

PENGARUH KOMPOSISI RECYCLE CONCRETE AGREGATE (RCA) DAN ABU TERBANG (FLY ASH) TERHADAP KUAT TEKAN DALAM PEMBUATAN BETON POROUS

Ir. H. Zainuddin, M.T

Fakultas Teknik, Universitas Bojonegoro
Jl. Lettu Suyitno No.2, Glendeng, Kalirejo, Bojonegoro 62119

ABSTRACT

Dengan meningkatnya aktifitas konstruksi di Indonesia, menyebabkan bertambahnya limbah-limbah beton. Limbah beton adalah bahan sisa atau bahan bekas yang diperoleh dari penghancuran dari bangunan konstruksi yang tidak digunakan. Beton Agregat kasar daur ulang atau RCA adalah agregat kasar yang diperoleh dari beton daur ulang yang telah mengalami proses pulsed power (Eva Arifi, 2014) dan berdasarkan beberapa permasalahan yang terjadi sudah seharusnya memanfaatkan komposisi material berupa Abu terbang (Fly Ash) sebagai pengganti sebagian semen dan menggunakan beton daur ulang sebagai agregat kasar Recycle Concrete Agregate (RCA) sebagai pengganti batu alam. 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. Skema pekerjaan ini adalah komposisi benda diteliti serta dilakukan pembersihan setelah dilakukan pembersihan dilakukan pencampuran komposisi yaitu Batu alam, Beton daur ulang (RCA), Semen, Abu Terbang (Fly Ash), dan Air. Lanjut benda uji di rendam air selama 28 Hari. Uji kuat tekan menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM) saat umur beton mencapai 28 hari. Pemakaian Fly Ash sebesar 22,5% dan RCA sebesar 25% menghasilkan kuat tekan dengan mutu 10,19 Mpa pada umur 7 Hari dan Pemakaian Fly Ash sebesar 22,5% dan RCA sebesar 25% menghasilkan kuat tekan dengan mutu 19,25 Mpa pada umur 28 Hari

Keywords : Porous, Recycle Concrete Agregate, Fly Ash.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bangunan untuk pekerjaan sipil terus meningkat, dalam membangun suatu struktur bangunan gedung kantor pemerintahan, perkantoran swasta, ruko ruko, perumahan, pasar, masjid, sekolahan, jalan dan perumahan terus meningkat dan banyak yang menggunakan beton akan tetapi rusak sebelum waktunya bangunan. Bahan bangunan dari struktur tersebut biasanya yang dipakai adalah : kayu, baja, beton dan lain-lain. Diantara bahan bangunan tersebut, beton memiliki peranan yang sangat penting mudah dibentuk. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya bangunan yang menggunakan bahan ini dalam volume besar.

Semakin banyak bangunan yang dikerjakan, kebutuhan pasokan listrik pun juga menjadi bagian penting dari pembangunan tersebut. Dengan adanya itu listrikpun meningkat signifikan serta penggunaan yang setiap hari dan dalam

jangka cukup panjang. Secara otomatis bahan sampingan yang dihasilkan dari produksi seperti halnya proses pembakaran batu bara untuk kebutuhan listrik yang semakin hari semakin besar, semakin lama diabaikan semakin menumpuk banyak dapat mempengaruhi udara karena polusi yang diakibatkan dari abu terbang yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara tersebut. Semakin lama jangka waktunya semakin banyak produk sampingan yang dihasilkan.

Maka dengan adanya permasalahan tersebut harusnya produk sampingan dari proses pembakaran batu bara berupa abu terbang (Fly Ash) dimanfaatkan dengan baik, limbah batu bara tersebut meningkat dari hari ke hari, maka perlu penanganannya yang tepat guna. Untuk mengurangi penumpukan abu terbang tersebut perlunya masyarakat khususnya mahasiswa teknik sipil melakukan banyak penelitian guna memanfaatkan Abu terbang (Fly Ash) tersebut.

