

PENGUJIAN KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON *POROUS* DENGAN VARIASI BAHAN PENGISI *FLY ASH* (ABU TERBANG)

Made Bagus Januar¹, Eka Purnamasari², Akhmad Gazali³

¹Teknik Sipil, 22021, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al
Banjari Banjarmasin, NPM 19640026

²Teknik Sipil, 22021, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al
Banjari Banjarmasin, NIDN 1102018801

³Teknik Sipil, 22021, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al
Banjari Banjarmasin, NIDN 1108088803

*e-mail: januarb41@gmail.com

ABSTRAK

Beton porous dikenal sebagai *porous concrete* merupakan salah satu inovasi dalam konstruksi perkerasan jalan yang ramah lingkungan, karena memiliki rongga udara pada permukaannya yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke dalam tanah. Beton porous menghasilkan ruang kosong sebagai rongga udara sebesar 15%-25% dari total keseluruhan volumenya serta memiliki nilai slump yang mendekati nol. Selain itu dalam penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai pengurangan semen dalam beton porous. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik bahan, komposisi campuran beton porous bervariasi, kuat tekan beton porous dan porositas beton porous. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Politeknik Negeri Banjarmasin dengan menggunakan metode SNI. Dari hasil penelitian karakteristik bahan semen dan *fly ash* memenuhi spesifikasi SNI dan hasil pengujian agregat kasar memenuhi spesifikasi. Komposisi beton porous dengan *fly ash* 0% semen 404,3 kg, air 190 kg/lt, agregat kasar 1-2 1840,7 kg. Komposisi beton porous dengan *fly ash* 15% semen 343,6 kg, air 190 kg/lt, *fly ash* 60,6 kg, agregat kasar 1-2 1840,7 kg. Komposisi beton porous dengan *fly ash* 30% semen 283,0 kg, air 190 kg/lt, *fly ash* 121,3 kg, agregat kasar 1-2 1840,7 kg. Hasil kuat tekan beton porous *fly ash* 0% didapat 20,374 MPa dan porositas 2,34%, beton porous *fly ash* 15% didapat 21,436 MPa dan porositas 2,07%, dan beton porous *fly ash* 30% didapat 6,049 MPa dan porositas 6,80%.

Kata Kunci : Beton Porous, Kuat Tekan, Porositas.

ABSTRACT

Porous concrete known as porous concrete is one of the innovations in road pavement construction that is environmentally friendly, because it has air voids on the surface of its structure which functions to drain surface water into the ground. Porous concrete produces empty space as air voids of 15%-25% of the total volume and has a slump value that is close to zero. In addition, in this study using fly ash as a cement reduction in porous concrete. The purpose of this study was to determine the characteristics of the material, the composition of the mixed porous concrete varies, the compressive strength of the porous concrete and the porosity of the porous concrete. The test was carried out at the Structure and Materials Laboratory of the Banjarmasin State Polytechnic using the SNI method. From the results of the research the characteristics of cement and fly ash meet the SNI specifications and the results of the coarse aggregate test meet the specifications. The composition of porous concrete with fly ash 0% cement 404.3 kg, water 190 kg/lt, coarse aggregate 1-2 1840.7 kg. The composition of porous concrete with fly ash 15% cement 343.6 kg, water 190 kg/lt, fly ash 60.6 kg, coarse aggregate 1-2 1840.7 kg. Composition of porous concrete with fly ash 30% cement 283.0 kg, water 190 kg/lt, fly ash 121.3 kg, coarse aggregate 1-2 1840.7 kg. The results of the compressive strength of 0% porous fly ash concrete obtained 20.374 MPa and 2.34% porosity, 15% porous fly ash concrete obtained 21.436 MPa and 2.07% porosity, and 30% porous fly ash concrete obtained 6.049 MPa and 6.80 porosity. %.

Keywords : Porous Concrete, Compressive Strength, Porosity

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 berpori/*porous*.

