

PENGARUH FLY ASH DAN AIR GAMBUT TERHADAP POROSITAS DAN KUAT TEKAN BETON POROUS DI KALIMANTAN SELATAN

Eka Purnamasari*¹,
Robiatul Adawiyah²,
Tezar Aulia Rachman³,
Fathurrahman⁴
Febby Eleanor⁵
Tedy Riansyah⁶

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB
Banjarmasin, Jl. Adhyaksa, Jl. Kayu Tangi 1 Jalur 2 No.2, Sungai Miai, Kec. Banjarmasin Utara,
Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan 70123 (eka.ftsuniska@gmail.com)

ABSTRAK

Beton porous adalah suatu inovasi pada konstruksi perkerasan jalan yang memiliki konsep ramah lingkungan, karena mempunyai rongga udara pada permukaan struktur betonnya yang berfungsi mengalirkan air dari permukaan ke dalam tanah. Beton porous menghasilkan ruang-ruang kosong sebagai rongga udara sebesar 15%-25% dari total keseluruhan volumenya serta memiliki nilai slump yang mendekati nol. Menggunakan fly ash sebagai pengurangan semen dalam beton porous. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kuat tekan beton porous dan porositas beton porous. Pengujian dilakukan pada Laboratorium Struktur dan Bahan dan menggunakan metode SNI. Dari hasil penelitian didapatkan kuat tekan karakteristik untuk beton porous perendaman air PDAM dengan fly ash 0% sebesar 20,391 MPa, beton porous dengan fly ash 15% sebesar 22,170 MPa, dan beton porous dengan fly ash 30% sebesar 4,479 MPa, sedangkan kuat tekan beton porous perendaman air gambut dengan fly ash 0% sebesar 16,750 MPa, beton porous dengan fly ash 15% sebesar 14,740 MPa dan beton porous dengan fly ash 30% sebesar 3,670 MPa. Nilai 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.

Kata kunci: *Beton, Porous, Fly Ash, Porositas, Kuat Tekan*

ABSTRACT

Porous concrete is an innovation in road pavement construction that has an environmentally friendly concept, because it has air voids on the surface of the concrete structure which functions to drain water from the surface into the ground. Porous concrete produces empty spaces as air voids of 15%-25% of the total volume and has a slump value that is close to zero. Using fly ash as cement reduction in porous concrete. The purpose of this study was to determine the compressive strength of porous concrete and the porosity of porous concrete. The test is carried out at the Structure and Materials Laboratory and uses the SNI method. From the research results, the characteristic compressive strength for PDAM water immersion porous concrete with fly ash 0% is 20.391 MPa, porous concrete with 15% fly ash is 22,170 MPa, and porous concrete with 30% fly ash is 4.479 MPa, while the compressive strength of porous concrete is 4.479 MPa. peat water immersion with 0% fly ash was 16,750 MPa, porous concrete with 15% fly ash was 14,740 MPa

and porous concrete with 30% fly ash was 3,670 MPa. The porosity value of 0% concrete has medium porosity, 15% fly ash has low porosity and 30% fly ash has high porosity from other data.

Keywords: *Concrete, Porous, Fly Ash, Porosity, Compressive Strength*

Pendahuluan

Indonesia mengalami perkembangan pembangunan yang pesat terutama pada bidang konstruksi, seperti pembangunan perkantoran, perumahan, dan pusat perbelanjaan. Dari perkembangan pembangunan tersebut harus diimbangi oleh perkembangan prasarana jalan. Perkerasan jalan di Indonesia menggunakan perkerasan lentur dan kaku (Rigid Pavement). 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 mampu menghasilkan ruang kosong sebagai rongga udara sebesar 15% hingga 25% dari total keseluruhan volumenya serta memiliki nilai slump yang sangat kecil atau bahkan mendekati nol, yang terbentuk dari campuran semen portland, agregat kasar, sedikit atau tidak sama sekali agregat halus, bahan tambah dan air (ACI 522R-10).

