

PENGARUH VARIASI FIBERGLASS DAN FLY ASH TERHADAP PERFORMA BETON PERVIOUS - MRK

Moch Farkhan Prasetyo¹, Akhmad Suryadi²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

mochpras77@gmail.com¹, akhmad.suryadi@polinema.ac.id²

ABSTRAK.

Beton pervious merupakan beton dengan pori – pori, yang memungkinkan air untuk melewatkannya, biasanya digunakan untuk mengurangi limpasan air hujan dan aplikasinya pada tempat parkir dan trotoar. Studi ini bertujuan untuk menilai dampak variasi pemanfaatan fly ash dan *fiberglass* terhadap kinerja beton pervious. Pengujian mencakup uji fisik bahan, desain campuran sesuai ACI 522R, serta pengujian kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, dan permeabilitas pada usia 7, 14, dan 28 hari. Variasi fly ash yang diaplikasikan adalah 13%, 16%, dan 19% sebagai pengganti sebagian semen, sementara *fiberglass* digunakan sebesar 0,2%, 0,4%, dan 0,6% terhadap volume beton, masing – masing persentase fly ash dan *fiberglass* menggunakan 3 benda uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi 16% fly ash menghasilkan kekuatan tekan maksimum sebesar 15,53 MPa dan kuat tarik belah tertinggi sebesar 1,43 MPa pada umur 28 hari. Dalam campuran *fiberglass*, komposisi terbaik adalah 0,4%, dengan kekuatan tekan mencapai 11,85 MPa dan kekuatan tarik belah 1,78 MPa. Pada permeabilitas, nilai maksimum tercatat pada beton tanpa fly ash sebesar 26,05 cm/s, sedangkan nilai minimum ditemukan pada campuran 16% fly ash sebesar 19,87 cm/s, menunjukkan bahwa struktur beton lebih padat. Kombinasi terbaik 16% fly ash dan 0,4% *fiberglass* menciptakan keseimbangan antara kekuatan dan permeabilitas, dengan nilai kuat tekan 14,63 MPa, kuat tarik belah 1,40 MPa, dan permeabilitas 18,54 cm/s. Analisis relasi antar parameter menunjukkan bahwa kuat tarik belah bertambah sejalan dengan peningkatan kuat tekan, mengindikasikan korelasi positif yang konsisten. Sebaliknya, terdapat hubungan negatif antara kuat tekan dan permeabilitas, di mana peningkatan kuat tekan cenderung menurunkan permeabilitas. Ini terjadi karena peningkatan kekuatan beton sering kali berkaitan dengan pengisian rongga atau pori, yang menghasilkan penurunan aliran air. Oleh karena itu, penentuan rasio fly ash dan *fiberglass* yang sesuai sangat krusial untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan mekanis dan kemampuan drainase beton pervious.

Kata kunci : beton pervious, fly ash, *fiberglass*, performa.

ABSTRACT

Pervious concrete is concrete with pores, which allow water to pass through, usually used to reduce rainwater runoff and its application to parking lots and sidewalks. This study aims to assess the impact of variations in the use of fly ash and fiberglass on the performance of pervious concrete. Testing includes physical testing of materials, ACI 522R compliant blend design, as well as testing compressive strength, tensile strength, and permeability at 7, 14, and 28 days of age. The variation of fly ash applied was 13%, 16%, and 19% as a partial substitute for cement, while fiberglass was used at 0.2%, 0.4%, and 0.6% for the volume of concrete, each percentage of fly ash and fiberglass using 3 test objects. The results showed that the 16% variation of fly ash resulted in a maximum compressive strength of 15.53 MPa and the highest tensile strength of 1.43 MPa at 28 days of age. In fiberglass alloys, the best composition is 0.4%, with a compressive strength of 11.85 MPa and a tensile strength of 1.78 MPa. In permeability, the maximum value was recorded in concrete without fly ash of 26.05 cm/s, while the minimum value was found in a 16% fly ash mixture of 19.87 cm/s, indicating that the concrete structure is denser. The best combination of 16% fly ash and 0.4% fiberglass creates a balance between strength and permeability, with a compressive strength value of 14.63 MPa, tensile strength of 1.40 MPa, and permeability of 18.54 cm/s. Analysis of the relationship between the parameters showed that the tensile strength increased in line with the increase in compressive strength, indicating a consistent positive correlation. On the other hand, there is a negative relationship between compressive strength and permeability, where increased compressive strength tends to decrease permeability. This happens because the increase in the strength of concrete is often related to the filling of cavities or pores, which results in a decrease in water flow. Therefore, determining the appropriate ratio of fly ash and fiberglass is crucial to achieve a balance between the mechanical strength and drainage ability of pervious concrete.

Keywords : pervious concrete, fly ash, *fiberglass*, performance.

1. PENDAHULUAN

Beton pervious merupakan beton porositas tinggi khusus yang digunakan untuk aplikasi flatwork yang memungkinkan air dari curah hujan dan sumber lain melewatiannya, sehingga mengurangi limpasan dari suatu lokasi dan mengisi ulang permukaan air tanah. Beton pervious, juga dikenal sebagai beton tanpa pasir, berpori, bertingkat celah, permeabel dan beton poros, telah ditemukan sebagai strategi pengelolaan air hujan yang layak. Menurut ACI 522R (2010), beton pervious biasanya memiliki kandungan rongga atau porositas sebesar 15% - 30%.