Beton berpori/*porous* yang lebih dikenal sebagai *pervious/porous concrete* merupakan salah satu inovasi dalam konstruksi perkerasan jalan yang ramah lingkungan, karena memiliki rongga-rongga udara pada permukaan strukturnya yang berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke dalam tanah. Beton berpori adalah yang terbentuk dari campuran semen portland, agregat kasar, sedikit atau tidak sama sekali agregat halus, bahan tambah dan air.

Bahan tambah *fly ash* atau abu terbang merupakan material yang berwarna keabu-abuan, memiliki ukuran butir yang halus, dan diperoleh dari hasil residu pembakaran batubara. *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 mengkomposisikan atau mengganti sebagian semen portland dengan *Fly ash* (Abu Terbang). Oleh karena itu dengan permasalahan - permasalahan diatas, dilakukan penelitian dengan judul Pengujian kuat tekan dan porositas beton *porous* dengan menggunakan variasi bahan pengisi *fly ash* (abu terbang).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal diatas dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil kuat tekan beton *porous* dengan menggunakan variasi bahan pengisi *fly ash* dengan proposi 0%, 15% dan 30% ?
2. Bagaimana hasil porositas beton *porous* dengan menggunakan variasi bahan pengisi *fly ash* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan hal-hal diatas didapat tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil dari kuat tekan beton *porous* dengan menggunakan variasi bahan pengisi *fly ash* dengan proposi 0%, 15% dan 30%.
2. Mengetahui hasil porositas beton *porous* dengan menggunakan variasi bahan pengisi *fly ash*.

TINJAUAN PENELITIAN

2.1 Beton Porous

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. Fungsi utama beton *porous* adalah sebagai perkerasan beton penutup permukaan tanah dengan tujuan agar dapat air dapat dengan mudah mengalir ke bawahnya, dan dengan demikian kelebihan air permukaan akan dapat kembali terserap ke dalam tanah.

2.2 Bahan Material Beton Porous

2.2.1 Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Menurut SNI 15-2049-2004.

2.2.2 Jenis Semen Portland

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda Semen portland di Indonesia (SNI 15-2049-2004.) terbagi menjadi 5 jenis, yaitu Jenis I, II, III, IV dan V

2.2.1 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting, namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir

agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja.

2.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirnya yang tertahan pada saringan nomor 4,8 mm (5 cm). kadar lumpur tidak boleh lebih dari 1 %. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahan beton terhadap cuaca, disintegrasi beton dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bebas dari bahan organik dan mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Agregat kasar yang sering digunakan dalam komponen beton adalah batu pecah yang dihasilkan dari batuan asli atau batu gunung yang dipecahkan.

2.2.5 Fly Ash

Abu bahan anorganik sisa pembakaran batubara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yaitu Abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut abu terbang, Abu terbang ditangkap dengan electric Precipitator sebelum dibuang ke udara melalui cerobong. Pozolan dapat dipakai sebagai bahan tambahan atau sebagai pengganti sebagian semen portland.

2.3 Perencanaan Campuran Beton Porous

Tata cara ini meliputi persyaratan umum dan persyaratan teknis perencanaan proporsi campuran beton untuk digunakan sebagai salah satu acuan bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton menggunakan bahan tambah untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana. (SNI 03-2834-2000).

2.4 Kuat Tekan Beton

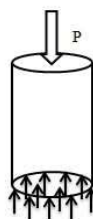
Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas (SNI 1974-2011). Kuat tekan beton dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana

P = Beban Maksimum (MPa)

A = Luas Penampang Benda Uji (cm²)



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan (Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2021)