PT United Tractors Tbk (UNTR) terus memperkuat segmen bisnisnya. salah satunya di sektor energi. Dalam beberapa tahun ke depan, anak usaha Grup Astra ini menargetkan pembangunan dua pembangkit listrik. Salah satu pembangkit listrik UNTR adalah PLTU PAMA-1 yang berkapasitas 2x15 megawatt (MW). Pembangkit listrik ini berlokasi di Barunang, Kalimantan Tengah. Hal ini yang menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan karena dari pembakaran batubara menghasilkan fly ash atau abu terbang. PLTU PAMA-1 menginformasikan bahwa dalam sehari fly ash yang dihasilkan dari batubara berkalori 6300 – 8000 kcal/kg sebanyak 3 ton/hari (KONTAN/Andy Dwijayanto).

Fly ash atau abu terbang merupakan material yang berwarna keabu-abuan, memiliki ukuran butir yang halus, dan diperoleh dari hasil residu pembakaran batubara. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa fly ash dikategorikan sebagai bahan B3. Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, fly ash terbukti dapat meningkatkan kekuatan dari beton. Pesatnya perkembangan pada perkerasan jalan akan membutuhkan bahan yang lebih banyak. Dengan ini dapat di kaji lebih lanjut dengan mengkomposisikan atau mengganti sebagian semen portland dengan Fly ash (Abu Terbang). Dengan menggunakan Fly ash diharapkan limbah batubara ini dapat dimanfaatkan dengan baik.

Menurut Herry Widhiarto (2012) Kuat tekan beton berpori variasi BP-C sebesar 31,48 Mpa sedangkan kuat tarik belah beton pada variasi BP-C sebesar 5,92 Mpa, lebih rendah dari beton normal pada umur 28 hari. Dengan demikian Mutu beton mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan yaitu 30 Mpa.

Menurut Mira Setiawati (2018), Nilai kuat tekan beton untuk beton dengan penggunaan fly ash sebesar 5%, 7,5 % &, 10% dan 12 % masih memenuhi nilai kuat tekan karakteristik beton K300. Penggunaan fly ash sampai 12,5% pada campuran beton masih mendapatkan nilai kuat tekan beton yang direncanakan.

Menurut Erma Desmaliana (2018), 1. Kuat tekan beton porous mengalami penurunan kekuatan seiring dengan meningkatnya rasio faktor air semen (FAS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi didapat pada beton porous dengan faktor air semen (FAS) 0.3 yaitu sebesar 17.9 MPa dan kuat tekan rata-rata terendah didapat pada beton porous dengan faktor air semen (FAS) 0.5 yaitu sebesar 8.8 MPa. Nilai kuat tekan menurun seiring dengan pertambahan nilai faktor air semen (FAS). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai faktor air semen (FAS) akan menyebabkan penurunan kekuatan terhadap beton porous.

Oleh karena itu dengan permasalahan - permasalahan diatas, dilakukan penelitian dengan judul "Analisis Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Beton Porous Yang Direndam Dilahan Gambut"

METODE PENELITIAN

Berdasarkan penelitian diatas akan diperoleh prosedur penelitian sebagai berikut :

1. Persiapan dan Penyediaan Bahan

Persiapan dan penyediaan bahan meliputi persiapan dan penyediaan bahan. Pada tahap pertama ini seluruh bahan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

1. Semen tipe I (PCC) yaitu menggunakan semen merk Tiga Roda
2. Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU PAMA-1 Persada site Kalimantan Tengah
3. Agregat kasar yang digunakan adalah Ladung Kotabaru
4. Air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Struktur dan Bahan, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin.
- 5.

2. Pemeriksaan Bahan

Yaitu pada penelitian ini merupakan pemeriksaan bahan yang akan digunakan. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap semen, fly ash dan agregat kasar. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari semen, fly ash dan agregat kasar yang akan digunakan.