Menurut Aswin Budi Saputro, (2008) Beberapa riset dan eksperimen dibidang beton telah banyak dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitasnya. Pengaruh fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam fly ash.

Bila merujuk dari pendapat Aswin Budi Saputro, (2008) Abu Terbang (Fly Ash) dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan beton pengganti sebagian penggunaan semen. Disamping banyak terdapatnya limbah atau sisa produksi pembakaran batu bara yang digunakan untuk listrik terdapat juga permasalahan mengenai kebutuhan batuan sebagai salah satu bahan bangunan dalam pembuatan beton. Seiring meningkatnya aktifitas konstruksi di Indonesia ini dengan bahan material beton secara otomatis pasokan batu semakin berkurang karena batu tersebut salah satu komposisi agregat kasar pembuatan beton.

Dengan meningkatnya aktifitas konstruksi di Indonesia, 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.

Berdasarkan beberapa permasalahan yang terjadi di atas sudah seharusnya memanfaatkan komposisi material berupa Abu terbang (Fly Ash) sebagai pengganti sebagian semen dan menggunakan beton daur ulang sebagai agregat kasar Recycle Concrete Aggregate (RCA) sebagai pengganti batu alam.

2. KAJIAN PUSTAKA

E. Beton

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.

Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (workability), faktor air semen (F.a.s) dan zat tambahan (admixture) bila diperlukan (Alam, dkk).

F. 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 diselubungi dengan lapisan pasta semen tipis sekitar 1,3 mm (Neville dan Brooks, 2010).

G. Abu Terbang (Fly Ash)

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.

H. Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Kebutuhan batuan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan beton akan semakin berkurang seiring 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.

I. Air Bersih

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses pencampuran yang tidak merata.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram perliter.

2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram per liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram per liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

J. Portland Composite Cement (PCC)

Bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

Penggunaan semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (paving block) dan sebagainya.

K. Agregat

Agregat adalah material yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk pembentuk beton, yang di antaranya adalah pasir, kerikil, batu pecah, di mana agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan jumlahnya sekitar 75 % volume beton. Dalam teknologi beton, agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar dan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus.

3. METODE PENELITIAN

C. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan ialah penelitian dalam bentuk eksperimen berguna dimana untuk mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di laboratorium.

D. Variabel Penelitian

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

1. Variabel bebas yaitu fly ash 0%, 22,5% , 25%, dan RCA 0%, 22,5%, 25%.
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:

Tabel 3.13 Data Variasi Campuran

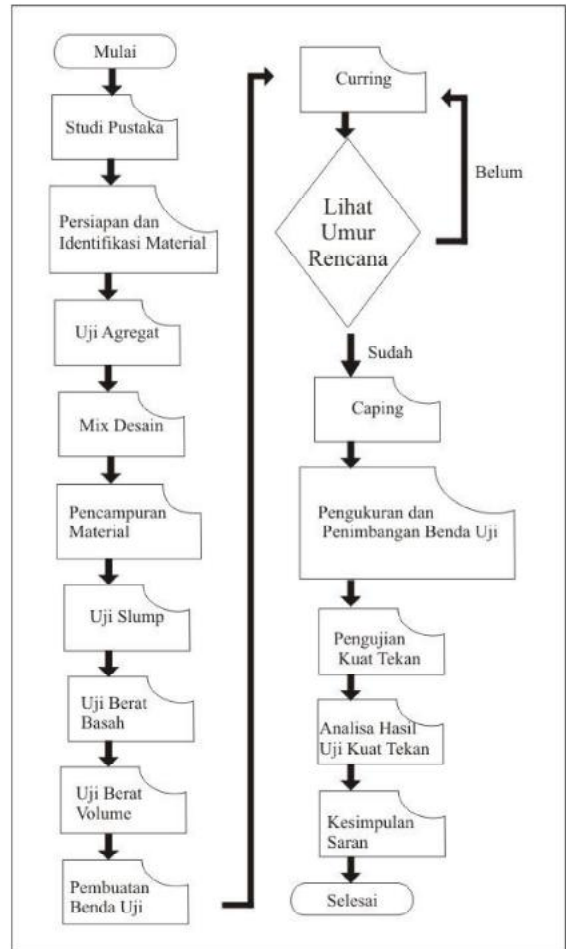
	Fly 0%	Fly 10%	Fly 22,5%
RCA 0%	R0/F0	R0/F10	R0/F22,5
RCA 10%	R10/F0	R10/F10	R10/F22,5
RCA 22,5%	R22,5/F0	R22,5/F10	R22,5/F22,5