2.5 Porositas

Pengujian porositas dilakukan pada sampel berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm. Tujuan dari

pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya presentase pori-pori beton terhadap volume beton padat. Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C 642 – 97

$$P = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

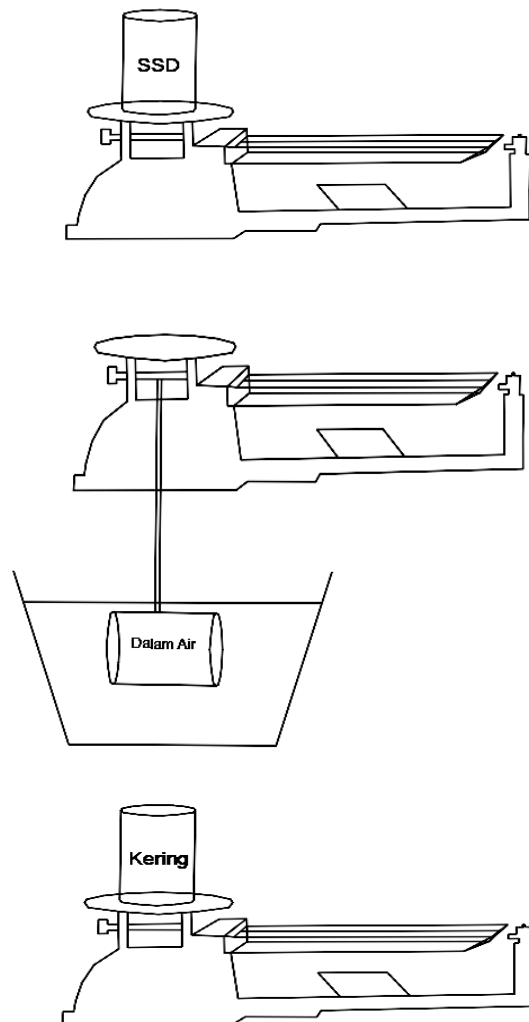
Dimana

P = Porositas (%)

A= Massa benda uji direndam (gr)

B= Massa SSD benda uji (gr)

C= Massa kering oven benda uji (gr)

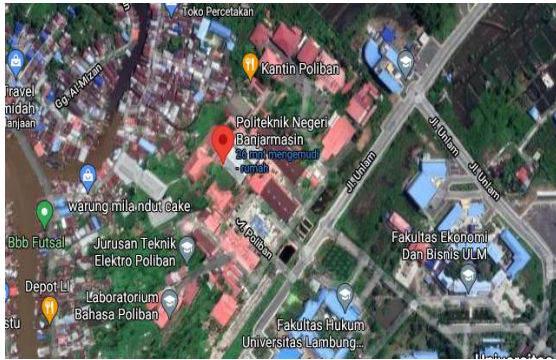


Gambar 2. Pengujian Porositas (Sumber Dokumentasi Sendiri, 2021)

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Skripsi ini dikerjakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Politeknik Negeri Banjarmasin



Gambar 3. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Maps, 2021)

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Persiapan dan Penyediaan Bahan

1. Semen Tiga Roda
2. *Fly ash* PLTU PAMA-1 Persada site Kalimantan Tengah
3. Agregat Kasar Ladung Kotabaru
4. Air PDAM

3.2.2 Pemeriksaan Bahan

Hal ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari semen, *fly ash* dan agregat kasar yang akan digunakan.

1. Pengujian Semen dan *Fly Ash*, sebagai berikut :
 - a. Kehalusan (SNI 15-2530-1991)
 - b. Berat Jenis (SNI 15-2531-1991)
 - c. Konsistensi (SNI 03-6826-2002)
 - d. Waktu pengikatan (SNI 03-6827-2002)

2. Pengujian Agregat Kasar, sebagai berikut :

- a. Berat Jenis (SNI 1969-2008).
- b. Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990).
- c. Berat Isi (SNI 03-1973-1990).
- d. Abrasi/ Los Angeles (SNI-2417-2008).
- e. Kadar Lumpur (SNI 03-4142-1996).
- f. Kadar Air (SNI 1971-2011).

3.2.3 Rencana Campuran Beton

Dalam penelitian ini merencanakan campuran beton menggunakan 3 variasi Bahan Pengisi 0%, 15% dan 30% dengan mutu $f'c$ 20 MPa dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000.