Selain itu, dibandingkan dengan beton konvensional, beton pervious sering kali memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah. Aplikasi beton berpori yang paling umum adalah di area volume lalu lintas rendah, misalnya: tempat parkir, jalan perumahan dan trotoar. Namun, beton pervious biasanya memiliki kekuatan yang lebih rendah dan daya tahan yang lebih buruk. Selain itu, ketika merancang rasio campuran beton pervious, sebagian besar metode desain didasarkan pada porositas untuk mengontrol permeabilitas. Namun, memprediksi kekuatan beton pervious tetap menantang, yang membatasi aplikasi potensialnya. Beton pervious memiliki beberapa kelemahan, seperti puing-puing yang menghalangi saluran air, sehingga mengurangi konduktivitas hidrolik. Ikatan yang lemah antara agregat juga mengakibatkan kerusakan yang cepat karena retak, keausan yang berlebihan dan deformasi permanen, yaitu *creep* dapat terjadi karena beban siklik dan berat yang berlebihan.

Untuk mengatasi kekurangan dari beton pervious dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan material *fiberglass* dan *Fly Ash* pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan dan permeabilitas beton pervious. Laporan (ACI 522R-10, 2010) oleh *American Concrete Institute* (ACI) menunjukkan bahwa kuat tekan beton pervious biasanya berkisar antara 2,8 hingga 28 MPa, yang sering kali lebih kecil daripada beton konvensional yang digunakan di trotoar jalan raya dari 20 hingga 40 MPa.

2. METODE

Kuat Tekan Beton Pervious

Uji kuat tekan dilakukan dengan ASTM C39M-20 (2020). Uji umur kuat tekan dilakukan pada 7, 14 dan 28 hari. Perhitungan pengujian kuat tekan dapat dilihat pada persamaan berikut:

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

Yang Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan (N/cm^2)

P = Gaya (N)

A = Luas penampang (cm^2)

Kuat Tarik Belah Beton Pervious

Kekuatan tarik belah beton merupakan ukuran tidak langsung dari kekuatan tarik langsung/sebenarnya. Menurut ACI 522R (2010), nilai kuat tekan 6 – 12% dari kuat tekannya. Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat Tarik belah beton pervious mengacu pada ASTM C496M adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{2P}{\Omega LD} \quad (2)$$

Yang Dimana:

T: Kuat Tarik berlah.

P: beban saat spesimen patah.

Ω : Faktor koreksi (0,7 untuk spesimen standar).

L: Panjang specimen.

D: Diameter spesimen.

Permeabilitas Beton Pervious

Permeabilitas adalah salah satu persyaratan kinerja untuk beton pervious. Kandungan porositas tipikal beton pervious bervariasi antara 15% hingga 35% dan permeabilitas berkisar antara 1 hingga 12 cm/s menurut (ACI 522R 2010). Tetapi pori-pori beton pervious tidak dijamin akan diisi dengan air selama pengujian dibandingkan dengan pengujian lainnya (Lederle et al. 2020). koefisien permeabilitas rata-rata ditentukan menggunakan hukum Darcy yang mengasumsikan sebagai berikut:

$$K = \frac{aL}{At} \ln \frac{H_1}{H_2} = \quad (3)$$

Yang mana:

K=koefisien permeabilitas, cm / s

a = Penampang pipa tegak, cm^2

L= Panjang dari sampel, cm

A= Luas penampang specimen, cm^2

t= Waktu dalam detik h_1 sampai h_2

h_1 = Ketinggian air awal

h_2 = permukaan air akhir

Fly Ash Type F

Fly ash adalah bagian dari sisa pembakaran batubara di boiler pembangkit listrik tenaga uap dalam bentuk partikel halus dan bersifat pozzoland. Fly ash dapat digunakan sebagai aditif atau sebagai pengganti parsial untuk semen portland. Pada penelitian ini fly ash digunakan sebagai pengganti semen terhadap volume beton pervious. Menurut Panggayuh, Suryadi, & Sugiarto (2024), fly ash sendiri tidak memiliki daya ikat yang sama dengan semen. Namun, dengan adanya air dan karena ukuran partikelnya yang halus, silikon dioksida yang terkandung dalam abu terbang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida

yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen dan menghasilkan zat pengikat. Berdasarkan ACI Committee 226 fly ash sendiri mempunyai karakteristik yang sangat halus, dengan ketentuan lolos saringan No. 325 dan memiliki berat jenis sekitar $2,15 - 2,8 \text{ g/cm}^3$.

Fiberglass Type E

E-glass adalah *fiberglass* elektrik. kata 'E' adalah singkatan dari resistivitas listrik dan serat ini banyak digunakan sebagai bahan isolasi dalam aplikasi listrik. Menurut (Naidu 2021), berat jenis dari *fiberglass* $2,58 \text{ g/cm}^3$, sedangkan menurut (Çuvalci, Erbay, & İpek 2014) berat jenis sebesar $2,58 \text{ g/cm}^3$, dengan kekuatan tarik 3,445 Mpa. *Fiberglass* pada beton memerlukan pemeriksaan kritis terhadap kadar air dalam beton. Dalam salah satu penelitian terbaru, ditemukan bahwa beton yang diperkuat *fiberglass* meningkatkan beban retak balok hingga 27%, akibatnya menghasilkan peningkatan momen inersia poros sebesar 33% hingga 75% dengan kandungan serat 5% hingga 10% (Kennedy et al. 2023).