Sumber : Data hasil penetapan prosentase campuran

E. Desain Penelitian

Studi Kasus bentuk tunggal (One - Shot Case Study) yaitu sebuah eksperimen yang dilaksanakan tanpa adanya kelompok pembanding dan juga tes awal. Skema pekerjaan ini adalah komposisi benda diteliti serta dilakukan pembersihan setelah dilakukan pembersihan dilakukan pencampuran komposisi yaitu Batu alam, Beton daur ulang (RCA), Semen, Abu Terbang (Fly Ash), dan Air. Setelah adukan rata dilakukan pencetakan dalam benda uji. Kemudian diamkan 6 jam setelah itu lepas

cetakan benda uji lanjut benda uji di rendam air selama 28 Hari. Setelah waktu terpenuhi tiriskan dan Pelaksanaan uji kuat tekan menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM) saat umur beton mencapai 28 hari.



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

4. HASIL & PEMBAHASAN

D. Hasil Mix Desain

Berdasarkan metode perhitungan percobaan *trial and error* (lihat tabel 4.1), maka dapat ditentukan komposisi campuran seperti pada tabel 1.

Tabel 4.1 Perbandingan persentase komposisi campuran mix desain

Kode Benda Uji	Variasi Campuran (%)				
	Air (%)	Semen (%)	Batu Pecah (%)	RCA (%)	Fly Ash (%)
I	100	100	100	0	0
II	100	78	100	0	10
III	100	75	100	0	22,5
IV	100	100	77,5	10	0
V	100	78	77,5	10	10
VI	100	75	77,5	10	22,5
VII	100	100	75	22,5	0
VIII	100	78	75	22,5	10
IX	100	75	75	22,5	22,5

Sumber : Pengelolaan hasil campuran mix desain

Tabel 2 Perbandingan berat komposisi campuran Mix Desain

Kode Benda Uji	Variasi Campuran (Kg)				
	Air (Kg)	Semen (Kg)	Batu Pecah (Kg)	RCA (Kg)	Fly Ash (Kg)
I	5,65	9,041	49,23	0	0
II	5,65	9,041	49,23	0	0,913
III	5,65	9,041	49,23	0	2,055
IV	5,65	9,041	44,31	4,923	0
V	5,65	9,041	44,31	4,923	0,913
VI	5,65	9,041	44,31	4,923	2,055
VII	5,65	9,041	38,16	11,08	0
VIII	5,65	9,041	38,16	11,08	0,913
IX	5,65	9,041	38,16	11,08	2,055

Sumber : Pengelolaan hasil campuran mix desain

Dari data tabel diatas diketahui bahwa terdapat 9 (Sembilan) macam benda uji untuk benda uji I, II, dan III terdapat RCA yang sama berjumlah 0 Kg dan fly ash berurutan 0 Kg, 0,913 Kg, dan 2,055 Kg. untuk benda uji IV, V, dan VI terdapat RCA yang sama berjumlah 4,923 Kg dan fly ash berurutan 0 Kg, 0,913 Kg, dan 2,055 Kg. untuk benda uji VII, VIII, dan IX terdapat RCA yang sama berjumlah 11,08 Kg dan fly ash berurutan 0 Kg, 0,913 Kg, dan 2,055 Kg.

Dari tabel diatas terjadi perbedaan total berat dikarenakan untuk prosentase

berat berbeda dengan variasi RCA 0%, 10%, dan 22,5% sedangkan Fly Ash %, 10%, dan 22,5%.