3.2.4 Pembuatan dan Perawatan Beton

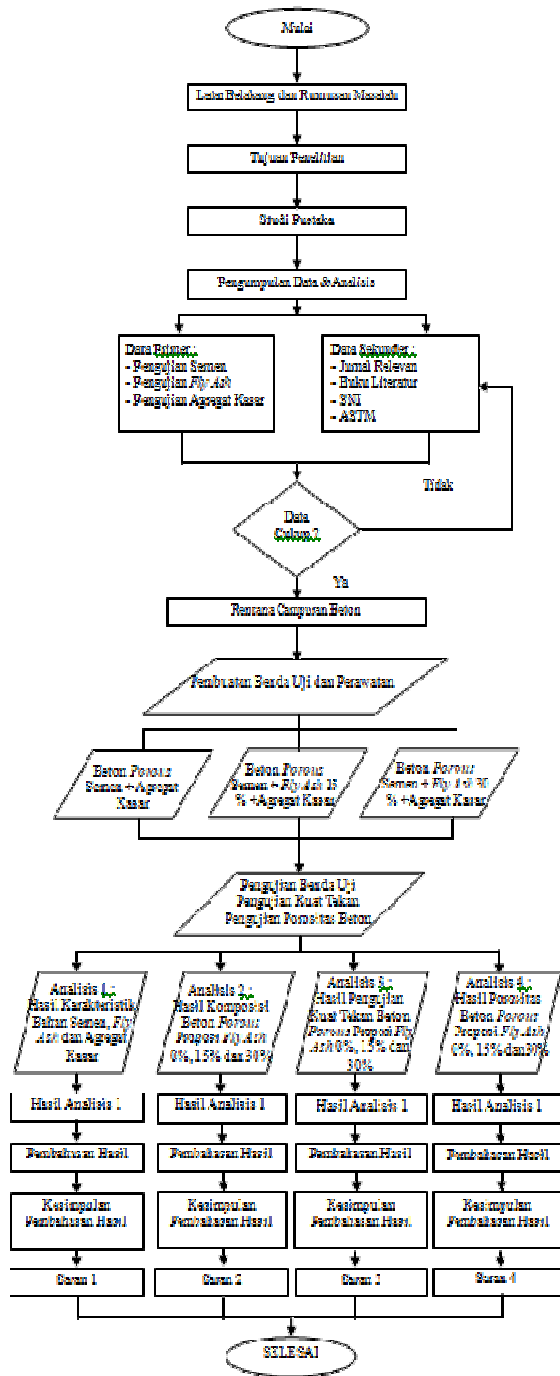
Tahap pembuatan benda uji ini menggunakan tuangan silinder 15 x 30 cm dalam setiap mutu digunakan silinder sebanyak 9 buah dengan menggunakan acuan SNI 2493:2011.

3.2.5 Pengujian Beton

Tahap pengujian, dimana pengujian dilakukan pada kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28. dan pengujian porositas dilakukan setiap beton variasi bahan pengisi *fly ash*

1. Uji Kuat Tekan Beton SNI 1974-2011
2. Uji Porositas Beton ASTM C 642 - 97

3.3 Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

4.1.1 Hasil Pengujian Semen

Tabel 1. Hasil Pengujian Semen

No	Macam Pemeriksaan	Semen Tiga Roda (PCC)		Spesifikasi SNI 15-2049-2004
		Standar/Rujukan	Hasil	
1	Kehalusan Semen	Saringan No. 100	0 %	-
		Saringan No. 200	10,2 %	-
2	Berat Jenis Semen	SNI 03-2531-1991	3,130	-
3	Konsistensi Semen	SNI 15-2049-2004	11 mm	10 (±1) mm
			Waktu Pengikatan	
4	Semen dengan Alat Vicat	SNI 03-6827-2002	Pengikatan Awal	95 Menit Min 45 menit
			Pengikatan Akhir	150 Menit Max 375 Menit

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2021)

Dari Tabel 1 didapatkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semen jenis Tiga Roda masuk dalam spesifikasi SNI 15-2049-2004 dan dapat digunakan untuk campuran beton porous.

