

Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Berpori

The Effect of Fly Ash on the Compressive Strength and Porosity of Porous Concrete

Bernaditha Catur Marina^{1,*}, Dika Ahmad Pujiyanto¹

¹ Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Lampung Selatan

*Penulis korespondensi : bernaditha@si.itera.ac.id

Tel.:+62-81310854814; fax.:-

Diterima: 22 September 2020; Direvisi: 29 Oktober 2020; Disetujui: 30 Oktober 2020.

DOI: 10.25299/saintis2020.vol20(02).5622

Abstrak

Peningkatan penggunaan beton konvensional mengakibatkan lapisan kedap air semakin luas, yang berimbas kepada turunnya muka air tanah dan terjadi banjir pada musim hujan. Hal ini dapat diatasi salah satunya melalui pengaplikasian cara-cara pembangunan yang ramah lingkungan, seperti penggunaan *fly ash*. Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mengetahui presentase *fly ash* pada campuran beton agar menghasilkan kuat tekan dan porositas optimum. Pada penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai bahan tambahan campuran dengan variasi sebesar 0%, 10%, dan 20% dari berat semen dan variasi faktor air semen (FAS) yang digunakan sebesar 0,3, 0,4, 0,5. Agregat kasar berukuran maksimum 20 mm, dengan jumlah sampel 36 buah silinder, 27 buah silinder untuk pengujian kuat tekan dan 9 buah silinder untuk pengujian porositas dilakukan pada usia 28 hari. Mutu beton rencana pada penelitian ini 10 MPa mengacu pada mutu bata beton. Pengujian kuat tekan beton yang dihasilkan menggunakan alat CTM (Compression Testing Machine) dan pengujian porositas menggunakan alat Falling Head Water Permeability Test yang mengacu pada ACI 522R-10 yang dimodifikasi. Hasil eksperimen menunjukkan nilai optimum kuat tekan dan porositas rata-rata dengan variasi FAS 0,3 : FA 10%, untuk umur beton 28 hari secara berturut-turut adalah 5,4 MPa dan 7,75 m³/s. Kesimpulan penelitian ini adalah komposisi paling optimum untuk penggunaan *fly ash* yaitu sebesar 10% dengan faktor air semen 0,3.

Kata kunci: beton berpori, *fly ash*, kuat tekan, porositas

Abstract

The increase in the use of conventional concrete resulted in a wider airtight layer, which resulted in the lowering of the groundwater level and flooding during the rainy season. One of the ways to overcome this is through the application of environmentally friendly development methods, such as the use of *fly ash*. The purpose of this research was to determine the percentage of *fly ash* in concrete mixture to produce optimum compressive strength and porosity. In this study, *fly ash* was used as an additional mixture with variations of 0%, 10%, and 20% of the weight of cement and variations of the cement water factor (FAS) used were 0.3, 0.4, 0.5. The maximum size of coarse aggregate is 20 mm, with a sample size of 36 cylinders, 27 cylinders for compressive strength testing and 9 cylinders for porosity testing carried out at the age of 28 days. The quality of the concrete plan in this study is 10 MPa which refers to the quality of the concrete brick. Testing the compressive strength of the concrete produced using a CTM (Compression Testing Machine) and porosity testing using the Falling Head Water Permeability Test which refers to the ACI 522R-10. The experimental results showed that the optimum compressive strength and average porosity with FAS variation of 0.3: FA 10%, for 28 days of concrete were 5.4 MPa and 7.75 m³

Keywords: porous concrete, *fly ash*, compressive strength, porosity

PENDAHULUAN

Penggunaan beton konvensional yang terus meningkat mengakibatkan lapisan kedap air semakin luas, sehingga air hujan tidak dapat berinfiltrasi ke dalam tanah dan mengakibatkan limpasan permukaan (*surface runoff*) menjadi lebih besar. Hal ini mengakibatkan muka air tanah menjadi turun dan terjadi genangan atau banjir pada musim hujan. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam bidang konstruksi untuk menyelesaikan masalah ini adalah dengan cara-cara pengaplikasian pembangunan yang ramah lingkungan sehingga dilakukan banyak penelitian

serta uji coba untuk mencari metode yang baik dengan produk konstruksi yang ramah lingkungan. Salah satu hasil dari penelitian yang dilakukan untuk merealisasikan konstruksi ramah lingkungan adalah menggunakan limbah *fly ash* sebagai bahan campuran pengganti semen dalam pembuatan beton berpori. Demikian sebaliknya semen dapat juga digunakan sebagai pengganti *fly ash* [1].

