjutan berwawasan lingkungan yang diangkat dalam penelitian ini adalah konsep *reduce, reuse, recycle, replace* dan *replant* 5R.

## TUJUAN

Tujuan penelitian yang harus dicapai dan menjawab rumusan masalah ialah sebagai berikut :

1. Mengetahui hubungan antara komposisi agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan agregat alam terhadap kuat tarik belah beton *porous* dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 15% dan 25%.
2. Mengetahui komposisi optimal agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan agregat alam terhadap kuat tarik belah beton *porous* dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 15% dan 25% agar didapatkan mutu beton yang sesuai dengan persyaratan mutu beton.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton

Beton merupakan bahan konstruksi yang diperoleh dari hasil pencampuran antara semen, air, dan agregat dengan perbandingan tertentu serta terkadang perlu ditambah bahan tambahan (Suseno, 2010). Pengerasan beton terjadi akibat dari reaksi kimia antara air dan semen yang nantinya akan mengikat kuat agregat satu dengan yang lain. Berdasarkan SNI 03-2834-2000, beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beton kerap dimanfaatkan dalam konstruksi karena memiliki berbagai kelebihan seperti memiliki kekuatan tinggi mudah dikerjakan, tahan lama, kedap air dan biaya perawatan murah. Selain itu, beton tahan terhadap api. Beton memang

sebagai penahan beban memiliki sifat kuat terhadap tekan, akan tetapi lemah untuk menahan tarik.

### Beton Porous

Beton *porous* (beton berpori) sering pula disebut dengan *previous concrete* memiliki campuran terdiri dari semen, air, dan agregat. Tetapi, agregat yang digunakan umumnya hanya agregat kasar dengan ukuran gradasi yang seragam. Hal ini mengakibatkan beton *porous* mempunyai pori yang lebih besar, sehingga memungkinkan adanya drainase untuk mengalirkan air. Berdasarkan ACI 522R-10 *Report on Pervious Concrete*, beton *porous* dapat di jelaskan sebagai beton yang memiliki nilai slump hingga mendekati nol.

Rongga udara yang lebih besar berdampak pada kuat tarik belah beton *porous* yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional, hal ini menunjukkan bahwa beton *porous* tidak sesuai untuk diterapkan pada struktur yang memerlukan kuat tarik belah tinggi. Beton *porous* biasanya digunakan untuk perkerasan pada beban lalu lintas yang ringan.

### Material Penyusun Beton Porous

Semen memiliki sifat adesif dan kohesif sehingga memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral seperti agregat menjadi suatu massa yang padat setelah semen bereaksi dengan air. Kini semen yang sering digunakan adalah semen (PPC) *Portland Pozzolan Cement* dikarenakan PPC lebih memiliki sifat *pozzolan* dari penambahan *pozzolan* halus silika dan alumina. Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat, penambahan air menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

Air yang digunakan harus memenuhi kualitas mutu yang telah diatur dan di syaratkan. Biasanya, air yang layak untuk diminum pasti dapat digunakan untuk *mix design* beton. Air dibutuhkan untuk campuran beton guna menimbulkan reaksi kimiawi dengan semen, untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar memiliki kelacakan yang tinggi.

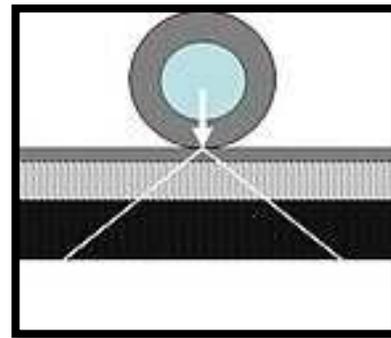
Agregat adalah komponen yang sangat penting dalam campuran beton. Agregat memiliki fungsi sebagai bahan pengisi utama. Agregat kasar yang digunakan adalah NA dan RCA.

*Fly ash* adalah residu hasil pembakaran batubara, umumnya batubara yang digunakan untuk

pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). *Fly Ash* digolongkan sebagai limbah B3 menurut PP18/99 jo PP 85/99. Dimana abu terbang sering sekali digunakan untuk bahan pengganti semen parsial.