1. Pengujian semen, sebagai berikut :
 - a. Pengujian kehalusan semen (SNI 15-2530-1991)
 - b. Pengujian berat jenis semen (SNI 15-2531-1991)
 - c. Pengujian konsistensi normal semen (SNI 03-6826-2002)
 - d. Pengujian waktu pengikatan semen (SNI 03-6827-2002)
2. Pengujian fly ash, sebagai berikut :
 - a. Pengujian kehalusan (SNI 15-2530-1991)
 - b. Pengujian berat jenis (SNI 15-2531-1991)
 - c. Pengujian konsistensi normal (SNI 03-6826-2002)
 - d. Pengujian waktu pengikatan (SNI 03-6827-2002)
3. Pengujian agregat kasar, sebagai berikut :
 - a. Pengujian berat jenis dan penyerapan (SNI 1969-2008).
 - b. Pengujian analisa saringan (SNI 03-1968-1990).
 - c. Pengujian berat isi (SNI 03-1973-1990).
 - d. Pengujian abrasi agregat kasar (SNI-2417-2008).
 - e. Pengujian kadar lumpur (SNI 03-4142-1996).
 - f. Pengujian kadar air (SNI 1971-2011).

3. Pembuatan Benda Uji

Pada umumnya cetakan silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm, terbuat dari besi/baja. Tabung silinder itu terdiri atas dua bagian setengah lingkaran dan bagian dasar, yang dapat dilekatkan maupun dilepas dengan sekrup. Perhatian harus dilakukan dengan sungguh-sungguh agar pada waktu pencetakan tidak terjadi pengeluaran air dari tempat sambungan tersebut. Bagian dalam cetakan diberi minyak atau pelumas sebelum dipakai agar beton yang tercetak tidak melekat pada cetakan.

Adapun pemadatan dengan tangan yaitu

- 1) Untuk cetakan silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, maupun diameter 200 mm dan tinggi 400 mm pengisian adukan beton dilakukan dalam 3 lapis yang tiap lapisnya kira-kira bervolume sama.
- 2) Pengisian dengan cetok dilakukan ke bagian tepi silinder agar diperoleh beton yang simetri menurut sumbunya (keruntuhan timbunan beton dari tepi ke tengah)
- 3) Tiap lapis ditusuk-tusuk dengan batang baja penusuk yang berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm sebanyak 25 kali. Penusukan dilakukan merata ke semua permukaan lapisan dengan kedalaman sampai sedikit masuk ke lapisan sebelumnya. Kusus untuk lapisan pertama, penusukan jangan sampai mengenai dasar cetakan.
- 4) Setelah lapis ketiga selesai ditusuk, penuh bagian atas cetakan dengan adukan beton kemudian ratakan dengan tongkat perata hingga permukaan atas adukan beton rata dengan bagian atas cetakan.
- 5) Pindahkan cetakan ke ruangan yang lembab.

4. Penyimpanan Benda Uji

- 1) Benda uji silinder harus dikeluarkan dari cetakan setelah 18 jam sampai 24 jam sejak pencetakan.
- 2) Bersihkan benda uji dari kotoran yang mungkin melekat, beri tanda agar tidak keliru dengan benda uji lain, dan timbanglah.
- 3) Kembalikan benda ke dalam ruangan lembab atau tempat penuangan beton dikerjakan, setelah benda uji dikeluarkan harus ditutup dengan rapat (misalnya menggunakan kertas kedap air) dan dihindarkan dari sinar panas matahari langsung.

HASIL & PEMBAHASAN

1. Hasil Campuran Adukan Beton Porous (*Mix Design*)

Dalam perencanaan campuran adukan beton porous (mix design) menurut SNI 03-2834-2000 bahan yang digunakan seperti air, semen gresik, fly ash yang berasal dari PLTU PAMA dan agregat kasar batu pecah 1-2 Ladung (Kotabaru), proporsi campuran beton porous mutu $f'c$ 20 MPa bervariasi berawal dari 0 %, 15% fly ash dan 30 % fly ash, Hasil campuran adukan beton terdapat pada Tabel 1 s/d 3.