Beton berpori adalah jenis beton khusus dengan porositas tinggi yang diaplikasikan sebagai plat beton yang memungkinkan air hujan dan air dari sumber-sumber lain untuk dapat melewatinya, sehingga mengurangi limpasan permukaan dan

meningkatkan muka air tanah. Porositas tinggi tercapai karena rongga yang saling berhubungan. Biasanya beton berpori menggunakan sedikit atau tanpa agregat halus dan memiliki cukup pasta semen untuk melapisi permukaan agregat kasar dan untuk menjaga interkoneksi pori. Beton berpori secara tradisional digunakan untuk area parkir, di daerah lampu lalu lintas, dan trotoar untuk pejalan kaki [2].

Di provinsi Lampung pemanfaatan limbah industri dan PLTU masih belum banyak di manfaatkan sehingga perlu dimanfaatkan supaya dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan, oleh karena itu digunakan limbah *fly ash* pada penelitian kali ini dikarenakan *fly ash* merupakan satu bahan tambah (*additive*) yang cukup populer saat ini untuk digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton dan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah ekspansif. Pemanfaatan *fly ash* membawa manfaat ekologi dan ekonomi, diantaranya yang terpenting adalah pengurangan bahan limbah dan penghematan energi [3].

Tujuan dari penelitian ini yaitu: untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas beton berpori; untuk mengetahui persentase *fly ash* pada campuran beton yang menghasilkan kuat tekan dan porositas optimum.

Pada penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai bahan tambahan campuran dengan variasi sebesar 0%, 10%, dan 20% dari berat semen dan variasi faktor air semen (FAS) yang digunakan sebesar 0,3, 0,4, 0,5. Agregat kasar berukuran maksimum 20 mm, dengan jumlah sampel 36 buah silinder, 27 buah silinder untuk pengujian kuat tekan dan 9 buah silinder untuk pengujian porositas dilakukan pada usia 28 hari.

METODOLOGI

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode eksperimen. Penelitian ini bermaksud untuk menguji pengaruh *fly ash* terhadap beton berpori. Benda uji yang digunakan untuk penelitian kuat tekan dan porositas beton berpori yaitu berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Adapun tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 1.

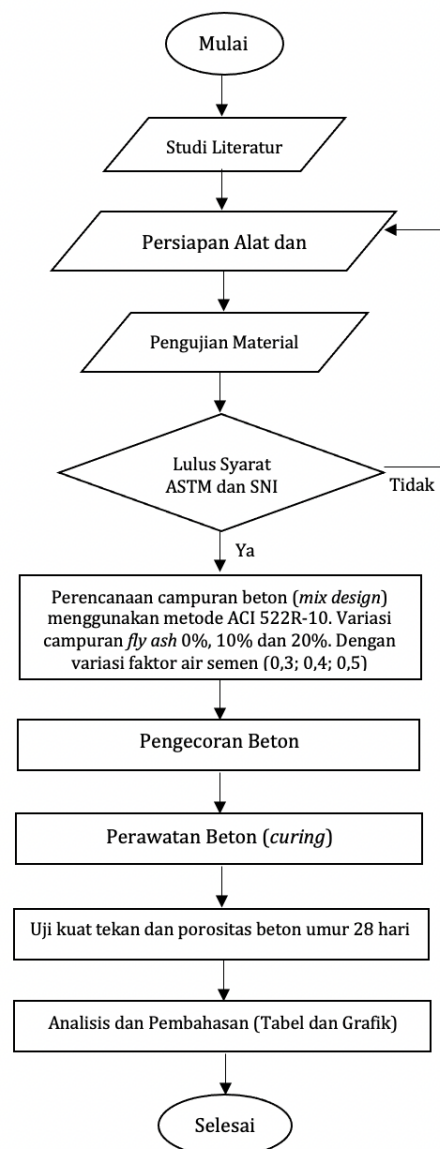
Persiapan Material

Pada tahap persiapan material ini seluruh bahan-bahan campuran beton dan peralatan yang dibutuhkan dipersiapkan seperti:

1. Semen Portland
Semen yang digunakan adalah semen Tipe 1 PCC (*Portland Composit Cement*) dengan label Semen Padang. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam

beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting [4].