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan sebanyak 12 buah, dari setiap persentase fly ash dan *fiberglass*, dengan ukuran silinder $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$. Pengujian yang dilakukan ialah kuat tekan, kuat tarik belah, dan permeabilitas, dengan umur 7,14, dan 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan dapat dilihat pada **tabel 1**.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji yang Digunakan

Variasi	Kuat Tekan		Kuat Tarik Belah	Jaga an	
	Umur Beton (Hari)				
	7	14	28	28	28
0% Fly Ash	3	3	3	3	3
13% Fly Ash	3	3	3	3	3
16% Fly Ash	3	3	3	3	3
19% Fly Ash	3	3	3	3	3
0,2% Fiberglass	3	3	3	3	3
0,4% Fiberglass	3	3	3	3	3
0,6% Fiberglass	3	3	3	3	3
Total	63		21	21	
Total	105				

Sumber: Hasil perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini menggunakan agregat yang disediakan oleh toko bangunan terdekat disekitar kampus Politeknik Negeri Malang. Analisis Saringan untuk Agregat Kasar dilakukan sesuai dengan ASTM C 33. Ukuran agregat kasar yang digunakan yaitu berukuran $9,5 - 20 \text{ mm}$.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Agregat Halus Pasir Pantai Serang							
No	Pengujian	Hasil	Satu an	Standar Mutu	Referensi	Ket	
1	Gradiasi						SNI 03-2462-2002
	0%	2.73			Zona 1-4		
	20%	2.64	%		Zona 1-4		
	40%	3.16			Zona 1-4		
	60%	3.37			Zona 1-4		
2	Berat Jenis	2.634	gram	≤ 2.5	SNI 03-1970-2016	OK	
	Penyerapan	1.017	gram	$\leq 2\%$			
3	Berat Isi Lepas	0.08	gr/lt	1.2 - 1.5	SNI 03-1970-2008	OK	
	Tumbuk	0.09	gr/lt	1.45 - 1.75			
	Goyangan	0.09	gr/lt	1.45 - 1.75			
4	Kadar Air	0.91	%	0.5% - 0.7%	SNI 03-2834-2000	OK	

Sumber: Hasil Penelitian

Uji Fisik Fly Ash

Pada penelitian ini digunakan Fly Ash sebagai substitusi Sebagian semen. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji kehalusan terhadap Fly Ash untuk memenuhi sifat dari semen, yaitu lolos saringan no. 200 antara $\geq 80\%$ menurut ASTM C618. Menurut Panggayuh, Suryadi, & Sugiarto (2024), fly ash sendiri tidak memiliki daya ikat yang sama dengan semen. Namun, dengan adanya air dan karena ukuran

partikelnya yang halus, silikon dioksida yang terkandung dalam abu terbang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen dan menghasilkan zat pengikat. Berdasarkan hasil penelitian atas bahwa Fly Ash Type F lolos saringan No.200 sebesar 88,7%, sehingga membuktikan bahwa Fly Ash layak digunakan sebagai substitusi sebagian dari semen sesuai dengan ASTM C618.

Perencanaan Mix Desain

Perencanaan *Mix Design* dari beton pervious berbeda dengan beton konvensional pada umumnya. Karena, tidak ada kepastian penggunaan mix design yang pasti untuk beton pervious, berbeda dengan beton konvensional pada umumnya. Bahan campuran yang digunakan pada beton pervious ialah agregat kasar, air, dan semen, tanpa menggunakan agregat halus. Menurut ACI 522R (2010), bahan campuran beton pervious menggunakan semen (270 - 415 kg), agregat kasar(1190 - 1480 kg), faktor air semen (0,27 - 0,34).

Tabel 3. Perencanaan Mix Design

Bahan	Berat per 1m ³ (kg/m ³)	Berat Per Silinder (kg/m ³)	Jumlah Total Silinder	Berat Total (kg/m ³)
Semen	330	1,59	96	152,64
Agregat Kasar	1300	6,89	96	661,44
Air	99	0,5247	96	50,37

Sumber: Hasil Penelitian

Pada penelitian ini penggunaan fly ash digunakan sebagai substitusi sebagai semen dari beratnya, sedangkan penggunaan *fiberglass* terhadap volume beton.

Tabel 4. Kebutuhan Material Beton Campuran Fly Ash dan *Fiberglass*

N O	Material	Kebutuhan (Kg)		Jumlah Benda Uji	Total Kebutuhan (Kg)
		Per 1m ³	Per silinder		
1	Semen	330	1,59		19,08
	Air	99	0,524	12	6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89		82,68
2	Semen	330	1,338		16,599
	Air	99	0,524		6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89	12	82,68
	Fly Ash 13%	42,9	0,206		2,487

N O	Material	Kebutuhan (Kg)		Jumlah Benda Uji	Total Kebutuhan (Kg)
		Per 1m ³	Per silinder		
3	Semen	330	1,335		16,027
	Air	99	0,524		6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89	12	82,68
	Fly Ash 16%	42,9	0,254		3,052
4	Semen	330	1,287		15,454
	Air	99	0,524		6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89	12	82,68
	Fly Ash 19%	42,9	0,302		3,625
5	Semen	330	1,59		19,08
	Air	99	0,524		6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89	12	82,68
	Fiberglass 0,2%	5,094	0,027		0,324
6	Semen	330	1,59		19,08
	Air	99	0,524		6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89	12	82,68
	Fiberglass 0,4% 8	10,18	0,054		0,648
7	Semen	330	1,59		19,08
	Air	99	0,524		6,29
	Agregat Kasar	1300	6,89	12	82,68
	Fiberglass 0,6% 1	15,47	0,082		0,984

Sumber: Hasil Penelitian

Pengujian Slump

Pengujian slump memiliki tujuan untuk mengetahui *workability* dan kelecanan pada beton segar, yaitu kemudahan dalam melakukan pengadukan beton pervious. Menurut spesifikasi berdasarkan ACI 522R nilai slump dari beton pervious mendekati nol atau tidak ada penurunan nilai *slump* sama sekali. Pada penelitian ini, pengujian slump dilakukan pada setiap variasi campuran beton pervious, dari substitusi semen dengan fly ash sebesar 13%, 16%, 19% dan pada *fiberglass* dengan variasi 0,2%, 0,4%, 0,6%. Gambar 2 merupakan sampel slump salah satu persentase campuran.