Tabel 1. Proporsi Campuran Adukan Beton Porous 0 %

Proposi Campuran	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Permukaan (kg)
			Agregat Kasar 1 – 2
Tiap m ³	404,3	190	1840,7
Tiap Benda Uji (9 Buah Silinder)	19,28	9,06	87,78

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2022)

Tabel 2. Proporsi Campuran Adukan Beton Porous dengan 15 % Fly Ash

Proposi Campuran	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Air (kg/lt)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Permukaan (kg)
				Agregat Kasar 1 – 2
Tiap m ³	343,6	60,6	190	1840,7
Tiap Benda Uji (9 Buah Silinder)	16,39	2,89	9,06	87,78

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2022)

Tabel 3. Proporsi Campuran Adukan Beton Porous dengan 30 % Fly Ash

Proposi Campuran	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Air (kg/lt)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Permukaan (kg)
				Agregat Kasar 1 – 2
Tiap m ³	283,0	121,3	190	1840,7
Tiap Benda Uji (9 Buah Silinder)	13,49	5,78	9,06	87,78

2. Hasil Pengujian Porositas Beton

Hasil pengujian porositas beton menurut ASTM C 642 – 97 dalam penelitian ini 1 variasi mutu beton terdapat benda uji silinder sebanyak 3 buah. Dalam pengujian porositas beton ini dapat dilihat pada Tabel 4 s/d 6 dan Gambar 1.

Tabel 4 Hasil Pengujian Porositas Beton 0 % F'c 20 MPa

No	Benda Uji Dalam Air (gr) A	Benda Uji Sampel		Porositas (%)
		Benda Uji SSD (gr) B	Benda Uji Kering Oven (gr) C	
		1	6780	
2	6590	11638	11520	2,34
3	6570	11629	11510	2,35
RATA - RATA				2,57

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2022)

Tabel 5 Hasil Pengujian Porositas Beton dengan Fly Ash 15 % F'c 20 MPa

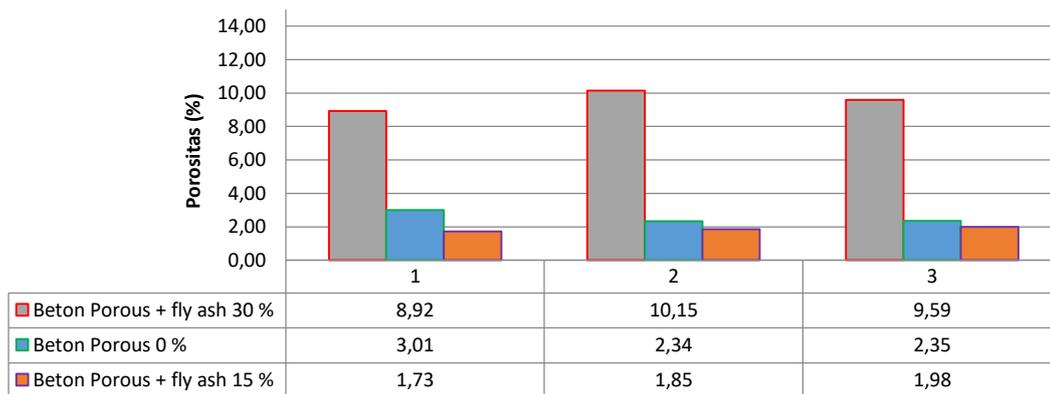
No	Benda Uji Dalam Air (gr) A	Benda Uji Sampel		Porositas (%)
		Benda Uji SSD (gr) B	Benda Uji Kering Oven (gr) C	
		1	6880	
2	6690	11611	11520	1,85
3	6530	11719	11616	1,98
RATA - RATA				1,85

