

Prilaku Kuat Tekan Beton Porous Menggunakan Air Laut

Adnan Adnan

Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Muhammadiyah Parepare

Muh. Alim

Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Muhammadiyah Parepare

Korespondensi Penulis: ferlywijaya774@gmail.com

Abstract. Porous concrete has high porosity so that water can pass through the cavities in the concrete. The application of porous concrete is usually for parking areas, pedestrian sidewalks, road shoulders, drainage, roads with low traffic volume. Indonesia is an archipelagic country, most of Indonesia's territory is by the sea so it is very possible to use sea water as a substitute for fresh water for porous concrete. This research aims to determine the comparison of compressive strength of porous concrete mixed with sea water and normal porous concrete with variations in the water cement (fas) factor. In this study, a concrete mixture with a water cement (fas) factor of 0.30 and 0.35 was used. The test object used was a 15x30 cm cylindrical concrete test object for the compressive strength test. The test on porous concrete was carried out during the curing period of 28 days. The test results for the compressive strength of normal porous concrete with a water cement (fas) factor of 0.30 and 0.35 are 6.658 Mpa and 4.435 Mpa, then for porous concrete mixed with sea water with a water cement (fas) factor of 0.30 and 0.35, namely 6,700 Mpa and 3,374 Mpa. The test results show that the sea water mixture in porous concrete does not affect the compressive strength of porous concrete, whereas the use of variations in the water cement factor (fas) shows that the compressive strength of porous concrete, both normal porous concrete and porous concrete mixed with sea water, has decreased. as the value of the water cement (fas) factor used increases.

Keywords: porous concrete; sea water; water cement ratio; compressive strength

Abstrak. Beton porous memiliki porositas yang tinggi sehingga rongga pada beton tersebut dapat dilewati air. Pengaplikasian beton porous biasanya untuk area parkir, trotoar pejalan kaki, bahu jalan, drainase, jalan dengan volume lalu lintas rendah. Negara Indonesia adalah negara kepulauan, sebagian besar wilayah Indonesia berada di tepi laut sehingga sangat memungkinkan untuk menggunakan air laut sebagai bahan campuran pengganti air tawar untuk beton porous. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan pada beton porous campuran air laut dan beton porous normal dengan variasi faktor air semen (fas). Pada penelitian ini menggunakan campuran beton dengan faktor air semen (fas) 0,30 dan 0,35. Benda uji yang digunakan adalah benda uji beton silinder 15x30 cm untuk uji kuat tekan, pengujian pada beton porous dilakukan ketika masa perawatan 28 hari. Hasil pengujian untuk kuat tekan beton porous normal dengan faktor air semen (fas) 0,30 dan 0,35 yaitu 6,658 Mpa dan 4,435 Mpa, kemudian untuk beton porous dengan campuran air laut dengan faktor air semen (fas) 0,30 dan 0,35 yaitu 6,700 Mpa dan 3,374 Mpa. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran air laut pada beton porous tidak mempengaruhi kuat tekan pada beton porous, sedangkan untuk penggunaan variasi faktor air semen (fas) menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton porous baik itu beton porous normal dan beton porous dengan campuran air laut mengalami penurunan seiring bertambahnya nilai faktor air semen (fas) yang digunakan.

Kata kunci: Beton porous; Air laut; Faktor air semen; kuat tekan.

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan, yang terdiri dari 17.504 pulau dan berdasarkan hasil Konvensi Laut Internasional, luas wilayah laut Indonesia mencapai 5,9 juta km² (Lasabuda, R 2013). Kota Parepare, Sulawesi Selatan adalah salah satu daerah yang berada di tepi laut, dalam arti bahwa terdapat potensi untuk memanfaatkan air laut untuk dijadikan bahan pencampuran beton. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air

minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lainlain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Untuk kasus tertentu seperti pada daerah yang terisolir air tawar atau pada kota-kota yang sudah susah memperoleh air bersih, maka tidak menutup kemungkinan air laut dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton. Pada daerah-daerah tertentu, air bersih dapat merupakan barang ekonomis, harus hemat dan terkontrol penggunaannya. Hal ini terdapat di daerah pesisir pantai ataupun pulau kecil dimana air bersih merupakan barang yang sangat berharga. Air bersih lebih diperuntukkan untuk kegiatan domestik, rumah tangga. Seperti memasak, mencuci dan mandi. Sebaliknya di tempat-tempat tersebut air laut merupakan barang bebas, yaitu barang yang orang dengan mudah mendapatkannya.