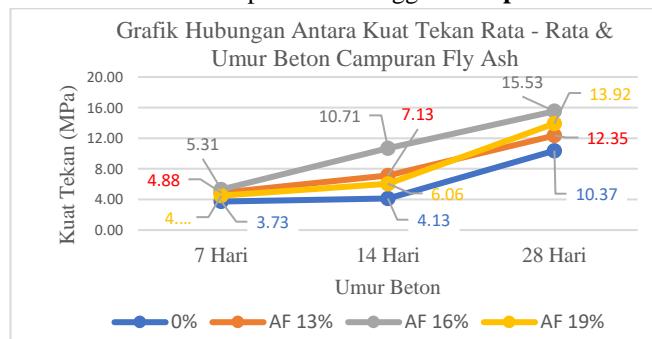
Gambar 1. Sampel hasil Pengujian Slump
Tabel 4 Hasil Pengujian Slump setiap Persentase

NO	Persentase	Hasil	Standar	Keterangan
1	Beton Normal	300	ACI 522R	OK
2	13% Fly Ash	300	ACI 522R	OK
3	16% Fly Ash	300	ACI 522R	OK
4	19% Fly Ash	300	ACI 522R	OK
5	0,2% Fiberglass	300	ACI 522R	OK
6	0,4% Fiberglass	300	ACI 522R	OK
7	0,6% Fiberglass	300	ACI 522R	OK

Sumber: Hasil Penelitian

Pengujian Kuat Tekan Beton

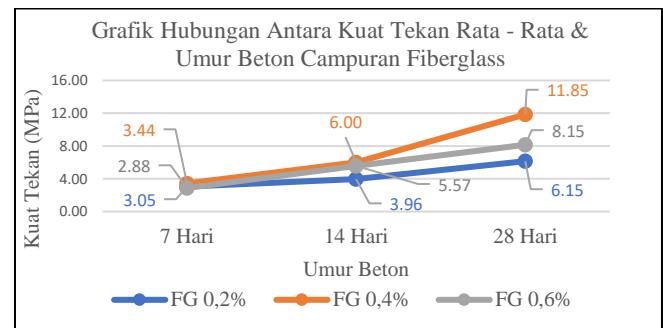
. Pengujian kuat tekan berfungsi untuk menentukan ketahanan dari beton tersebut dengan satuan MPa, sebelum benda uji benar – benar mengalami deformasi atau kehancuran yang permanent. Berikut adalah tabel dan grafik dari hasil pengujian kuat tekan dari setiap variasi fly ash 0%, 13%, 16%, 19% dan fiberglass 0,2%, 0,4% dan 0,6% dari setiap beton umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Perhitungan nilai kuat tekan beton pervious menggunakan **persamaan 1**.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton Setiap Umur Terhadap Persentase Fly Ash

Berdasarkan **Gambar 2** hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi kadar fly ash menunjukkan bahwa penambahan fly ash berpengaruh terhadap peningkatan kuat

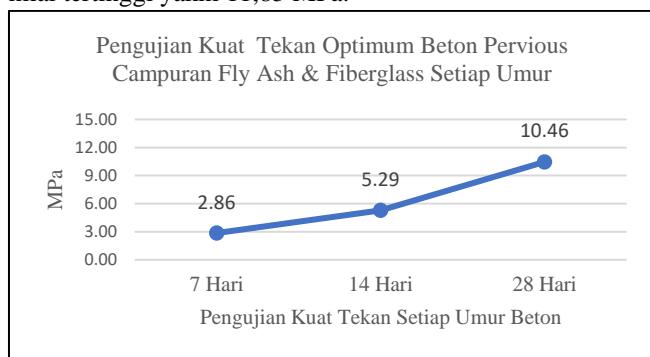
tekan beton sejalan dengan bertambahnya umur. Dalam campuran fly ash 13%, kuat tekan yang diperoleh adalah 4,88 MPa pada 7 hari, 7,13 MPa pada 14 hari, dan 12,35 MPa pada 28 hari, dengan peningkatan masing-masing sebesar 8,44%, 17,67%, dan 19,12% jika dibandingkan dengan beton tanpa fly ash (4,50 MPa, 6,06 MPa, dan 10,37 MPa). Kombinasi fly ash 16% menunjukkan peningkatan paling mencolok, dengan kekuatan tekan mencapai 5,31 MPa (7 hari), 10,71 MPa (14 hari), dan 15,53 MPa (28 hari), yang berarti meningkat sebesar 18%, 76,78%, dan 49,77% jika dibandingkan dengan beton biasa. Sementara itu, campuran fly ash 19% menunjukkan penurunan kekuatan tekan pada umur 7 hari dan 14 hari masing-masing sebesar 17,11% dan 31,86%, dengan nilai masing-masing 3,73 MPa dan 4,13 MPa. Pada usia 28 hari, terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 34,23% mencapai 13,92 MPa. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan fly ash sampai 16% memberikan hasil terbaik dalam memperkuat tekan beton, terutama pada umur 14 dan 28 hari.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton Setiap Umur Terhadap Persentase Fiberglass