E. Hasil Slump

Berdasarkan rentan nilai slump yang direkomendasikan untuk berbagai type konstruksi didapat nilai 7,5 cm hingga 15 cm. berikut hasil nilai slump test dari masing – masing campuran.

Tabel 3 Hasil Uji slump

Nomor Kode Benda Uji	Variasi Campuran		Slump Test (Cm)
	FA	RCA	

I	0	0	7,1
II	10	0	4,8
III	22,5	0	3,5
IV	0	10	7,0
V	10	10	5,0
VI	22,5	10	10,0
VII	0	22,5	11,3
VIII	10	22,5	7,5
IX	22,5	22,5	7,8

Sumber : Pengelolaan data Uji slump

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa dalam pekerjaan job mix pada beton porous semua lolos uji slump namun terdapat 3 (Tiga) palaksanaan yang kurang memenuhi dikarenakan kurangnya air pada adukan dan pelaksanaan dalam tahap pembelajaran.

F. Berat Isi Beton

Tabel 4. Perhitungan Berat Isi Basah Beton Porous

Nomor Kode Benda Uji	Variasi Campuran		Berat Wadah + Beton Basah (Kg)	Berat Wadah (Kg)	Berat Wadah + Air (Kg)	Volume Air/Wadah (m ³)	Berat Isi Beton (Kg/m ³)
	FA	RCA					
I	2	3	4	5	6	$\frac{(6-5)}{1000}$	$\frac{(4-5)}{6}$
I	0	0	21,78	10,87	16,17	0,0053	2058,49
II	10	0	10,37	0,22	5,02	0,0048	2114,58
III	22,5	0	10,6	0,22	5,02	0,0048	2158,00
IV	0	10	3,97	0,11	2,01	0,0019	2031,58
V	10	10	3,69	0,11	2,01	0,0019	1884,21
VI	22,5	10	3,59	0,11	2,01	0,0019	1831,05
VII	0	22,5	3,54	0,11	2,01	0,0019	1805,26
VIII	10	22,5	3,93	0,11	2,01	0,0019	2007,89
IX	22,5	22,5	4,29	0,11	2,01	0,0019	2200,00

Sumber : Olah Data

Dari data perhitungan berat isi beton di atas di dapatkan untuk benda uji I menghasilkan berat isi beton 2058,49 Kg/m³. Berat isi beton benda uji II dengan berat 2110,19 Kg/m³, Berat isi beton benda uji III dengan berat 2158,00 Kg/m³, Berat isi beton benda uji IV dengan berat 2031,58 Kg/m³, Berat isi beton benda uji V dengan berat 1884,21 Kg/m³, Berat isi beton benda uji VI dengan berat 1831,05 Kg/m³, Berat isi beton benda uji VII dengan berat 1805,26 Kg/m³, Berat isi beton benda uji VIII dengan berat 2007,89 Kg/m³, dan Berat isi beton benda uji XI dengan berat 2200,00 Kg/m³.

Dari di atas terjadi perbedaan berat isi beton dikarenakan berat variasi agregat yang berbeda prosentase dan berdampak pada kepadatan berat isi beton tersebut. Dalam perencanaan berat isi beton 2290 Kg/m³ namun pada pelaksanaan berat beton tertinggi 2200,00 Kg/m³

G. Berat Jenis Beton

Tabel 5. Berat Jenis Beton Porous Umur 7 Hari

Nomor Kode Benda Uji	Variasi Campuran		Berat Kering (Kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Jenis (Kg/m ³)
	FA	RCA			
I	2	3	4	5	= 4 / 5
I	0	0	10,08	0,0053	1901,89
II	10	0	10,01	0,0053	1888,68
III	22,5	0	10,02	0,0053	1890,57
IV	0	10	8,31	0,0053	1567,92
V	10	10	8,45	0,0053	1594,34
VI	22,5	10	8,47	0,0053	1597,74
VII	0	22,5	8,32	0,0053	1569,81
VIII	10	22,5	9,50	0,0053	1791,89
IX	22,5	22,5	10,62	0,0053	2003,21