4.1.2 Hasil Pengujian Fly Ash

Tabel 2. Hasil Pengujian Fly Ash

No	Macam Pemeriksaan	Fly Ash		Spesifikasi SNI 15-2049-2004
		Standar/Rujukan	Hasil	
1	Kehalusan	Saringan No. 100	0 %	-
		Saringan No. 200	29,4 %	-
2	Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	3,033	-
3	Konsistensi	SNI 15-2049-2004	10 mm	10 (±1) mm
			Waktu Pengikatan dengan Alat Vicat	
4	Semen dengan Alat Vicat	SNI 03-6827-2002	Pengikatan Awal	108 Menit Min 45 menit
			Pengikatan Akhir	165 Menit Max 375 Menit

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2021)

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa fly ash masuk dalam spesifikasi SNI 15-2049-2004 dan dapat digunakan untuk campuran beton.

4.1.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Macam Pemeriksaan	Agregat Kasar 1-2		Spesifikasi SII 0052-80
		Standar / Rujukan	Hasil	
1	Berat Jenis	SNI 1970 : 2008		Min 2,5
	Berat Jenis Bulk		2,688	
	Berat Jenis SSD		2,700	
	Berat Jenis Senua		2,736	
	Penyempakan %		1,194	Max 3 %
	2	Siunatan Grading Agregat	SNI 03-1973-1990	
	1.2 ^{mm} (0,5 mm)		1,00	
	3/4 ^{mm} (19,1 mm)		89,85	
	3/8 ^{mm} (9,5 mm)		15,00	
	No.4 (4,75 mm)		0,22	
	No.8 (2,36 mm)		0,24	
	No.16 (1,18 mm)		0,22	
	No.30 (0,6 mm)		0,20	
	No.50 (0,25 mm)		0,14	
	No.100 (0,15 mm)		0,02	
	Modulus Kehalusan	%	6,94	6,0 - 7,1
3	Berat Isi	Kg/m ³ SNI 03-4804-1996		
	Berat isi agregat lepas		1,422	
	Berat isi agregat padat dengan tumpukan		1,601	
	Berat isi agregat padat dengan geyangan		1,543	
	4	Kekerasan Keausan : Bejana Rudeolf	% BS 812 : Part 5:73	14,63
	Los Angeles	% SNI 2417-2008	16,912	< 27
5	Kadar Lumpur	% SNI 03-4142-1996	0,513	1 %
6	Pemeriksaan Kadar Air	% SNI 03-1971-1990	0,705	-

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa agregat kasar 1-2 Batu Pecah (Ladung) memenuhi syarat dalam spesifikasi SII 0052-80 dan dapat digunakan dalam campuran beton porous.

4.2 Hasil Campuran Adukan Beton Porous

Tabel 4. Hasil Campuran Adukan Beton Porous dengan Fly Ash 0%, 15%, dan 30%

Proporsi Campuran dengan 0% Fly Ash	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Air (kg/l)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Penampakan (kg) Agregat Kasar 1-2
Tetapan	404,3	190	184,07	
Tiap Benda Uji (9 Buah Silinder)	19,28	9,36	87,78	
Proporsi Campuran dengan 15% Fly Ash	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Air (kg/l)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Penampakan (kg) Agregat Kasar 1-2
Tetapan	343,6	60,5	184,07	
Tiap Benda Uji (9 Buah Silinder)	16,39	2,89	9,06	87,78
Proporsi Campuran dengan 30% Fly Ash	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Air (kg/l)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Penampakan (kg) Agregat Kasar 1-2
Tetapan	283,0	121,3	190	184,07
Tiap Benda Uji (9 Buah Silinder)	13,49	5,78	9,06	87,78

Dalam perencanaan campuran adukan beton porous (*mix design*) menggunakan SNI 03-2834-2000 bahan yang digunakan seperti air, semen tiga roda, fly ash yang berasal dari PLTU PAMA dan agregat kasar batu pecah 1-2 yang berasal dari Ladung (Kotabaru).