Pada **gambar 3** merupakan hasil pengujian kuat tekan beton pervious yang ditambahkan *fiberglass* menunjukkan bahwa persentase memiliki pengaruh yang berbeda pada pengembangan kekuatan beton di setiap usia. Pada campuran FG 0,2%, kekuatan tekan beton bertambah dari 3,05 MPa (7 hari) menjadi 3,96 MPa (14 hari), dan mencapai 6,15 MPa pada usia 28 hari. Dibandingkan dengan FG 0,4%, campuran ini menunjukkan kinerja yang lebih rendah. FG 0,4% menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi, yaitu 3,44 MPa (7 hari), 6,00 MPa (14 hari), dan 11,85 MPa (28 hari), dengan peningkatan berturut-turut sebesar 12,79%, 51,52%, dan 92,68% dibandingkan dengan FG 0,2%. Pada saat yang sama, pemanfaatan FG 0,6% menghasilkan kekuatan tekan 2,88 MPa (7 hari), 5,57 MPa (14 hari), dan 8,15 MPa (28 hari). Meskipun ada peningkatan seiring waktu, angka tersebut masih lebih rendah dibandingkan campuran FG 0,4%. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemakaian *fiberglass* sebesar 0,4% adalah dosis yang paling optimal dalam meningkatkan

kekuatan tekan beton, terutama pada usia 28 hari, dengan nilai tertinggi yakni 11,85 MPa.

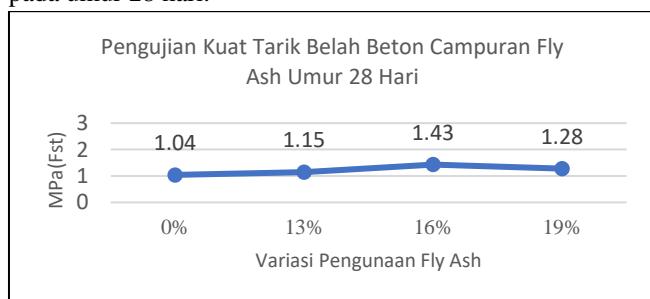


Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Optimal Fly Ash 16% dan Fiberglass 0,4% Setiap Umur

Pada **gambar 4** menjelaskan pengujian kuat tekan beton pervious campuran fly ash 16% dan *fiberglass* 0,4%, dari hasil rata – rata setiap benda uji dan umur pengujian beton. Pada umur 7 hari, didapatkan nilai kuat tekan sebesar 2,86 MPa, selanjutnya pada umur 14 hari mengalami kenaikan sebesar 49,33% dengan hasil 5,29 Mpa, dan pada umur 28 hari menjadi nilai tertinggi dari pengujian kuat tekan, mengalami kenaikan yang cukup signifikan sebesar 49,42%, dengan hasil kuat tekan 10,46 MPa.

Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

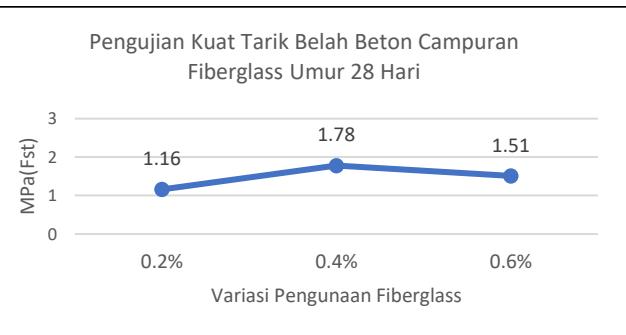
Pengujian kuat Tarik belah hampir sama dengan pengujian kuat tekan karena alat yang digunakan sama, hanya diganti alat yang digunakan untuk menkannya dan posisi pada pengujian kuat tarik belah secara horizontal sedangkan pada kuat tekan beton uji diletakkan secara vertical. Pengujian dilakukan pada persentase fly ash 0%, 13%, 16%, dan 19%, sedangkan persentase *fiberglass* 0,2%, 0,4% dan 0,6%. Berikut adalah grafik hasil pengujian kuat tarik belah pada umur 28 hari.



Gambar 5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Campuran Fly Ash Setiap Persentase

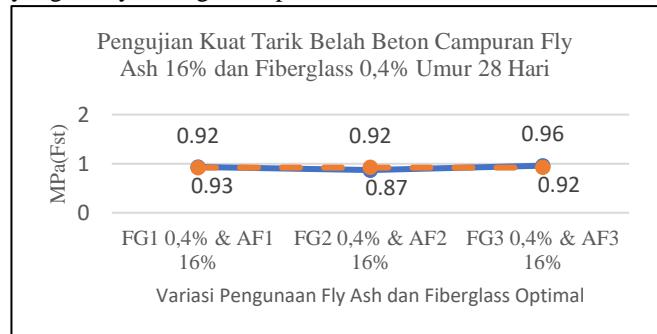
Dapat dilihat pada **gambar 5** merupakan grafik kuat tarik belah beton pervious terhadap setiap persentase pada umur 28 hari. Dengan penggunaan 0% fly ash nilai MPa sebesar 1,04 MPa, sedangkan pada penambahan 13% fly ash mengalami kenaikan sebesar 9,56% terhadap 0% fly ash, dengan hasil kuat tarik belah 1,15 MPa, sedangkan pada

persentase 16% fly ash mengalami kenaikan 19,58% terhadap persentase 13% fly ash, dengan nilai kuat tarik belah 1,43 MPa, dan pada penambahan 19% fly ash, justru mengalami penurunan 11,71% dengan hasil kuat tarik belah sebesar 1,28 MPa.