Sumber : Olah Data

Dari data tabel penimbangan berat kering benda uji beton pada umur 7 Hari untuk kode benda uji I menghasilkan berat jenis sebesar 1901,89 Kg/m³. Kode benda uji II menghasilkan berat jenis sebesar

1888,68 Kg m³, Kode benda uji III menghasilkan berat jenis sebesar 1890,57 Kg/ m³, Kode benda uji IV menghasilkan berat jenis sebesar 1567,92 Kg/ m³, Kode benda uji V menghasilkan berat jenis sebesar 1594,34 Kg/ m³, Kode benda uji VI menghasilkan berat jenis sebesar 1597,74 Kg/ m³, Kode benda uji VII menghasilkan berat jenis sebesar 1569,81 Kg/m³, Kode benda uji VIII menghasilkan berat jenis sebesar 1791,89 Kg/m³, dan Kode benda uji IX menghasilkan berat jenis sebesar 2003,21 Kg/m³.

Tabel 6 Berat Jenis Beton Porous Umur 28 Hari

Nomor Kode Benda Uji	Variasi Campuran		Berat Kering (Kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Jenis (Kg/m ³)
	FA	RCA			
I	2	3	4	5	- 4 / 5
I	0	0	9,09	0,0053	1715,33
II	10	0	9,56	0,0053	1803,77
III	22,5	0	10,28	0,0053	1939,62
IV	0	10	8,35	0,0053	1575,47
V	10	10	8,47	0,0053	1598,11
VI	22,5	10	8,51	0,0053	1605,66
VII	0	22,5	8,35	0,0053	1575,47
VIII	10	22,5	9,56	0,0053	1803,77
IX	22,5	22,5	10,11	0,0053	1908,02

Sumber : Pengelolaan hasil timbangan

Dari data tabel penimbangan berat kering benda uji beton pada umur 28 Hari untuk kode benda uji I menghasilkan berat jenis sebesar 1715,33 Kg/m³. Kode benda uji II menghasilkan berat jenis sebesar 1803,77 Kg/m³, Kode benda uji III menghasilkan berat jenis sebesar 1939,62 Kg/m³, Kode benda uji IV menghasilkan berat jenis sebesar 1575,47 Kg/m³, Kode benda uji V menghasilkan berat jenis sebesar 1598,11 Kg/m³, Kode benda uji VI menghasilkan berat jenis sebesar 1605,66 Kg/m³, Kode benda uji VII menghasilkan berat jenis sebesar 1575,47 Kg/m³, Kode benda uji VIII menghasilkan berat jenis sebesar 1803,77

Kg/m³, dan Kode benda uji IX menghasilkan berat jenis sebesar 1908,02 Kg/m³.

Dari tabel 6 dan tabel 5 terdapat perbedaan berat kering karena dimungkinkan pada saat job mix dan penuangan ke dalam silinder cetakan kurang pemadatan walaupun jumlah tusukan sama. Dalam perencanaan berat jenis agregat campuran berjumlah 2653 Kg/m³ namun dalam pelaksanaan berat jenis yang dihasilkan terbesar 2003,21 Kg/m³.

H. Prosentase Porositas

Tabel 7. Prosentase Porositas Beton Porous

Kode Benda Uji	Variasi Campuran		Berat Basah (Kg)	Berat Kering (Kg)	Berat Hilang (Kg)	Porositas (%)
	FA	RCA				
I	2	3	4	5	= 4 - 5	- 6 / 4* 100
I	0	0	10,91	9,59	1,32	12,14
II	10	0	11,18	9,79	1,40	12,51
III	22,5	0	11,44	10,15	1,29	11,26
IV	0	10	10,77	8,33	2,44	22,64
V	10	10	9,99	8,46	1,53	15,28
VI	22,5	10	9,70	8,49	1,22	12,53
VII	0	22,5	9,57	8,34	1,23	12,89
VIII	10	22,5	10,64	9,53	1,11	10,46
IX	22,5	22,5	11,66	10,36	1,30	11,11