2. Agregat Kasar
Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang berasal dari Sumber Batu Berkah, Lampung Selatan [5], [6].
3. Air
Air yang digunakan berasal dari instalasi air bersih Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Institut Teknologi Sumatera (ITERA)
4. *Fly ash* (Abu terbang)
Fly ash (abu terbang) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai berasal dari PLTU Tarahan, Lampung Selatan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Pengujian Material

Pengujian pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap semen, agregat kasar, air, *fly*

ash, dan peralatan. Pengujian material ini bertujuan untuk mengetahui apakah material tersebut memenuhi persyaratan yang telah ditentukan dari segi sifat dan karakteristik sebagai bahan campuran sesuai standar yang telah ditetapkan. Hasil dari pengujian ini akan digunakan sebagai data dalam pembuatan rancangan campuran beton [7].

1. Pengujian semen meliputi percobaan waktu ikat semen, pengujian berat jenis semen sesuai standar [8], pemeriksaan tanggal produksi semen untuk mengetahui lamanya penyimpanan semen sebelum dibeli, tidak ada gumpalan atau semen padat, semen yang masih baik akan mengapung/mengambang sejenak sebelum mengendap saat ditabur diatas permukaan air.
2. Pengujian agregat kasar meliputi pemeriksaan kadar air agregat kasar [9], pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar [10], analisis saringan [11], pemeriksaan berat volume agregat kasar [12].
3. Pengujian agregat kasar meliputi pemeriksaan air dilakukan dengan cara visual / kasat mata yaitu air harus tampak jernih, tidak mengandung lumpur, dan tidak berbau agar tidak mempengaruhi kualitas beton [13].
4. Pengujian fly ash bisa dilihat secara kasat mata. Fly ash yang baik memiliki ciri-ciri berwarna keabu-abuan dan berbutir halus
5. Pemeriksaan peralatan, bertujuan untuk memastikan ketika penelitian dilakukan peralatan yang digunakan dapat bekerja dengan baik dan tidak rusak

Adapun hasil dari pemeriksaan material yang dilakukan disajikan pada Tabel 1. Pada pemeriksaan material dapat disimpulkan bahwa material memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Properti Material

Material	Properti Material	
Semen	Tipe	1
	Waktu ikat	110 menit
Agregat Kasar	Apparent Specific Gravity	2,72 gr/cm ³
	Bulk Specific Gravity Kondisi Kering	2,54 gr/cm ³
	Bulk Specific Gravity Kondisi SSD	2,61 gr/cm ³
	Persentase Penyerapan (Absorbtion)	2,72 %
	Modulus Halus	7,64
Fly Ash	Pengayakan	Saringan 50

Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan komposisi campuran beton (*mix design*) mengacu pada [14]. Mutu beton yang di rencanakan pada penelitian ini mengacu pada standar mutu bata beton yaitu 10 MPa. Ukuran agregat kasar maksimum adalah 20 mm.

Penggunaan fly ash yaitu dengan variasi 0%, 10%, dan 20% dari berat semen dan faktor air semen (FAS) dengan variasi 0,3, 0,4 ,dan 0,5. Didapat komposisi campuran beton untuk 4 buah silinder seperti tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Kebutuhan Komposisi Campuran 4 buah Silinder

Material (kg)	FAS (Faktor Air Semen)								
	0,3			0,4			0,5		
Air	1,54	1,54	1,54	1,55	1,55	1,55	1,56	1,56	1,56
Semen	4	3,6	3,2	3,33	2,7	2,4	2,4	2,2	1,92
Fly ash	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%
	0	0,4	0,8	0	0,3	0,6	0	0,22	0,48
Agregat	27	27	26,97	27,6	27,5	27,5	27,9	27,9	27,6

Pembuatan Beton

Langkah-langkah pembuatan beton yang pertama adalah mempersiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan. Menimbang terlebih dahulu bahan-bahan untuk pembuatan, sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dari hasil perhitungan mix design. Agregat kasar disaring terlebih dahulu dengan menggunakan saringan diameter 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,75 mm.



Gambar 2. Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang telah ditimbang sebelumnya sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan selanjutnya yaitu melakukan pencampuran bahan secara bertaha-tahap dimulai dengan memasukan agregat kasar, kemudian semen dan fly ash lalu putar molen sambil memasukan air dikit demi sedikit hingga tercampur merata. Pengadukan campuran beton dilakukan satu kali untuk setiap variasi campuran.