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2022)

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Porositas Beton dengan Fly Ash 30 % F'c 20 MPa

No	Benda Uji Sampel			Porositas (%)
	Benda Uji Dalam Air	Benda Uji SSD	Benda Uji Kering Oven	
	(gr) A	(gr) B	(gr) C	
1	7156	11999	11567	8,92
2	7026	12000	11495	10,15
3	6998	11980	11502	9,59
RATA - RATA				9,56

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin, 2022)

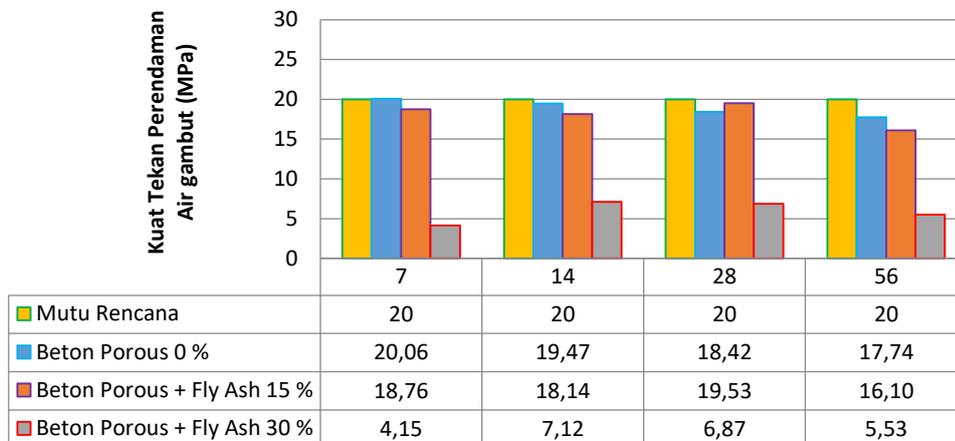


Gambar 1. Grafik Porositas Beton Porous (Sumber :Hasil Pengujian, 2022)

Pada Gambar 1 terlihat perbandingan hasil nilai porositas yaitu 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.

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Porous dengan Perendaman Air gambut

Hasil pengujian kuat tekan beton porous menurut SNI 1974-2011 dalam penelitian ini 1 variasi mutu beton terdapat benda uji silinder sebanyak 12 buah dan terbagi 3 umur yaitu 7, 14, 28 dan 56 hari dengan perendaman air gambut. Berdasarkan kuat tekan beton porous menggunakan perendaman air gambut dengan 3 variasi 0%, fly ash 15% dan fly ash 30 % f'c 20 MPa dengan umur 7, 14, 28 dan 56 Hari yang sesuai tabel diatas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton Porous dengan Perendaman Air gambut

Berdasarkan gambar 4.5 nilai kuat tekan beton porous dengan umur masing-masing dilihat pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari. Pada semua variasi mutu beton porous 0 %, fly ash 15 % dan fly

ash 30% dilihat dari Gambar 5.5 Menunjukkan bahwa beton porous dengan perendaman air gambut belum sesuai mutu rencana.

4. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Beton Porous dengan Perendaman Air PDAM dan Air gambut