Sumber : Pengolahan data Berat basah dengan Berat kering

Dari data di atas prosentase porositas yang didapatkan dari pengolahan data berat basah dikurangi berat kering sehingga hasilnya dibagi berat basah kemudian dikalikan 100 persen dan mengkalikan porositas yang memenuhi persyaratan beton porous yaitu 12 % - 25 % dari volume benda uji tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari analisa data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi campuran mengenai persyaratan berat jenis yang disyaratkan pada beton porous belum ada jadi mengacu pada berat jenis yang ringan sebesar 1800 - 1900 Kg/m³ karena beton porous tersebut tak menggunakan agregat halus memungkinkan beratnya ringan. Realisasi berat jenis terbesar pada penelitian ini 2003,21 Kg/m³.
2. Kondisi rongga pada penelitian ini terbesar pada 22,64 % dari total volume silinder yang terdapat pada benda uji VI bila dilihat kondisi mutunya terendah dengan 3,05 Mpa pada umur 28 Hari.
3. Dalam penelitian ini terjadi kegagalan dengan belum sampainya mutu beton dengan perencanaan.
4. Perlu diketahui bahwa varian FA 22,5% dengan 22,5 % terdapat mutu terbaik sebesar 18,86 Mpa dengan mutu perencanaan 20 Mpa.
5. Estimasi penggunaan Fly Ash dalam varian campuran menjadi penentu penting dalam penelitian ini dimana semakin tinggi fly ash semakin menaikkan mutu.
6. Estimasi penggunaan RCA pada penelitian ini dapat menggantikan agregat kasar sebesar maksimal 10% dari campuran 0%, 10%, dan 22,5%. Karena setelah lebih dari 10 % kondisi mutu turun.
7. Nilai (a) adalah intersep. Konstanta atau dengan nama lain intersep sebesar a maka bila dihitung secara matematis menyatakan bahwa jika nilai variabel bebas X1 dan X2 sama dengan nol maka nilai Y adalah a. Dalam kata lain bahwa nilai berat jenis atau mutu tanpa Fly ash dan RCA adalah a. maka dalam penelitian ini bahan Fly Ash dan RCA berperan namun kurang signifikan.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan adalah :

1. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat menaikkan mutu beton dapatnya menambah varian campuran fly ash dengan jumlah prosentase lain dan menambah jumlah benda uji yang diisyaratkan di SNI dengan jumlah lebih dari 6.
2. Peneliti selanjutnya untuk dapatnya pada pelaksanaan pengujian terjadi rata permukaan menggunakan diameter agregat batu pecah dibawah ukuran 20 mm.
3. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan uji porositas dengan tahapan yang isyaratkan pada aturan yang ada.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapatnya dilakukan penghitungan nilai regresi dan asumsi interpretasi secara matematis.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. 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.
2. ASTM C 618-05. (2005). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM International. Netherlands : ANalytical BV.
3. Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
4. Neville, A.M., Brooks, J.J. (2010). *Concrete Technology*, Second Edition, Pearson Education Limited, Essex, England.
5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Tennis, Paul D., Leming, Michael L. & Akers,

- David J. (2004). *Pervious Concrete Pavements*.
6. SNI 03-2834- 2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal
 7. 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.
 8. Kartika Candra Suseno (2017) Judul “Pengaruh Komposisi *Fly Ash* Terhadap Kuat Beton Porous Dengan Variasi Komposisi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)”
 9. Iwan Wikana dan Wantutrianus, Z (2014) Judul “Pengaruh Pemakaian *Fly Ash* Dan Abu Terbang Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi”
 10. Arus Malem Ginting (2014) Judul perbandingan kuat tekan dan porositas beton porous menggunakan agregat kasar bergradasi seragam dengan gradasi menerus