### Kuat Tarik Belah

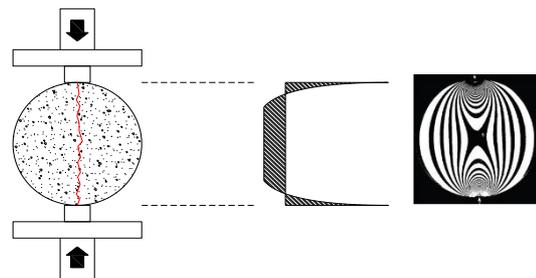
Kuat tarik adalah bagian yang penting ketika menahan retak-retak akibat perubahan kandungan air dan suhu. pengujian kuat tarik dilakukan untuk produksi beton konstruksi untuk jalan raya dan lapangan terbang (L.J. Murdock dan K.M.Brook, 1991).



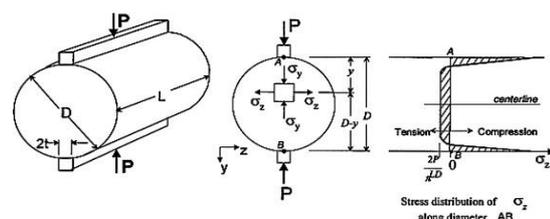
Gambar 1. Distribusi beban kendaraan

Sumber: [https://id.wikipedia.org/Muatan\\_sumbu](https://id.wikipedia.org/Muatan_sumbu)

Kuat tarik belah pada benda uji beton yang berbentuk silinder, Nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pemberian beban pada benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan (SNI 03-2491-2002).



Gambar 2. Skema pengujian kuat tarik belah



Gambar 3. Distribusi tegangan kuat tarik belah

Sumber : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai tegangan tarik belah,

diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut (SNI 03-2491-2002) :

$$F_{ct} = 2P/\pi DL$$

dengan :

- F<sub>ct</sub> : Kuat tarik belah (MPa)
- P : Beban maksimum beban belah (N)
- L : Panjang benda uji silinder (mm)
- D : Diameter benda uji silinder (mm)

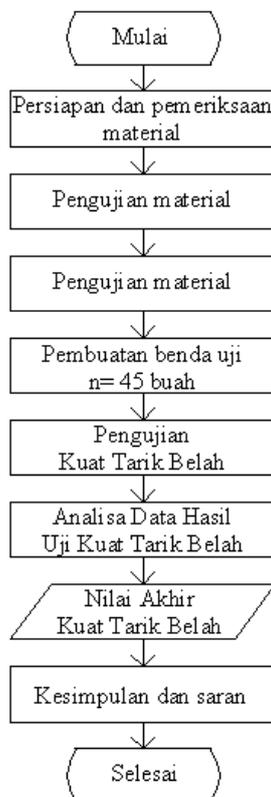
Penelitian kuat tarik beton khususnya pada beton porous penting dalam menentukan kemungkinan keretakan.

Nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus, berbagai percobaan perbaikan kualitas kekuatan tekan hanya diikuti sedikit peningkatan kuat tariknya. (Istimawan Dipohusodo, 1999).



**Gambar 4.** Kuat tarik belah beton  
Sumber: <https://youtube.com/watch?v=GiSgatiG7c>

**METODE PENELITIAN**

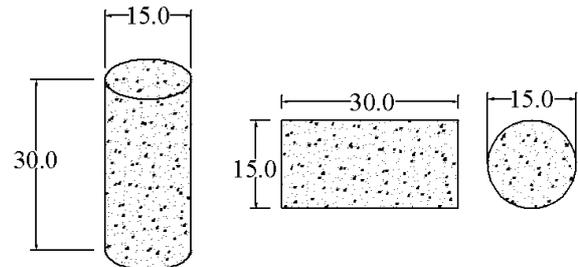


**Gambar 5.** Diagram alir tahap penelitian

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan variasi sampel sebagai berikut :

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

Uji kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui kualitas beton yang direncanakan apakah sesuai dengan perencanaan.