Gambar 3. Pencampuran Beton

Selanjutnya adalah pengujian *slump test*. Pengujian *slump test* bertujuan untuk mengetahui konsistensi (kekentalan adukan beton) pada adukan

beton yang masih segar. Langkah kerja pada pengujian nilai *slump* adalah menggunakan kerucut abrasi yang diletakan pada pelat baja. Adukan beton segar dimasukan kedalam kerucut saMPai mengisi 1/3 dari tinggi kerucut lalu dilakukan pemadatan dengan tongkat besi sebanyak 25 kali [15]. Kemudian ditambahkan lagi adukan beton segar saMPai terisi 2/3 dari tinggi kerucut, dipadatkan lagi menggunakan tongkat besi sebanyak 25 kali, selanjutnya dimasukan lagi adukan beton segar saMPai kerucut terisi penuh, dipadatkan lagi menggunakan tongkat besi sebanyak 25 kali. Masukan beton segar dan ratakan permukaan atas pada kerucut. Selanjutnya kerucut diangkat ke atas secara perlahan, setelah terjadinya runtuh pada beton segar maka tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara kerucut abrasi dengan adukan beton segar yang telah runtuh.



Gambar 4. Pengujian Slump Test

Setelah pengujian *slump test*, tahapan selanjutnya adalah pencetakan beton. Proses pencetakan beton dengan cara memasukan adukan beton segar kedalam cetakan silinder yang telah dipersiapkan. Dalam proses memasukan campuran ke dalam cetakan dibagi tiga lapisan pertama 1/3 dari tinggi cetakan, kedua 2/3 dari tinggi cetakan, dan terakhir cetakan diisi penuh dengan melakukan pematatan pada setiap lapisan berupa ditumbuk sebanyak 25 kali menggunakan tongkat besi.



Gambar 5. Pencetakan Beton

Setelah dicetak, adukan beton kemudian dipadatkan. Proses pemadatan adukan beton dilakukan dengan dua cara, yaitu: pemadatan dengan menggunakan alat tongkat besi yang ditumbuk kedalam adukan beton dan pemadatan eksternal dengan cara menggetarkan cetakan beton silinder secara manual yaitu memukul sisi luar cetakan silinder dengan palu karat.

Setelah adukan beton dimasukan kedalam cetakan silinder maka beton dibiarkan selama 24

jam dan beton dapat dilepaskan dari cetakan. Maka selanjutnya beton diberi keterangan sampel.



Gambar 6. Pemadatan Adukan Beton

Curing Beton

Tujuan pelaksanaan *curing*/perawatan beton adalah memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak pada beton.

Pelaksanaan *curing*/perawatan beton dilakukan segera setelah beton mengalami atau memasuki *face hardening* (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah pelepasan cetakan, selama durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton [16].



Gambar 7. Curing / Perawatan Beton

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada beton dalam penelitian ini dengan pengujian kuat tekan beton dan porositas beton yang dilakukan pada benda uji silinder setelah berumur 28 hari.

Pengujian dapat dilakukan setelah kondisi beton benar benar kering pada umur beton yang direncanakan. Sebelum pengujian kuat tekan dimulai, dilakukan penimbangan terhadap benda uji beton, setelah itu dilanjutkan dengan pelaksanaan *capping* menggunakan bahan belerang pada permukaan beton yang tidak rata. *Capping* bertujuan untuk meratakan permukaan beton, agar

saat dilakukan uji kuat tekan diperoleh hasil yang maksimum.

Pengujian kuat tekan beton terhadap benda uji menggunakan mesin uji kuat tekan *Compression Testing Machine* (CTM) sesuai dengan peraturan [17]. Letakan benda uji pada mesin uji kuat tekan secara sentries, kemudian operasikan mesin uji dengan kecepatan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 saMPai 4 kg/cm² per detik. Lakukan pembacaan pembebanan saat kondisi beton hancur (dalam satuan ton atau kN). Hasil kuat tekan benda uji dicatat saat jarum penunjuk kuat tekan mencapai nilai tertinggi. Berikut rumus untuk mencari nilai kuat tekan beton:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

f_c' = kuat tekan silinder beton (MPa atau kg/cm²)
 P = beban maksimum saMPai beton hancur (kg, N)
 A = luas penampang silinder (cm², mm²)

Pengujian porositas beton dapat dilakukan setelah kondisi beton benar benar kering pada umur beton yang direncanakan. Sebelum pengujian porositas dimulai, dilakukan penimbangan terhadap benda uji beton, kemudian metode yang digunakan mengacu pada peraturan [14] yang telah di modifikasi seperti gambar dibawah ini :



Gambar 8. Alat Uji Porositas yang telah Dimodifikasi

Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan cara menghitung kuat tekan dan porositas beton berpori menggunakan persamaan (1) dan disajikan dalam bentuk hasil percobaan dengan tabel dan grafik, kemudian mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variabel yang digunakan terhadap kuat tekan dan porositas beton berpori dengan komposisi fly ash yang bervariasi dalam bentuk grafik.