Beton porous memiliki banyak nama yang berbeda diantaranya adalah beton tanpa agregat halus (*zero-fines concrete*), beton yang dapat tembus (*pervious concrete*), dan beton berpori (*porous concrete*). Beton porous adalah beton yang terbentuk dari campuran semen portland, agregat kasar, sedikit atau tidak sama sekali agregat halus, dan air (Made, dkk 2021). Beton porous 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 porous menggunakan sedikit atau tanpa agregat halus dan memiliki cukup pasta semen untuk melapisi permukaan agregat kasar dan untuk menjaga interkoneksi pori. Beton porous secara tradisional digunakan untuk area parkir, di daerah lampu lalu lintas, dan trotoar untuk pejalan kaki (NRMCA, 2004).

Sebagian besar jalan di Indonesia kini berupa aspal atau beton yang tidak dapat menyerap air seperti tanah, jika ditambah drainase yang tidak berfungsi dengan baik, hal ini membuat air tergenang di jalan dan jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama dengan intensitas curah hujan yang tinggi yang 2 berlangsung panjang, maka beresiko menimbulkan banjir. Dari tahun ke tahun, terjadi peningkatan pembetonan lahan. Meskipun betonisasi sulit dihindari karena merupakan salah satu aspek dalam perkembangan infrastruktur untuk kemajuan pembangunan suatu daerah, kasus ini harus menjadi perhatian khusus karena dapat menimbulkan bencana banjir yang semakin parah serta merugikan masyarakat (Monica, dkk., 2019).

Salah satu masalah yang masih banyak di temukan di kota Parepare ketika musim hujan terjadi adalah genangan air di permukaan jalan yang dapat menyebabkan berkurangnya kualitas lingkungan dan mengganggu aktivitas lalu lintas daerah setempat, dengan diaplikasikannya beton porous pada bahu jalan maka limpasan air dari jalan diharapkan akan terserap kedalam

tanah, dan dapat berkurangnya debit air pada saluran drainase. 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. Tegas.id, (2020) mengatakan genangan air di beberapa jalan di Parepare sangat mengganggu pengendara dan kesulitan untuk melintasi jalan, sehingga warga sangat mengeluhkan dan meminta pemerintah untuk mengatasi persoalan tersebut. Beton permeabel, juga dikenal sebagai beton berpori, digunakan untuk mengurangi banjir lokal di daerah perkotaan karena memungkinkan air mengalir melaluinya infrastruktur yang biasanya kedap air. Namun, beton permeabel menunjukkan hilangnya kinerja dari waktu ke waktu karena penyumbatan yang disebabkan oleh penumpukan partikel sedimen di permukaan atau di dalam struktur pori. (Kia, dkk., 2018) Memprediksi efek penyumbatan kinerja jangka panjang beton permeabel menantang dan saat ini tidak ada cara yang dapat diandalkan untuk mengkarakterisasi potensi penyumbatan untuk memungkinkan perbandingan kinerja antara sistem perkerasan yang berbeda tempat. Ini penting karena memungkinkan desainer dan pemilik aset untuk melakukannya membuat keputusan yang lebih baik, mengembangkan strategi pemeliharaan yang efektif dan memberikan prediksi masa pakai yang akurat.