Gambar 6. Grafik Kuat Tarik Belah Campuran Setiap Persentase Fiberglass

Pada **gambar 6** menunjukkan rata-rata MPa pada kuat tarik belah beton pervious campuran *fiberglass*. Nilai kuat tarik belah beton pervious campuran *fiberglass* cenderung lebih tinggi dari pada dengan campuran fly ash. Hal ini karena *fiberglass* merupakan serat yang dapat menahan gaya tarik lebih tinggi. Beton pervious dengan penambahan 0,2% *fiberglass* didapatkan hasil kuat tarik belah 1,16 MPa, penambahan 0,4% *fiberglass* didapatkan hasil kuat tarik belah 1,78 MPa, yang artinya mengalami kenaikan 34,83% dibanding dengan penambahan 0,2%, sedangkan penambahan 0,6% *fiberglass* didapatkan hasil 1,51 MPa, yang artinya mengalami penurunan sebesar 15,16%.



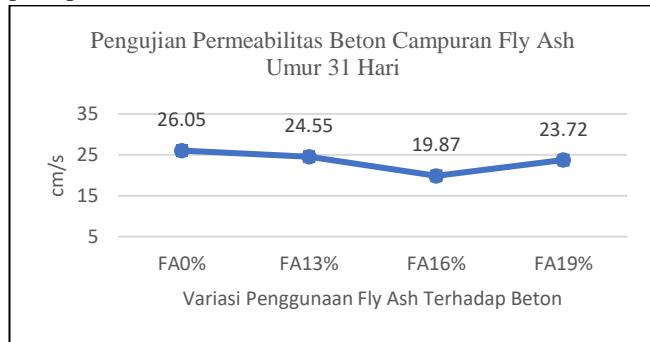
Gambar 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Campuran 16% Fly Ash dan 0,4% Fiberglass

Berdasarkan gambar 4.57 pengujian kuat tarik belah beton dengan campuran Fly Ash 16% dan *fiberglass* 0,4%, diketahui bahwa benda uji 1 menghasilkan kuat tarik belah 0,93 MPa, kemudian mengalami penurunan pada benda uji 2 menjadi 0,87 MPa, selanjutnya, pada benda uji 3 terjadi peningkatan menjadi 0,96 MPa, dengan rata – rata dari ketiga benda uji ialah 0,92 MPa.

Pengujian Permeabilitas

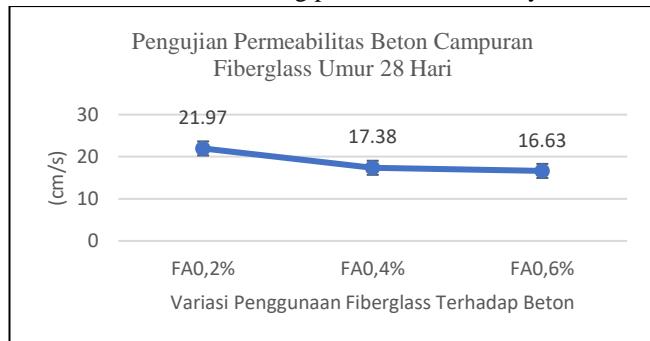
Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mengetahui berapa waktu yang di tempuh air untuk melewati

setiap pori – pori pada beton pervious. Pengujian permeabilitas beton pervious dilakukan untuk mengetahui perbandingan permeabilitas pada setiap variasi campuran pada penelitian ini.



Gambar 8. Hasil Pengujian Permeabilitas Beton Pervious Setiap Persentase Fly Ash

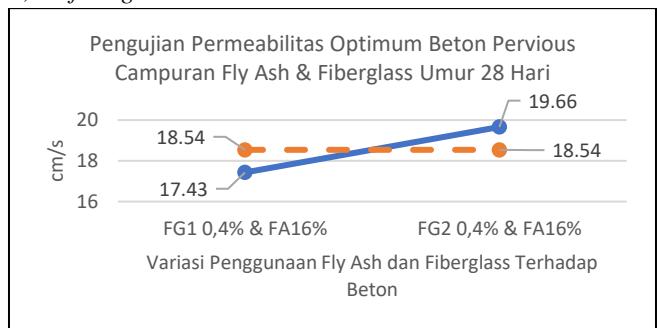
Dapat dilihat **gambar 8** merupakan hasil permeabilitas pada umur 28 hari, menjelaskan bahwa dengan penggunaan 0% fly ash nilai permeabilitas merupakan nilai maksimum yaitu sebesar 26,05 cm/s, dengan penambahan 13% fly ash nilai permeabilitasnya 24,55 cm/s, yang berarti mengalami penurunan 6,11% dibanding dengan penambahan 0% fly ash, sedangkan penambahan 16% fly ash nilai permeabilitasnya sebesar 19,87 cm/s yang merupakan nilai terkecil pada pengujian permeabilitas, mengalami penurunan 23,55% dibanding dengan penambahan 13% fly ash dan penambahan 19% fly ash nilai permeabilitasnya sebesar 23,72 cm/s, pada persentase ini permeabilitas mengalami kenaikan 16,23% dibanding penambahan 16% fly ash.



Gambar 9 Grafik Rata - rata Pengujian Permeabilitas Beton Pervious Campuran Fiberglass Setiap Variasi Umur 28 Hari

Dapat dilihat pada **gambar 9** merupakan hasil permeabilitas dengan penambahan *fiberglass* pada umur 28 hari. Penambahan 0,2% *fiberglass* nilai permeabilitas yang dihasilkan sebesar 21,97 cm/s, dengan penambahan 0,4% *fiberglass* nilai permeabilitasnya 17,38 cm/s, yang berarti mengalami penurunan 26,41% dibanding dengan penambahan 0,2% *fiberglass*, sedangkan penambahan 0,6% *fiberglass* nilai permeabilitasnya sebesar 16,63 cm/s yang

merupakan nilai terkecil pada pengujian permeabilitas, mengalami penurunan 4,51% dibanding dengan penambahan 0,4% *fiberglass*.