**Gambar 6.** Bentuk dan tampak benda uji

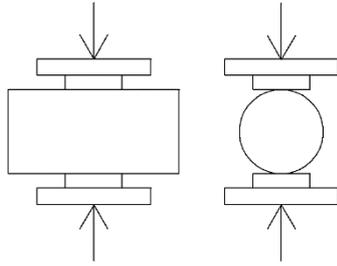
**Tabel 1.** Faktor benda uji kuat tarik belah

FAKTOR	TARAF/LEVEL	KETERANGAN
RCA	a0	0%
	a1	25%
	a2	50%
	a3	75%
	a4	100%
<i>Fly ash</i>	b0	0%
	b1	15%
	b2	25%

**Tabel 2.** Variasi benda uji kuat tarik belah

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

Pengujian menggunakan benda uji beton silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, beton diletakkan arah memanjang (ditidurkan) di alat pengujian kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak (lateral) silinder beton. Pemberian beban dilakukan secara menerus tanpa sentakkan dengan kecepatan pembebanan konstan yang berkisar antara 0,7 hingga 1,4 MPa per menit sampai benda uji hancur. Kecepatan pembebanan untuk benda uji berbentuk silinder dengan ukuran panjang 300 mm dan diameter 150 mm berkisar antara 50 sampai 100 kN per menit.



**Gambar 7.** Skema pengujian kuat tarik belah

Setelah pengujian selesai dan didapatkan data kuat tarik belah beton yang terjadi yang pada silinder benda uji beton *Porous* selanjutnya dianalisis dengan nilai rata-rata dari setiap *mix design* dan disusun grafik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa BJ dan Penyerapan Agregat Kasar

**Tabel 3.** Kualitas agregat kasar

	NA	RCA
Berat Jenis SSD	2.300	2.474
Penyerapan	14.328%	5.184%

Sesuai tabel 3 menunjukkan hubungan bahwa semakin besar nilai berat jenis suatu agregat maka akan semakin kecil nilai penyerapannya. Agregat kasar yang baik adalah agregat yang memiliki berat jenis tinggi dan memiliki nilai penyerapan yang rendah.

Berat jenis dan penyerapan memiliki pengaruh terhadap berat isi beton yaitu semakin besar nilai penyerapan dan semakin kecil berat jenis suatu agregat akan menurunkan berat isi beton begitu juga sebaliknya. Berat jenis dan penyerapan menjelaskan tentang kepadatan suatu agregat. Semakin besar berat jenis dan semakin kecil penyerapan menunjukkan semakin padat suatu agregat

Kesimpulan dari penelitian pendahuluan agregat kasar ini yang pertama adalah dari kedua agregat yang diuji RCA maupun NA sama-sama tidak memenuhi standar agregat kasar sebagai perkerasan sesuai peraturan Bina marga 2009. Kedua, Hal ini menunjukkan bahwa dalam analisa berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang (RCA) memiliki kualitas yang lebih baik dari pada agregat kasar alam (NA).

Hal-hal yang dapat menyebabkan lebih besarnya nilai penyerapan agregat kasar alam (NA) dari pada agregat kasar daur ulang (RCA) pada penelitian ini adalah besarnya pori, faktor kembang

susut, dan faktor suhu yang tinggi pada agregat kasar alam (NA) yang diuji.

### Analisa Kandungan Fly Ash

**Tabel 4.** Klasifikasi fly ash

Compound	Conc (%)	kelas C	kelas F	kelas N
CaO	25.8	$\geq 10\%$	$< 10\%$	-
SiO <sub>2</sub>	65.67	$> 50\%$	$> 70\%$	$> 50\%$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengujian fly ash yang akan digunakan untuk pembuatan beton *porous* dalam penelitian ini. Hasil pengujian XRF No Filter menunjukkan bahwa CaO yang terkandung dalam fly ash sebesar 25,8 % , SiO<sub>2</sub> sebesar 20,4%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 7,5%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 37,77%.

Sampel fly ash termasuk pada fly ash kelas C terhadap pengujian XRF No Filter yaitu memiliki kadar CaO 25,8%  $\geq 10\%$  dan kadar SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 65,67  $> 50\%$ .

Kesimpulan dari pengujian kandungan fly ash yaitu fly ash yang digunakan adalah kelas C sehingga memiliki sifat *cementitious* dan juga sifat *pozzolan* apabila bercampur dengan semen dan air. klasifikasi ini sesuai dengan ACI 1993 Part I 226.3R-3.