Hasil pengujian dari 36 buah sampel berbentuk silinder yang masing-masing 27 sampel di uji kuat tekan dan 9 sampel di uji porositas dengan 9 variasi yaitu faktor air semen (0,3 ; 0,4 0,5) dan fly ash (0%, 10%, 20%). Pengujian kuat tekan pada saat benda uji berumur 28 hari denggan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM).



Gambar 9. Pengujian dengan CTM

1. Variasi 1 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,3 FA: 0%)
 Pada variasi faktor air semen 0,3 dan *fly ash* 0% didapatkan berat rata-rata sebesar 9,515 kg dengan hasil kuat tekan beton 7,001 MPa. Terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 1

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
9,367	126	7,134
9,536	125	7,077
9,643	120	6,794
Kuat Tekan Rata-rata		7,002

2. Variasi 2 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,3 FA: 10%)
 Pada variasi faktor air semen 0,3 dan *fly ash* 10% didapatkan berat rata-rata sebesar 9,319 kg dengan hasil kuat tekan beton 5,472 MPa. Terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 2

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
9,145	100	5,662
9,284	95	5,379
8,988	95	5,379
Kuat Tekan Rata-rata		5,473

3. Variasi 3 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,3 FA: 20%)
 Pada variasi faktor air semen 0,3 dan *fly ash* 20% didapatkan berat rata-rata sebesar 8,929 kg dengan hasil kuat tekan beton 3,869 MPa. Terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 3

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
8,736	70	3,963
8,992	70	3,963
9,061	65	3,680
Kuat Tekan Rata-rata		3,869

4. Variasi 4 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,4 FA: 0%)
Pada variasi faktor air semen 0,4 dan *fly ash* 0% didapatkan berat rata-rata sebesar 9,056 kg dengan hasil kuat tekan beton 5,662 MPa. Terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 4

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
9,255	110	6,228
8,974	95	5,379
8,941	95	5,379
Kuat Tekan Rata-rata		5,662

5. Variasi 5 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,4 FA: 10%)
Pada variasi faktor air semen 0,4 dan *fly ash* 10% didapatkan berat rata-rata sebesar 8,826 kg dengan hasil kuat tekan beton 4,152 MPa. Terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 5

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
8,711	70	3,963
8,838	76	4,303
8,931	74	4,190
Kuat Tekan Rata-rata		4,152

6. Variasi 6 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,4 FA: 20%)
Pada variasi faktor air semen 0,4 dan *fly ash* 20% didapatkan berat rata-rata sebesar 8,535 kg dengan hasil kuat tekan beton 3,774 MPa. Terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 6

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
8,706	65	3,680
8,699	70	3,963
8,201	65	3,680
Kuat Tekan Rata-rata		3,774

7. Variasi 7 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,5 FA: 0%)
Pada variasi faktor air semen 0,5 dan *fly ash* 0% didapatkan berat rata-rata sebesar 8,815 kg dengan hasil kuat tekan beton 5,662 MPa. Terdapat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 7

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
8,837	90	5,096
8,684	110	6,228
8,926	100	5,662
Kuat Tekan Rata-rata		5,662

8. Variasi 8 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,5 FA: 10%)
Pada variasi faktor air semen 0,5 dan *fly ash* 10% didapatkan berat rata-rata sebesar 8,734 kg dengan hasil kuat tekan beton 4,058 MPa. Terdapat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 8

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
8,760	65	3,680
8,727	75	4,246
8,717	75	4,246
Kuat Tekan Rata-rata		4,058

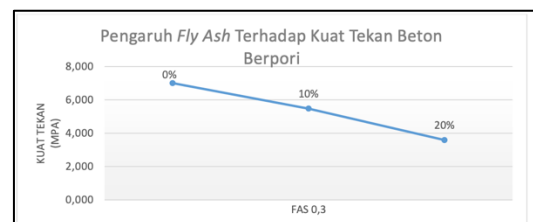
9. Variasi 9 faktor air semen dan *fly ash* (FAS: 0,5 FA: 20%)
Pada variasi faktor air semen 0,5 dan *fly ash* 20% didapatkan berat rata-rata sebesar 8,661 kg dengan hasil kuat tekan beton 3,586 MPa. Terdapat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Hasil Pengujian dengan Variasi 9

Berat Beton Silinder (kg)	Hasil Uji Kuat Tekan (MPa)	
	Kn	MPa
8,672	65	3,680
8,611	65	3,680
8,701	60	3,397
Kuat Tekan Rata-rata		3,586