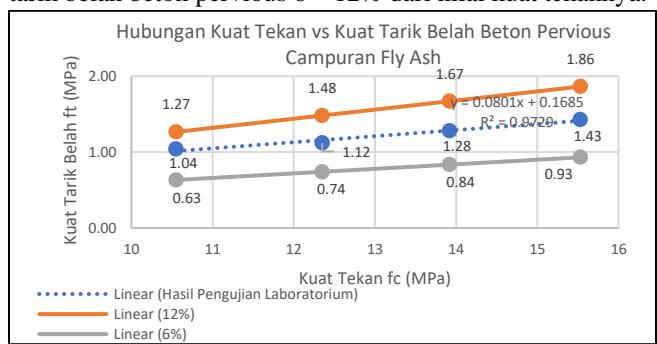


Gambar 10 Grafik Pengujian Permeabilitas Beton Pervious Campuran Fly Ash Setiap Variasi Umur 28 Hari

Berdasarkan **gambar 10** pengujian permeabilitas optimum beton pervious campuran fly ash dan *fiberglass* pada umur 28 hari, terlihat bahwa pada benda uji FG1 0,4% & FA16% diperoleh nilai permeabilitas sebesar 17,43 cm/s, sedangkan pada variasi FG2 0,4% & FA16% nilainya sebesar 19,66 cm/s. Dari kedua benda uji didapatkan rata – rata sebesar 18,54 cm/s.

Hubungan Kuat Tekan vs Kuat Tarik Belah

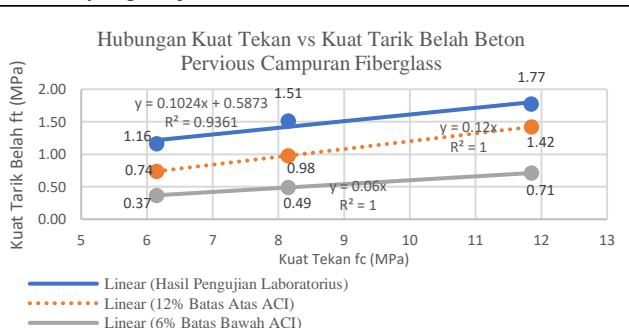
Pada penelitian ini, dilaksanakan pengujian terhadap beton pervious dengan variasi substitusi. Sebagian semen menggunakan fly ash sebesar 0%, 13%, 16%, 19% dan penambahan *fiberglass* terhadap volume beton sebesar 0,2%, 0,4%, 0,6%. Dua parameter mekanis utama yang diuji adalah kuat tekan dan kuat tarik belah. Tujuan dari bagian ini adalah menganalisis hubungan antara kedua sifat tersebut untuk memahami pengaruh variasi fly ash dan *fiberglass* serta menilai seberapa kuat hubungan linier antara kuat tekan dan kuat tarik belah. Berdasarkan ACI 522R (2010), nilai kuat tarik belah beton pervious 6 – 12% dari nilai kuat tekannya.



Gambar 11. Grafik Regresi Hubungan Kuat Tekan vs Kuat Tarik Belah Campuran Fly Ash Umur 28 Hari

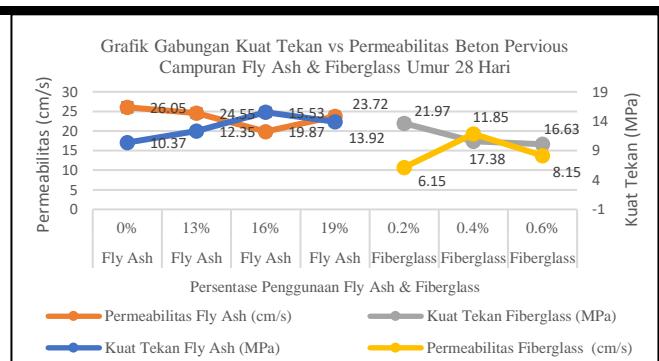
Pada **gambar 11** menggambarkan hubungan linear antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton pervious yang menggunakan campuran fly ash. Ada tiga garis tren linier dalam grafik, yang masing-masing menunjukkan hasil tes

laboratorium (garis biru), serta batas atas dan batas bawah sesuai pedoman ACI 522R (2010). Garis merah menandakan batas atas sesuai pedoman ACI, yaitu nilai kuat tarik belah 12% dari kuat tekan ($ft \approx 0,12fc$), sedangkan garis hijau menunjukkan batas bawah sebesar 6% dari kuat tekan ($ft \approx 0,06fc$). Kedua garis ini berfungsi sebagai pedoman dalam menilai kecocokan kinerja beton pervious. Hasil dari pengujian laboratorium yang diwakili oleh titik-titik biru pada grafik menunjukkan hubungan linier yang dirumuskan dalam persamaan ($ft \approx 0,0801fc + 0,1685$) dengan nilai koefisien determinasi ($R^2 \approx 97,29\%$). Nilai R^2 yang hampir mencapai 1 menunjukkan bahwa hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah sangat kuat dan stabil. Dengan kata lain, peningkatan nilai kuat tekan secara langsung berpengaruh terhadap peningkatan nilai kuat tarik belah dari beton pervious yang diuji.