### Analisa Berat Isi Agregat Kasar

**Tabel 5.** Berat isi agregat kasar

Berat Cawan	=	1.05 kg
Berat Cawan + RCA	=	4.05 kg
Berat Cawan + NA	=	4.15 kg
Berat Cawan + Air	=	3.1 kg
$\rho$ air	=	1000 kg/m <sup>3</sup>
V	=	0.00205 m <sup>3</sup>
$\rho$ RCA	=	1463.415 kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ NA	=	1512.195 kg/m <sup>3</sup>

Menurut tabel 5 berat isi NA lebih besar dari pada RCA. Besar kecilnya berat isi suatu agregat ditentukan oleh gradasi agregat tersebut. Semakin kecil ukuran butir agregat maka berat isi akan semakin besar dikarenakan rongga antar agregat akan saling terisi. Sama halnya ketika agregat memiliki gradasi yang baik agregat yang berukuran kecil akan mengisi celah yang tidak mampu diisi oleh agregat yang lebih besar.

Dalam penelitian ini digunakan gradasi agregat yang seragam yaitu ukuran 0,5-1 cm. Penelitian berat isi ini menunjukkan bahwa ukuran butir agregat NA cenderung lebih banyak pada ukuran 0,5 cm dan ukuran butir agregat RCA cenderung

lebih banyak pada ukuran 1 cm dibuktikan dari berat isi NA lebih besar dari pada RCA.

**Analisa Berat Isi Beton dan Pembuatan Beton**

**Tabel 6.** Berat isi rata-rata beton *Porous*

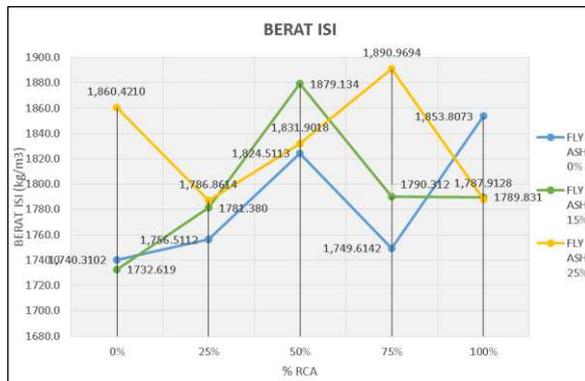
Benda Uji	Berat Isi Rata - Rata
	(kg/m <sup>3</sup> )
A0B0	1740.3102
A1B0	1756.51119
A2B0	1824.51134
A3B0	1749.61421
A4B0	1853.80732
A0B1	1732.61892
A1B1	1781.38004
A2B1	1879.13438
A3B1	1790.31242
A4B1	1789.83055
A0B2	1860.421
A1B2	1786.86145
A2B2	1831.90182
A3B2	1890.96937
A4B2	1787.91276

Hasil penelitian berat isi dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan berat isi beton *porous* dibuktikan dengan nilai rata-rata berat isi terbesar meningkat seiring penambahan *fly ash* hingga 25%. untuk *fly ash* 0% menghasilkan rata-rata berat isi terbesar dengan nilai 1.853,8072 kg/m<sup>3</sup>, *fly ash* 15% menghasilkan rata-rata berat isi terbesar dengan nilai 1.879,1344 kg/m<sup>3</sup>, *fly ash* 25% menghasilkan rata-rata berat isi terbesar dengan nilai 1.890,9694 kg/m<sup>3</sup>. Penambahan agregat kasar daur ulang (RCA) menunjukkan hasil yang beragam terhadap berat isi beton *porous*.

**Analisa Kuat Tarik Belah**

**Tabel 7.** Kuat tarik belah rata-rata beton *porous*

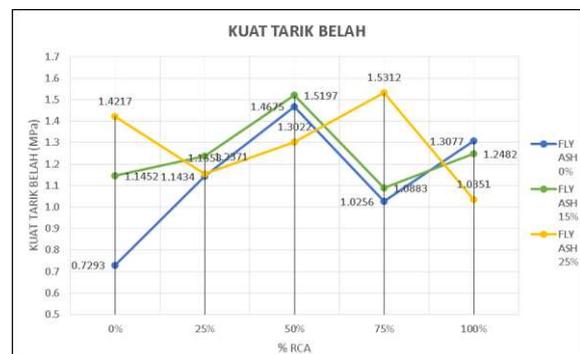
Benda Uji	Tegangan Tarik Belah Rata - Rata
	Mpa
A0B0	0.729321128
A1B0	1.14341295
A2B0	1.467471795
A3B0	1.025596042
A4B0	1.307737749
A0B1	1.145239513
A1B1	1.237107466
A2B1	1.519743636
A3B1	1.088251429
A4B1	1.248191706
A0B2	1.421679523
A1B2	1.155821131
A2B2	1.302208181
A3B2	1.531150729
A4B2	1.035070558



**Gambar 8.** Grafik berat isi rata-rata beton *porous*

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 8 menunjukkan bahwa grafik saling memotong antara *fly ash* 0%, *fly ash* 15% dan *fly ash* 25%. Pola dari grafik menunjukkan konsistensi hasil berat isi yang bervariasi sehingga butuh analisis perbandingan dengan hasil kuat tarik belah dan hasil penelitian agregat kasar.