Pengaruh Fly Ash pada Kuat Tekan Beton Berpori

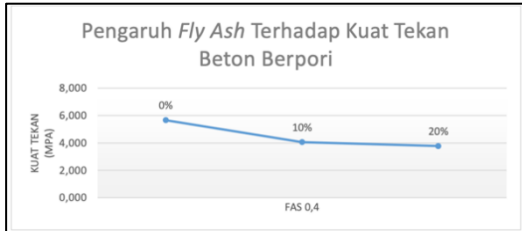
1. Pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan beton berpori ditinjau dari FAS 0,3



Gambar 10. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berpori FAS 0,3

Didapat hasil secara berurutan 7 MPa, 5,4 MPa, 3,8 MPa. Untuk nilai kuat tekan optimum didapat pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan menurun pada penambahan *fly ash* sebesar 20%, semakin banyak penambahan *fly ash* pada beton, hasil kuat tekan umumnya lebih kecil.

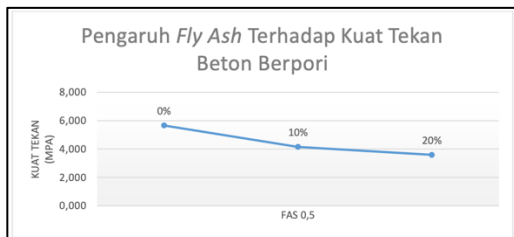
2. Pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan beton berpori ditinjau dari FAS 0,4



Gambar 11. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berpori FAS 0,4

Didapat hasil secara berurutan 5,6 MPa, 4,1 MPa, 3,7 MPa. Untuk nilai kuat tekan optimum didapat pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan menurun pada penambahan *fly ash* sebesar 20%, semakin banyak penambahan *fly ash* pada beton, hasil kuat tekan umumnya lebih kecil.

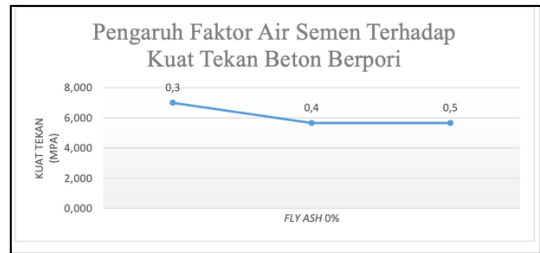
3. Pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan beton berpori ditinjau dari FAS 0,5
 Didapat hasil secara berurutan 5,6 MPa, 4 MPa, 3,5 MPa. Untuk nilai kuat tekan optimum didapat pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan menurun pada penambahan *fly ash* sebesar 20%, semakin banyak penambahan *fly ash* pada beton, beton akan menjadi semakin ringan. Seperti dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 12. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berpori FAS 0,5

Pengaruh Faktor Air Semen pada Kuat Tekan Beton Berpori

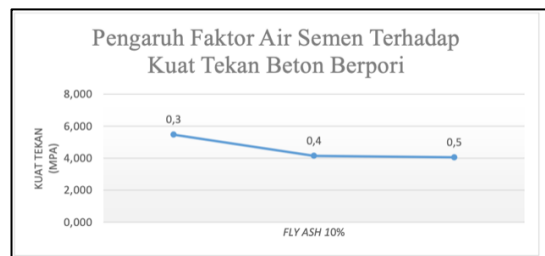
1. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton berpori ditinjau dari penambahan *fly ash* 0%



Gambar 13. Hasil Kuat Tekan Beton Berpori Fly Ash 0%

Hasilnya didapat nilai kuat tekan sebesar 7 MPa, 5,6 MPa, 5,6 MPa. Nilai kuat tekan optimum terdapat pada FAS 0,3

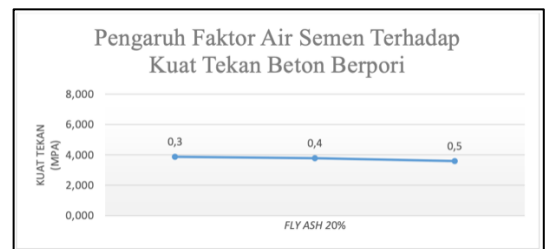
2. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton berpori ditinjau dari penambahan *fly ash* 10%



Gambar 14. Hasil Kuat Tekan Beton Berpori Fly Ash 10%

Hasilnya didapat nilai kuat tekan sebesar 5,4 MPa, 4,1 MPa, 4 MPa. Nilai kuat tekan optimum terdapat pada FAS 0,3, hal ini menunjukkan bahwa faktor air semen memiliki pengaruh pada kuat tekan beton yang didapat. Hal ini juga dipengaruhi oleh nilai *slump test* karena semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mengurangi kuat tekan beton tersebut.

3. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton berpori ditinjau dari penambahan *fly ash* 20%

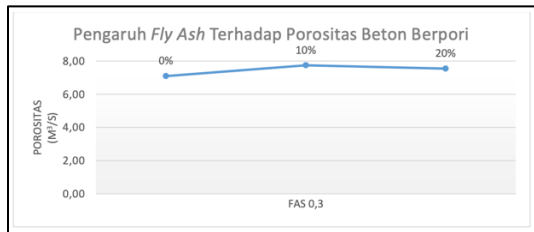


Gambar 15. Hasil Kuat Tekan Beton Berpori Fly Ash 20%

Hasilnya didapat nilai kuat tekan sebesar 3,8 MPa, 3,7 MPa, 3,5 MPa. Nilai kuat tekan optimum terdapat pada FAS 0,3.

Pengaruh Fly Ash pada Porositas Beton Berpori

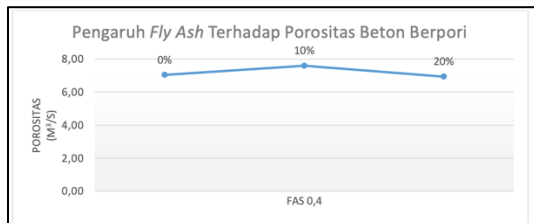
1. Pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori ditinjau dari FAS 0,3



Gambar 16. Pengaruh *Fly Ash* terhadap Porositas Beton FAS 0,3

Hasil pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori didapat 7,10 m³/s, 7,75 m³/s, 7,55 m³/s. Untuk nilai porositas optimum pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan menurun pada penambahan *fly ash* sebesar 20%.

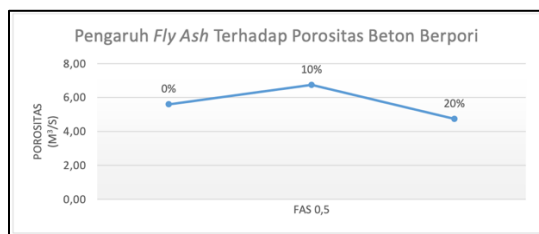
2. Pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori ditinjau dari FAS 0,4



Gambar 17. Pengaruh *Fly Ash* terhadap Porositas Beton FAS 0,4

Hasil pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori didapat 7,05 m³/s, 7,60 m³/s, 6,94 m³/s. Untuk nilai porositas optimum pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan menurun pada penambahan *fly ash* sebesar 20%. Hal ini terjadi karena semakin baiknya ikatan antara unsur penyusun beton, semakin banyak penggunaan *fly ash* maka semakin mengurangi pori yang ada pada beton sehingga menurunkan nilai porositas pada beton

3. Pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori ditinjau dari FAS 0,5

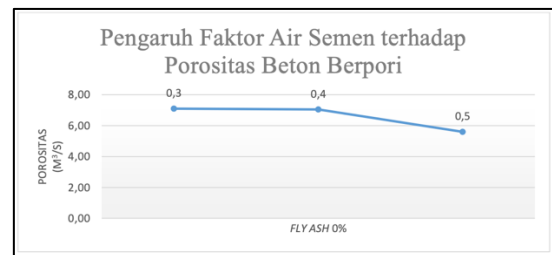


Gambar 18. Pengaruh *Fly Ash* terhadap Porositas Beton FAS 0,5

Hasil pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori didapat 6,41 m³/s, 6,70 m³/s, 4,74 m³/s. Untuk nilai porositas optimum pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan menurun pada penambahan *fly ash* sebesar 20%.

Pengaruh Faktor Air Semen pada Porositas Beton Berpori

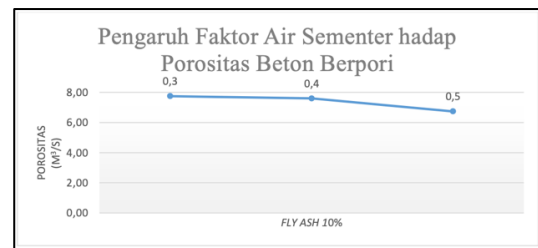
1. Pengaruh faktor air semen terhadap porositas beton berpori ditinjau dari penambahan *fly ash* 0%



Gambar 19. Pengaruh FAS terhadap Porositas (*fly ash* 0%)

Hasil pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori didapat 7,10 m³/s, 7,05 m³/s, 5,60 m³/s. Nilai kuat tekan optimum terdapat pada FAS 0,3, yang membuktikan semakin besar nilai FAS maka semakin menurun nilai porositas yang didapat.