Air merupakan bahan campuran yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, perawatan beton (curing) setelah dicor (Tjokrodinuljo, 1996). Fungsi dari air untuk membasahi agregat dan memberi kemudahan dalam pengerjaan, namun, penggunaan air juga dapat berpengaruh pada kuat tekan beton. Penggunaan faktor air semen (fas) yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air sehingga mengakibatkan pada saat kering beton mengandung banyak pori udara yang berdampak pada kuat tekan beton yang rendah. Penggunaan fas yang rendah dapat meningkatkan kuat tekan beton namun kemudahan pekerjaan akan semakin sulit sehingga dibutuhkan bahan tambahan kimia. Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap: Sifat workability adukan beton; Besar kecilnya nilai susut beton; Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu; Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Pengalaman dan rekomendasi oleh sejumlah besar peneliti dan pejabat terhadap penggunaan air laut saling bertentangan, beberapa melaporkan hasil yang menyatakan akibat buruk, sedang laporan lain menyatakan tak ada pengaruh yang merugikan Kasus tertentu seperti pada daerah yang terisolir air tawar atau pada kota-kota yang sudah susah memperoleh air bersih, maka tidak menutup kemungkinan air laut dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton. Seperti yang dilansir oleh Mohammed dkk. (2004), menyatakan bahwa dalam kondisi yang tidak dapat dihindari maka air laut dapat digunakan pada beton polos. Otsuki dkk. (2011), juga mengatakan bahwa penggunaan air laut dimungkinkan untuk digunakan dengan syarat menggunakan semen campur dan memberikan kekebalan pada baja tulangan atau inhibitor.

METODELOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu hasil yang menghubungkan antar variabel– variable yang diselidiki. penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

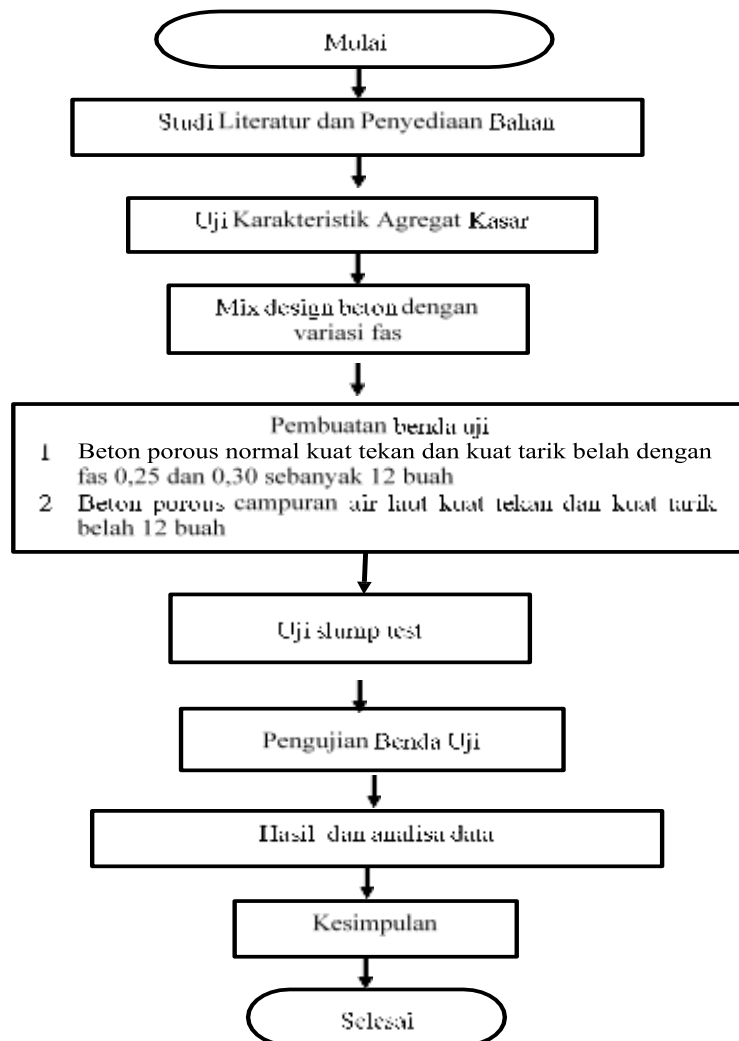
Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Agregat Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar; Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland dengan merek dagang tonasa; Air Laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal pantai Cempae.