Grafik yang saling memotong yang menunjukkan beragamnya berat isi disebabkan berbagai hal antara lain kepresisian pembuatan bekisting, waktu pengecoran, penyusutan beton, faktor pemadatan dan komposisi agregat yang timpang antara ukuran 0,5 dengan ukuran 1 serta kualitas agregat daur ulang (RCA) yang lebih baik daripada kualitas agregat kasar alam (NA).



**Gambar 9.** Grafik kuat tarik belah rata-rata beton *porous*

Berdasarkan tabel 7 dan gambar 9 menunjukkan bahwa grafik saling memotong antara *fly ash* 0%, *fly ash* 15% dan *fly ash* 25%. Pola dari grafik menunjukkan konsistensi hasil pengujian kuat

tarik belah yang bervariasi sehingga membutuhkan analisis menyeluruh melingkupi penelitian berat isi dan penelitian pendahuluan agregat kasar.

Grafik yang saling memotong yang menunjukkan beragamnya dan hasil pengujian kuat tarik belah diakibatkan berbagai hal seperti waktu pengecoran, selisih komposisi takaran teori dengan kenyataan, faktor pemadatan dan komposisi agregat yang timpang antara ukuran 0,5 dengan ukuran 1 serta kualitas agregat daur ulang (RCA) yang lebih baik daripada kualitas agregat kasar alam (NA). hasil pengujian kuat tarik belah ini akan dibandingkan dengan berat isi beton.

Dapat disimpulkan dari hasil penelitian kuat tarik belah bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan kuat tarik belah beton *porous* ditunjukkan dari nilai rata-rata kuat tarik belah terbesar meningkat seiring penambahan *fly ash* hingga 25%. untuk *fly ash* 0% menghasilkan rata-rata kuat tarik belah terbesar dengan nilai 1,3022 Mpa, *fly ash* 15% menghasilkan rata-rata kuat tarik belah terbesar dengan nilai 1,5197 Mpa, *fly ash* 25% menghasilkan rata-rata kuat tarik belah terbesar dengan nilai 1,5312 Mpa. Penambahan agregat kasar daur ulang (RCA) belum menunjukkan hasil yang signifikan terhadap kuat tarik belah beton *porous*.

Perbandingan dari hasil penelitian berat isi dan hasil penelitian kuat tarik belah menunjukkan ada kesamaan pola peningkatan dan penurunan sehingga dapat dikerucutkan bahwa peningkatan kuat tarik belah berbanding lurus dengan peningkatan berat isi beton *porous*. Sedangkan berat isi beton *porous* dipengaruhi oleh pemadatan, komposisi gradasi agregat, penyerapan agregat.

### Hubungan Berat Isi dan Kuat Tarik Belah



**Gambar 10.** Grafik hubungan berat isi dan kuat tarik belah *fly ash* 0%

Pada gambar 10 grafik berat isi dan kuat tarik belah memiliki pola yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tarik belah

berbanding lurus dengan berat isi dari beton *porous*. Semakin tinggi berat isi maka semakin tinggi pula kuat tarik belah begitu juga sebaliknya.



**Gambar 11.** Grafik hubungan berat isi dan kuat tarik belah *fly ash* 15%



**Gambar 12.** Grafik hubungan berat isi dan kuat tarik belah *fly ash* 25%

Pada gambar 11 dan gambar 12 menunjukkan hasil yang sama yaitu kuat tarik belah sebanding dengan berat isi beton *porous*. Saat terjadi penurunan berat isi maka terjadi pula penurunan kuat tarik belah beton *porous*. Berat isi yang lebih tinggi memiliki kuat tarik belah yang tinggi disebabkan berat isi beton *porous* yang lebih besar menunjukkan semakin padat beton *porous*. Semakin padat beton *porous* maka semakin tinggi pula kuat tarik belah.

### KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil dan proses penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Pada analisa kuat tarik belah beton *porous* dari hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tarik belah rata-rata tertinggi adalah 1,5312 Mpa pada benda uji komposisi 25% *fly ash* dan 75% RCA, sedangkan nilai kuat tarik belah rata-rata terendah adalah 0,7293 Mpa pada benda uji komposisi 0% *fly ash* dan 0% RCA. Hubungan antara komposisi agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan agregat alam terhadap kuat tarik belah

beton *porous* dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 15% dan 25% memiliki pengaruh yang beragam. Dalam penelitian ini pengaruh penambahan komposisi *fly ash* hingga 25% dapat meningkatkan kuat tarik belah. Penambahan komposisi agregat kasar daur ulang (RCA) belum menunjukkan pengaruh yang signifikan sehingga menyebabkan beragamnya hasil pengujian. Beragamnya hasil pengujian pada tiap *mix design* ditunjukkan dari pola grafik yang saling berpotongan. Hal ini disebabkan adanya kesalahan pada proses penelitian.

2. Menurut hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi optimal yang menghasilkan kekuatan tertinggi adalah 25% *fly ash* dan 75% RCA dengan kekuatan tarik belah rata-rata sebesar 1,5312 Mpa. Namun komposisi optimal agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan agregat alam terhadap kuat tarik belah beton *porous* dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 15% dan 25% masih harus diteliti kembali karena pola grafik hasil yang berpotongan dan beragamnya hasil pengujian memberikan kemungkinan bahwa komposisi optimal dapat terjadi pada komposisi *mix design* selain 25% *fly ash* dan 75% RCA.
3. Berdasarkan hasil analisa antara kuat tarik dan berat isi disimpulkan bahwa peningkatan kuat tarik belah berbanding lurus dengan peningkatan berat isi beton *porous*. Berat isi beton *porous* dipengaruhi oleh proses pemadatan, komposisi gradasi agregat dan penyerapan agregat. Disamping adanya kesalahan dalam proses penelitian, penyerapan agregat kasar alam yang cukup besar hingga melebihi agregat kasar daur ulang (RCA) merupakan faktor utama penyebab beragamnya hasil pengujian kuat tarik belah. Penyerapan pada agregat kasar alam (NA) yang tinggi diakibatkan besarnya pori, faktor kembang susut, dan faktor suhu yang tinggi.

## SARAN

Pada penelitian ini masih jauh dari kata sempurna yang mengakibatkan hasil pengujian memberikan jawaban pada rumusan masalah berbeda dari yang telah disusun, sehingga perlu adanya evaluasi dan masukan guna mencapai hasil yang diharapkan pada penelitian selanjutnya. Evaluasi beserta saran pada penelitian ini adalah :

1. Sampel untuk tiap *mix design* hanya 3 sampel sehingga mendapatkan nilai rata-rata kuat tarik belah yang bias *outlayer* untuk menjelaskan kekuatan pada setiap *mix design*. Perlu adanya penambahan sampel benda uji untuk tiap *mix design*
2. Pentingnya kontrol terhadap kualitas bahan seharusnya kualitas agregat kasar alam (NA) lebih baik dari pada agregat kasar daur ulang (RCA) namun pada penelitian ini menunjukkan hasil sebaliknya.
3. Terdapat beberapa benda uji yang waktu pelepasan bekisting dan perawatannya yang berbeda dari jadwal. Butuh penjadwalan yang sistematis mulai persiapan hingga pengujian dan harus disesuaikan dengan kalender akademik dan jam kerja.
4. Terdapat beberapa standar dan prosedur yang disesuaikan seperti standar pemadatan beton *porous* sehingga melaksanakan pemadatan secara perkiraan kebutuhan hal ini berdampak pada berat isi beton yang beragam menunjukkan benda uji memiliki kepadatan yang beragam.
5. Penyesuaian penambahan air pada adukan beton dengan kondisi agregat kasar terlalu kering atau sudah SSD ataupun terlalu jenuh. Pengondisian agregat kasar agar SSD membutuhkan wadah yang banyak dan tempat yang luas. Ketika agregat kasar sudah sesuai SSD maka penambahan air tinggal mengikuti takaran *mix design*
6. Ratanya permukaan benda uji mempengaruhi distribusi beban saat pengujian sehingga perlu dilaksanakan pemerataan pada benda uji beton *porous*. Keadaan beton *porous* yang berpori akan cukup susah untuk diratakan.
7. Pada proses pengaturan saat akan dilaksanakan pengujian kuat tarik belah harus dilakukan dengan teliti. Sehingga distribusi beban sesuai dengan prosedur pengujian.
8. Perlu penambahan variable control yang dapat digunakan sebagai acuan sehingga mengurangi variable bebas serta meningkatkan ke akuratkann fenomena yang terjadi pada variabel terikat.