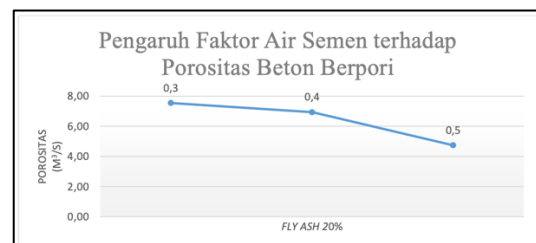
2. Pengaruh faktor air semen terhadap porositas beton berpori ditinjau dari penambahan *fly ash* 10%



Gambar 20. Pengaruh FAS terhadap Porositas (*fly ash* 10%)

Hasil pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori didapat 7,75 m³/s, 7,60 m³/s, 6,74 m³/s. Nilai kuat tekan optimum terdapat pada FAS 0,3.

3. Pengaruh faktor air semen terhadap porositas beton berpori ditinjau dari penambahan *fly ash* 20%



Gambar 21. Pengaruh FAS terhadap Porositas (*fly ash* 20%)

Hasil pengaruh *fly ash* terhadap porositas beton berpori didapat 7,55 m³/s, 6,94 m³/s, 4,74 m³/s. Nilai kuat tekan optimum terdapat pada FAS 0,3, yang membuktikan semakin

besar nilai FAS maka semakin menurun nilai porositas yang didapat.

KESIMPULAN

Pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas beton berpori yang ditinjau dari variasi faktor air semen 0,3, 0,4, dan 0,5 yaitu semakin banyak penggunaan *fly ash* pada beton berpori, maka beton berpori tersebut menjadi lebih ringan dan dapat mengurangi rongga udara pada beton tersebut oleh karena itu kuat tekan dan porositas yang dihasilkan umumnya lebih kecil. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan dan porositas beton berpori yang ditinjau dari variasi *fly ash* 0%, 10%, dan 20% yaitu semakin besar nilai FAS maka semakin menurun nilai kuat tekan dan porositas beton berpori. Hal ini di pengaruhi oleh nilai *slump test* karena semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mengurangi kuat tekan dan porositas beton tersebut. Kuat tekan beton berpori yang optimum ditinjau dari variasi faktor air semen didapat pada penggantian *fly ash* sebesar 10% dengan FAS 0,3 nilai kuat tekan sebesar 5,47 MPa. Porositas beton berpori yang optimum ditinjau dari faktor air semen didapat pada variasi penggantian *fly ash* sebesar 10% dengan FAS 0,3 nilai porositas sebesar 7,75 m³/s.

REFERENSI

- [1] N. U. Kockal and T. Ozturan, "Effects of lightweight fly ash aggregate properties on the behavior of lightweight concretes," *J. Hazard. Mater.*, vol. 179, no. 1-3, pp. 954-965, 2010, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.03.098.
- [2] NRMCA, "Concrete in Practice CIP-38 Pervious Concrete," 2004.
- [3] M. Franus, J. Panek Rafałand Madej, and W. Franus, "The properties of fly ash derived lightweight aggregates obtained using microwave radiation," *Constr. Build. Mater.*, vol. 227, pp. 1-10, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116677.
- [4] ASTM C150 / C150M - 20, "Standard Specification for Portland Cement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, www.astm.org.
- [5] ASTM C125-20, "Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, www.astm.org.
- [6] ASTM C33 / C33M - 18, "Standard Specification for Concrete Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org.
- [7] J. O. Slmanjuntak, T. E. Saragi, F. H. Simbolon, K. Sirlngo-ringo, J. P. Sltanggang, and P. L. L. Sianturi, "Hubungan Perawatan Beton dengan Kuat Tekanan (Pengujian Laboratorium)," *J. Poliprosesi*, vol. X, no. 1, July, 2015.
- [8] ASTM C188-17, "Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.
- [9] ASTM C566-19, "Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, www.astm.org.
- [10] ASTM C127-15, "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org.
- [11] ASTM C136 / C136M - 19, "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, www.astm.org.
- [12] ASTM C29/C29M - 17a, "Standard Test Method for Bulk Density ('Unit Weight') and Voids in Aggregate, Manual of Aggregate and Concrete Testing," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, www.astm.org.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2847: 2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Jakarta: BSN, 2013.
- [14] American Concrete Institute, *ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete*, USA : ACI, 2010.
- [15] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1972:2008 Cara Uji Slump Beton*, Jakarta: BSN, 2008.
- [16] American Concrete Institute, *ACI 308R-01 Guide to Curing Concrete*, USA : ACI, 2001.
- [17] ASTM C39/C39M - 20, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, www.astm.org.