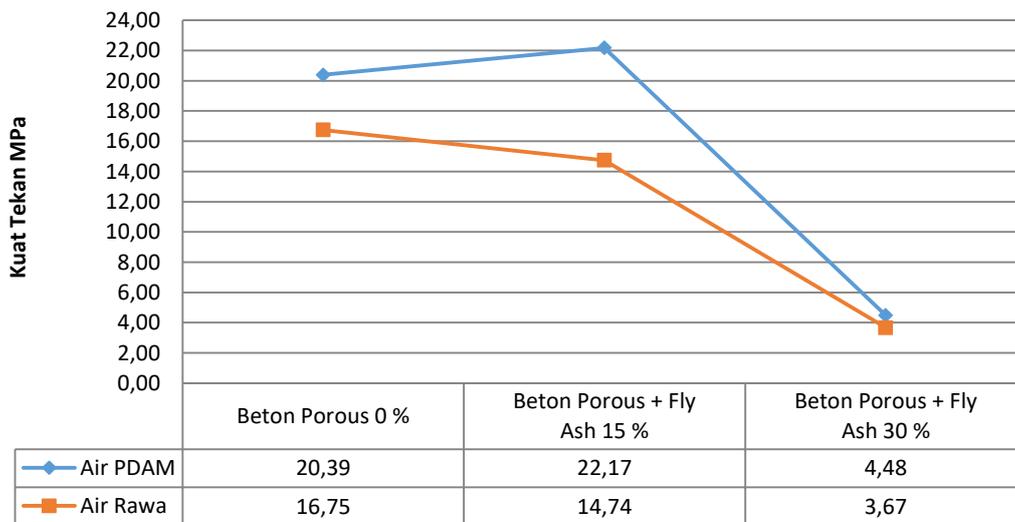
Hasil pengujian kuat tekan beton dan porositas beton dapat dilihat hasil variasi kuat tekan dan porositas beton pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.6 sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Perbandingan Kuat Tekan dengan Porositas Beton Porous

No	Benda Uji	Hasil Kuat tekan Air PDAM (Mpa)	Hasil Kuat tekan Air gambut (Mpa)
1	Beton Porous 0 %	20,39	16,75
2	Beton Porous + Fly Ash 15 %	22,17	14,74
3	Beton Porous + Fly Ash 30 %	4,48	3,67

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

Berdasarkan perbandingan variasi kuat tekan dan porositas beton yang sesuai tabel diatas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kuat Tekan dan Porositas Beton

Dari Tabel 7 dan Gambar 3 kuat tekan karakteristik untuk beton porous perendaman air PDAM dengan fly ash 0% sebesar 20,391 MPa, beton porous dengan fly ash 15 % sebesar 22,170 MPa, dan beton porous dengan fly ash 30 % sebesar 4,479 MPa, sedangkan kuat tekan beton porous perendaman air gambut dengan fly ash 0 % sebesar 16,750 MPa, beton porous dengan fly ash 15 % sebesar 14,740 MPa dan beton porous dengan fly ash 30 % sebesar 3,670 MPa.

PENUTUP

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan kuat tekan karakteristik untuk beton porous perendaman perendaman air gambut dengan fly ash dari PAMA yaitu dengan variasi 0 % sebesar 16,750 MPa, beton porous dengan fly ash 15 % sebesar 14,740 MPa dan beton porous dengan fly ash 30 % sebesar 3,670 MPa. Nilai porositas terbesar yaitu beton dengan fly ash 30%, yang terendah yaitu beton dengan fly ash 15%. Berdasarkan hal tersebut maka disimpulkan semakin besar porositas maka semakin rendah nilai kuat beton.

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.
- Concrete in Practice. 2004. CIP-38 Pervious Concrete, NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association), Silver Spring, Maryland. Alamat :<https://www.google.com/search?q=nrmca+2004&oq=nr&aqs=chrome.0.69i59j69i57j46i67i131i433j0l4j0i433j0l2.2713j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- 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. 1991. Standar Nasional Indonesia 15-2531-1991. Metode Pengujian Berat Jenis 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 1972-2008. Cara Uji Slump Beton. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Standar Nasional Indonesia 1973-2008. Cara Uji Berat Isi Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton. 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.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2011. Standar Nasional Indonesia 2493:2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. Standar Nasional Indonesia 2460:2014. Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau yang telah dikalsinasi digunakan dalam Beton. 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.
- 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
- Peraturan Pemerintah Indonesia (PPI).No. 18 Tahun 1999. Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta. RepublikIndonesia.
- 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 Subtitusi 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.