Berikut beberapa saran yang dapat untuk dikembangkan penelitian yang dilaksanakan masih jauh dari kata sempurna namun masih tetap dapat digunakan sebagai referensi perbaikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committe 522. (2010). *Report On Pervious Concrete 522R-10*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI parts 1 226.3R-3. 1993. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavy, Weight and Mass Concret, Washington, D.C
- Adi, P. (2013). Kajian Jenis Agregat dan Proporsi Campuran Terhadap Kuat Tekan dan Daya tembus Beton Porous. *Jurnal Teknik Vol 3 No.2/Oktober 2013*. ISSN 2088-3676
- Arifi, E. (2014). Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang. *jurnal rekayasa sipil / volume 8, no.3 – 2014*. ISSN 1978 – 5658
- Arifi, E. (2015), *Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Peforma Beton Agregat Daur Ulang*. *Rekayasa Sipil*. IX (3) 229-235
- ASTM C-33.(2002). *Standart Specification for Concrete Aggregates*. Agregat International.
- ASTM C-125.(1995). *Standart Definition of Terminology Relating to Concrete and Concrete Agregat*. ASTM International
- ASTM C-150.(1985). *Standart Specification for Portland Cement*. Annual Books of ASTM Standart.
- Collins R.J. (1994). The use of recycled aggregates in concrete. BRE report, Building Research Establishment, U.K. May.
- Departemen Pekerjaan Umum. Peraturan Bina marga (2009). *Peraturan Spesifikasi Khusus Seksi 5.7*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga
- Departemen Pekerjaan Umum. SK SNI T15-1990-03.(1991). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung: DPU-Yayasan LPMB
- Departemen Pekerjaan Umum.SNI 03-2492-2002.(2002).*Metode Pengambilan dan Pengujian Beton Inti*.Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Dipohusodo, I. (1999), *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hamid D.A, As'ad S. Dan Safitri E. (2014). Pengaruh penggunaan agregat daur ulang terhadap kuat Tekan dan modulus elastisitas beton berkinerja tinggi Grade80. *e-jurnal matriks teknik sipil vol.2 no.2/juli2014/ 43*.ISSN2354-8630
- Hansen, T.C. (1992). *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*. RIELM Report No.6 ,E and FN Spon, UK
- LIPI.(2001), X-RAY flouresence.LIPI Metalurgi Press. <http://www.metalurgi.lipi.go.id/fasilitas/xrf-x-ray-flouresence/>.(diakses 19 Juni 2017).
- Mardiono. Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Gunadarma Jakarta
- Mulyati, Arman A. (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Momentum Vol.16 No.2. Agustus 2014*. ISSN : 1693-752X
- Murdock, L.J. dan K.M.Brook. (1991) *Concrete Technology*, Newyork: Logman scientific and Technical.
- NRMCA. (2004), *CIP-38 Pervious Concrete*. Silver Spring, Maryland: NRMCA Press. <http://nrmca.org/aboutconcrete/cips/38p.pdf>. (diakses 11 Februari 2017).
- PBI. (1971). *Peraturan Beton Indonesia*. Jakarta PP Nomor 18 Tahun 1999. (1999).*Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*
- Prabowo D.A, Ary S. dan Sambowo K.A. (2013). Desain Beton Berpori untuk Perkerasan Jalan yang Ramah Lingkungan. *e-jurnal matriks teknik sipil/ juni 2013/96*
- Sherwood P.T. (1995). *Alternative Materials in Road Construction*. Thomas Telford, London.
- Suharwanto. (2005). *Perilaku Mekanik Beton Agregat Daur Ulang: Aspek Material-Struktural*. Bandung : ITB
- Suseno, H. (2010), *Bahan Bangunan*. Malang: Bargie Media. Teknik Sipil Universitar Brawijaya: *Petunjuk Praktikum Teknologi Beton* .Malang : Bargie Media