4.3 Hasil Pengujian Porositas

Tabel 5. Hasil Pengujian Porositas 0%

No	Benda Uji Sampel			Porositas (%)
	Benda Uji Dalam Air (gr) A	Benda Uji SSD (gr) B	Benda Uji Kering Oven (gr) C	
1	6780	11665	11550	2,35
2	6590	11638	11520	2,34
3	6570	11629	11510	2,35
4	6325	10680	10579	2,32
5	6335	10667	10566	2,33
6	6354	10702	10598	2,39
7	6574	11654	11534	2,36
8	6431	11356	11241	2,34
9	6657	11875	11754	2,32
RATA - RATA				2,34

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2021)

Tabel 6. Hasil Pengujian Porositas 15%

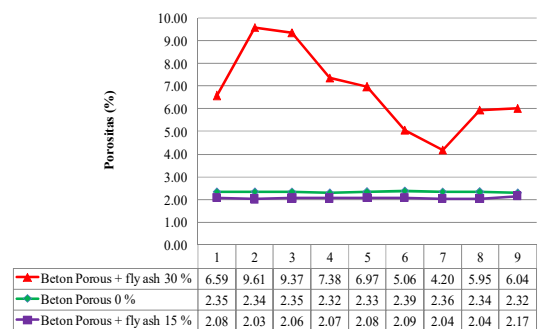
No	Benda Uji Sampel			Porositas (%)
	Benda Uji Dalam Air (gr) A	Benda Uji SSD (gr) B	Benda Uji Kering Oven (gr) C	
1	6880	11649	11550	2,08
2	6690	11620	11520	2,03
3	6530	11723	11616	2,06
4	6583	11563	11460	2,07
5	7353	12695	12584	2,08
6	6789	11765	11661	2,09
7	6893	11896	11794	2,04
8	6766	11672	11572	2,04
9	7002	11987	11879	2,17
RATA - RATA				2,07

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2021)

Tabel 7. Hasil Pengujian Porositas 30%

No	Benda Uji Sampel			Porositas (%)
	Benda Uji Dalam Air (gr) A	Benda Uji SSD (gr) B	Benda Uji Kering Oven (gr) C	
1	6990	11890	11567	6,59
2	6743	12000	11495	9,61
3	6878	11980	11502	9,37
4	6853	11595	11245	7,38
5	7600	12921	12550	6,97
6	7235	12568	12298	5,06
7	7321	12321	12111	4,20
8	6540	11445	11153	5,95
9	7650	12422	12134	6,04
RATA - RATA				6,80

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2021)



Gambar 5. Grafik Porositas Beton Porous (Sumber :Hasil Pengujian, 2021)

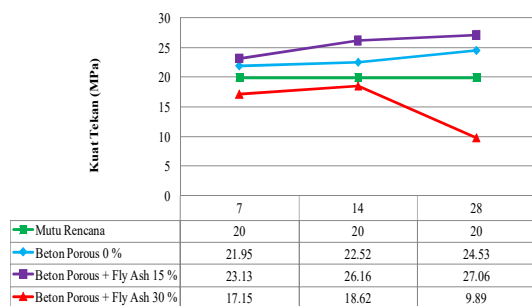
Dari tabel 7 dan gambar 5 porositas beton 0% memiliki porositas yang sedang, 15 % fly ash memiliki porositas yang rendah dan 30 % fly ash memiliki porositas yang tinggi dari data yang lain

4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No	Benda Uji	Kuat Tekan Mpa		
		Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
1	Beton Porous 0 %	22.65	21.87	24.35
2		22.97	23.16	26.04
3		20.22	22.52	23.21
	Rata-Rata	21.95	22.52	24.53
	Standard Deviasi (sd)		23.00	
	Mutu Beton (fc)		1.60	
1	Beton Porous + Fly Ash 15 %	24.26	24.45	28.76
2		21.68	28.31	28.08
3		23.46	25.74	
	Rata-Rata	23.13	26.16	28.42
	Standard Deviasi (sd)		25.91	
	Mutu Beton (fc)		2.45	
1	Beton Porous + Fly Ash 30 %	14.07	14.15	6.68
2		19.57	21.10	6.11
3		17.79	20.59	16.87
	Rata-Rata	17.15	18.62	9.89
	Standard Deviasi (sd)		15.22	
	Mutu Beton (fc)		5.59	
	Mutu Beton (fc)		6.05	