Gambar 12 Grafik Regresi Hubungan Kuat Tekan vs Kuat Tarik Belah Campuran *Fiberglass* Umur 28 Hari

Gambar menggambarkan hubungan linear antara kekuatan tekan (fc) dan kekuatan tarik belah (ft) beton pervious yang menggunakan campuran *fiberglass*. Garis biru menunjukkan hasil dari pengujian laboratorium, sementara garis merah dan hijau masing-masing menandakan batas atas (12%) dan batas bawah (6%) sesuai ketentuan ACI terkait kuat tarik belah terhadap kuat tekan. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan persamaan regresi ($ft \approx 0,1024fc - 0,5873$) dengan koefisien determinasi ($R^2 \approx 0,9361$), yang mengindikasikan adanya hubungan yang cukup kuat antara kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah. Melihat grafik, mayoritas data terletak di antara rentang 6% hingga 12% ACI, dan meskipun pada kuat tekan persentase 0,4% *fiberglass*, kuat tarik belah mencatat 1,77 MPa yang melebihi batas atas ACI. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *fiberglass* dalam beton pervious dapat secara signifikan meningkatkan nilai kekuatan tarik belah dan berpotensi memenuhi atau bahkan melebihi standar kekuatan tarik belah yang ditetapkan oleh ACI.



Gambar 13 Grafik Gabungan Kuat Tekan vs Permeabilitas Beton Pervious Campuran Fly Ash dan *Fiberglass* Umur 28 Hari

Pada usia 28 hari, penggunaan fly ash dalam beton pervious menunjukkan hubungan terbalik antara kuat tekan dan permeabilitas. Tanpa fly ash, kuat tekan tercatat 10,37 MPa dan permeabilitas tertinggi 26,05 cm/s. Penambahan fly ash hingga 13% meningkatkan kuat tekan sebesar 19,1% menjadi 12,35 MPa, dengan penurunan permeabilitas 5,8% menjadi 24,55 cm/s. Komposisi 16% fly ash menghasilkan kuat tekan tertinggi, naik 25,8% menjadi 15,53 MPa, dan permeabilitas turun signifikan 19,1% menjadi 19,87 cm/s. Namun, pada 19% fly ash, kuat tekan turun 10,4% menjadi 13,92 MPa, sementara permeabilitas meningkat 19,3% menjadi 23,72 cm/s. Hasil ini menunjukkan bahwa 16% fly ash merupakan komposisi optimal untuk beton pervious yang kuat dan tetap memiliki permeabilitas efektif.

Beton pervious umur 28 hari dengan tambahan *fiberglass* menunjukkan pola berlawanan antara kekuatan tekan dan permeabilitas. Pada 0,2% *fiberglass*, kekuatan tekan 6,15 MPa dan permeabilitas tertinggi 21,97 cm/s. Dosis 0,4% meningkatkan kekuatan tekan hingga 11,85 MPa naik 92,7% namun menurunkan permeabilitas jadi 17,38 cm/s turun 20,9%. Pada 0,6%, kekuatan turun menjadi 8,15 MPa dan permeabilitas naik sedikit ke 16,63 cm/s. Ini menunjukkan bahwa 0,4% adalah dosis optimal, memberi kekuatan maksimum dengan permeabilitas yang masih efisien, sementara dosis lebih tinggi dapat menurunkan kekuatan karena distribusi serat yang tidak merata.

4. KESIMPULAN

- Penambahan fly ash sebesar 16% sebagai substitusi sebagian semen memberikan hasil kuat tekan dan kuat tarik belah tertinggi, masing-masing sebesar 15,53 MPa dan 1,43 MPa pada umur 28 hari, serta permeabilitas terendah sebesar 19,87 cm/s, menandakan struktur beton yang lebih padat.
- Penggunaan *fiberglass* sebesar 0,4% dari volume beton memberikan kuat tarik belah tertinggi sebesar 1,78 MPa

dan kuat tekan 11,85 MPa, dengan nilai permeabilitas 17,38 cm/s, menunjukkan bahwa persentase ini merupakan yang paling optimal dibandingkan variasi lainnya.

3. Kombinasi antara 16% fly ash dan 0,4% *fiberglass* menghasilkan performa beton pervious terbaik, dengan kuat tekan 14,63 MPa, kuat tarik belah 1,40 MPa, dan permeabilitas 18,54 cm/s, yang menunjukkan keseimbangan antara kekuatan mekanis dan kemampuan drainase.
4. Terdapat hubungan positif linier antara kuat tekan dan kuat tarik belah, di mana peningkatan kuat tekan diikuti oleh peningkatan kuat tarik belah, sesuai dengan standar ACI 522R (2010) yaitu berkisar antara 6%–12% dari kuat tekan.
5. Terdapat hubungan negatif antara kuat tekan dan permeabilitas: semakin tinggi kuat tekan beton, maka permeabilitasnya cenderung menurun akibat pengisian rongga atau pori dalam beton yang lebih padat.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) ACI 522R-10. 2010. *Pervious Concrete*.USA: American Concrete Institute.
- (2) <https://www.astm.org/c0039_c0039m-21.html>.
- (3) Suryadi, A, & Sugiarso A (2024). “Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Karakteristik Campuran Lapisan Aspal Beton (Laston)”. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 5, no. 3, pp. 51-58.
- (4) Naidu, B. S., & Krovidi, S. (2021). *Fabrication of E-Glass Fibre Based Composite Material with Induced Particulate Additives*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1033, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
- (5) Çuvalci, H., Erbay, K., & İpek, H. (2014). Investigation of the effect of glass fiber content on the mechanical properties of cast polyamide. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39, 9049-9056.
- (6) Kennedy, C, Bheel, N, Nadeem, G, Benjeddou, O, Waqar, A, & Khan, MB 2023, ‘Efficiency of *ficus sycomorus* exudates as corrosion inhibitor for mild steel pipes in acid concentrated water and soil’, *Safety in Extreme Environments*, vol. 5, no. 2, pp. 109-118.