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2021)



Gambar 6. Grafik Kuat Tekan Beton Porous

(Sumber :Hasil Pengujian, 2021)

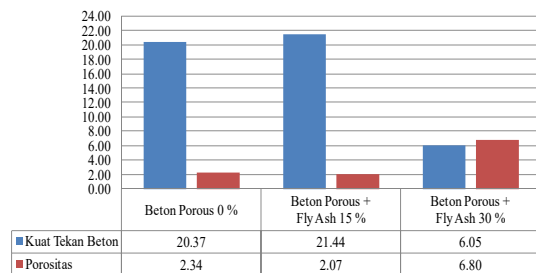
Dari tabel 8 dan gambar 6 nilai kuat tekan beton porous dengan umur masing-masing dilihat pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pada variasi mutu beton porous dengan *fly ash* 0 % didapat nilai kuat tekan beton sebesar 20,37 MPa dan dengan *fly ash* 15 % didapat nilai kuat tekan beton sebesar 21,44 MPa dilihat dari tabel dan gambar menunjukkan bahwa beton sesuai mutu rencana sedangkan variasi mutu dengan *fly ash* 30 % didapat nilai kuat tekan beton sebesar 6,05 MPa belum sesuai mutu rencana yang ditargetkan.

4.5 Hasil Perbandingan Kuat Tekan dengan Porositas Beton Porous

Tabel 9. Hasil Perbandingan Kuat Tekan dengan Porositas Beton Porous

No	Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (Mpa)	Hasil Porositas beton (%)
1	Beton Porous 0 %	20,37	2,34
2	Beton Porous+ Fly Ash 15 %	21,43	2,07
3	Beton Porous+ Fly Ash 30 %	6,05	6,80

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Struktur dan Bahan Politeknik Negeri Banjarmasin)



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kuat Tekan dan Porositas Beton

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan tabel 9 dan gambar 7 kuat tekan karakteristik untuk beton porous dengan *fly ash* 0% sebesar 20,374 MPa, beton porous dengan *fly ash* 15 % sebesar 21,436 MPa, dan beton porous dengan *fly ash* 30 % sebesar 6,049 MPa, sedangkan Porositas untuk beton porous dengan *fly ash* 0 % sebesar 2,34 %, beton porous dengan *fly ash* 15 % sebesar 2,07 % dan beton porous dengan *fly ash* 30 % sebesar 6,80 %. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin rendah nilai porositas beton dan sebaliknya apabila nilai kuat tekan beton semakin rendah maka porositas beton semakin tinggi.

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengujian kuat tekan dan porositas beton porous dengan variasi bahan pengisi *fly ash* (abu terbang) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil kuat tekan karakteristik untuk beton porous dengan *fly ash* 0% didapat sebesar 20,374 MPa, beton porous dengan *fly ash* 15 % didapat sebesar 21,436 MPa, dan beton porous dengan *fly ash* 30 % didapat sebesar 6,049 MPa. Dari ketiga variasi diatas didapatkan kuat tekan sesuai rencana $f'c$ 20 MPa pada beton porous dengan *fly ash* 0 % dan 15 % sedangkan pada beton porous dengan *fly ash* 30 % belum mencapai rencana mutu $f'c$ 20 MPa.
2. Hasil pengujian porositas pada 3 variasi beton porous dengan *fly ash* 0 % didapat sebesar 2,34 %, beton porous dengan *fly ash* 15 % didapat sebesar 2,07 % dan beton porous dengan *fly ash* 30 % didapat sebesar 6,80 %. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin rendah nilai porositas beton dan sebaliknya apabila nilai kuat tekan beton semakin rendah maka porositas beton semakin tinggi.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian tentang pengujian kuat tekan dan porositas beton porous dengan variasi bahan pengisi *fly ash* (abu terbang) yang telah dilakukan yaitu :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kandungan karakteristik mengenai kandungan pada bahan *fly ash* dan air.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variasi campuran agar dapat dibandingkan dengan campuran beton porous yang lebih efektif.
3. Perlunya penambahan benda uji untuk beton porous agar dapat membuat lebih banyak sehingga perbandingan kuat tekan lebih efektif.
4. Perlunya penelitian lebih lanjut dapat ditambahkan campuran bahan tambah selain *fly ash*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 522R-10. 2010. *Report On Pervious Concrete. Annual Book of ACI Standards.*
- Andy, D. 2018. United Tractors merampungkan PLTU PAMA-1 pada 2019. Alamat : <https://investasi.kontan.co.id/news/united-tractors-merampungkan-pltu-pama-1-pada-2019>
- ASTM C 642-97. 1997. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. Annual Book of ASTM Standards.*

- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Standar Nasional Indonesia SNI S-36-1990-03. *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990. *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Standar Nasional Indonesia 03-1973-1990. *Metode Pengujian Berat Isi Beton*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. Standar Nasional Indonesia 15-2530-1991. *Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1996. Standar Nasional Indonesia 03-4142-1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200 (0,075mm)*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2000. Standar Nasional Indonesia 03-2874-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. Standar Nasional Indonesia 03-6826-2002. *Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland dengan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. Standar Nasional Indonesia 03-6827-2002. *Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 2004. Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004. *Semen Portland*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Standar Nasional Indonesia 1969-2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Standar Nasional Indonesia 2417:2008. *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2011. Standar Nasional Indonesia 1971-2011. *Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2011. Standar Nasional Indonesia 1974-2011. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder dengan Cetakan Silinder*. Jakarta.
- Desmaliana. 2018. Jurnal. *Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung.
- Eka Purnamasari, Fitria Handayani. 2020. Jurnal. *Beton Porous Menggunakan Agregat Lokal Di Kalimantan Selatan*. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari. Banjarmasin.
- Ginting. 2015. Jurnal. *Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous dengan Bahan Pengisi Styrofoam*. Fakultas Teknik Universitas Janabadra. Yogyakarta

- Kardiyono, Tjokrodinuljo. 1992. *Teknologi Beton (Edisi Pertama)*. Yogyakarta: Biro Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada
- Khonado *et al.* 2019. Jurnal. *Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat*. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Marina & Pujiyanto. 2020. Jurnal. *Pengaruh Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton dan Porositas Beton Berpori*. Fakultas Teknik Sipil. Institut Teknologi Sumatera. Lampung Selatan.
- Gusleniet *al.* 2020. Jurnal. *Hubungan Karakteristik Beton Porous dengan Variasi Komposisi Agregat Kasar*. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Lancang Kuning. Pekanbaru.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Paul Nugraha, Antoni. 2007. *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi
- Prabowo *et al.* 2013. Jurnal. *Desain Beton Berpori untuk Perkerasan Jalan yang Ramah Lingkungan*. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Puji Aji & Rachmat Purwono. 2011. *Pemilihan Proposi Campuran Beton (Concrete Mix Design)*. Surabaya: ITS press.
- Quinli, C & Reky, S. 2020. Jurnal. *Sifat Mekanik dan Permeabilitas Beton Porous dengan Substitusi Fly Ash Terhadap Semen*. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Setiawati. 2018. Jurnal. *Fly ash Sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Palembang.
- Sultan *et al.* 2018. Jurnal. *Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata*. Fakultas Teknik Universitas Khairun. Ternate.
- Spesifikasi Umum. 2010. Revisi 3 Divisi 7. *Tentang Struktur*. Republik Indonesia.
- Trisnoyuwono, Diarto. 2014. *Beton Non Pasir*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Widhiarto & Sujatmiko. 2012. Jurnal. *Analisis Campuran Beton Berpori Dengan Agregat Bergradasi Terpisah Ditinjau Terhadap Mutu dan Biaya*. Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945. Surabaya.