Prosedur Standar Penelitian

- a. Persiapan Meliputi pengurusan izin pemakaian laboratorium, persiapan material, dan persiapan peralatan. Sampel air laut yang dijadikan bahan penelitian berasal dari pantai Lumpue. Air laut yang dijadikan sampel berada 200 meter dari tepi pantai;
- b. Pemeriksaan Material terdiri dari analisa saringan, berat isi agregat, beras jenis, kadar air, keausan agregat, dan kadar lumpur;
- c. Perencanaan Mix Desain Perencanaan proporsi campuran untuk mix desain beton porous berdasarkan ACI 522R-10;
- d. Pembuatan Beton Segar Tujuan pengadukan beton dan pembuatan silinder beton atau balok beton adalah sebagai berikut: Mengetahui reaksi yang terjadi dalam adukan dan mengetahui bahan-bahan yang digunakan sesuai syarat yang telah ditentukan; Menghasilkan sample beton untuk bahan uji; Mengetahui hasil dari percobaan yaitu berat beton yang dihasilkan; Mengetahui jumlah air yang keluar per cm² pada permukaan beton uji; Mengetahui pengaruh bleeding terhadap beton;

- e. Pengujian Nilai Slump Tujuan pengujian ini adalah sebagai berikut: Mengetahui pengaruh besar kecilnya nilai slump pada beton segar; Mengetahui pengaruh nilai slump terhadap mutu beton;
- f. Pembuatan Benda Uji Benda uji dibuat dengan menggunakan silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm;
- g. Perawatan Dalam penelitian ini perawatan yang digunakan adalah perendaman dalam air, yang dilakukan di bak perendaman Labolatorium UM Parepare dengan umur 28 hari;
- h. Pengujian Kuat Tekan Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk mencari perbandingan kuat tekan rencana dengan kuat tekan yang dihasilkan dari beberapa umur rencana 28 hari;
- i. Hasil dan Pembahasan: Analisa dan pembahasan didapat setelah pengujian benda uji beton, lalu dilakukan analisa kuat tekan benda uji beton.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar. Hasil pengujian di tunjukkan pada rekapitulasi percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (sumber: hasil pengolahan data)

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-rata	Keterangan
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1,0%	0,80%	0,90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	17,2%	15,0%	16,1%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,52%	1,11%	1,32%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,48	1,79	1,64	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,71	1,86	1,79	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1,71%	2,67%	2,19%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,65	2,65	2,65	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,54	2,47	2,51	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,58	2,54	2,56	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	7,16	7,30	7,23	Memenuhi

Perencanaan Campuran Beton Porous (Mix Desain)

Perencanaan campuran beton porous (mix desain) bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran antara semen, agregat kasar, dan air. Mix desain beton porous dihitung berdasarkan metode ACI 522 R Pervious Concrete dengan hasil data sebagai berikut: 1 Data Material Kadar Rongga Udara = 20 % Berat volume lepas agregat kasar = 1,639 Berat volume padat agregat kasar = 1,787 Berat jenis = 3,00 Fas rencana = 0,30 dan 0,35 Berat jenis (SSD) agregat kasar = 2,56 55 Penyerapan agregat kasar = 2,19 %.

Tabel 2. Perkiraan volume padat tiap 1m³ beton (sumber: hasil pengolahan data)

No	Perkiraan volume padat tiap 1m ³ beton (m ³)	Fas 0,30	Fas 0,35
1	Volume air	0,113	0,121
2	Volume padat semen	0,125	0,115
3	Volume absolute	0,588	0,588
4	Jumlah volume padat	0,825	0,824

Tabel 3. Komposisi mix desain 1 m³ (sumber: hasil pengolahan data)

No	Komposisi mix desain 1 m ³ (kg)	Fas 0,30	Fas 0,35
1	Berat semen	375	346,15
2	Berat air	112,5	121,154
3	Berat agregat kasar	1536,829	1536,829
4	Total berat	2024,3	2004,14

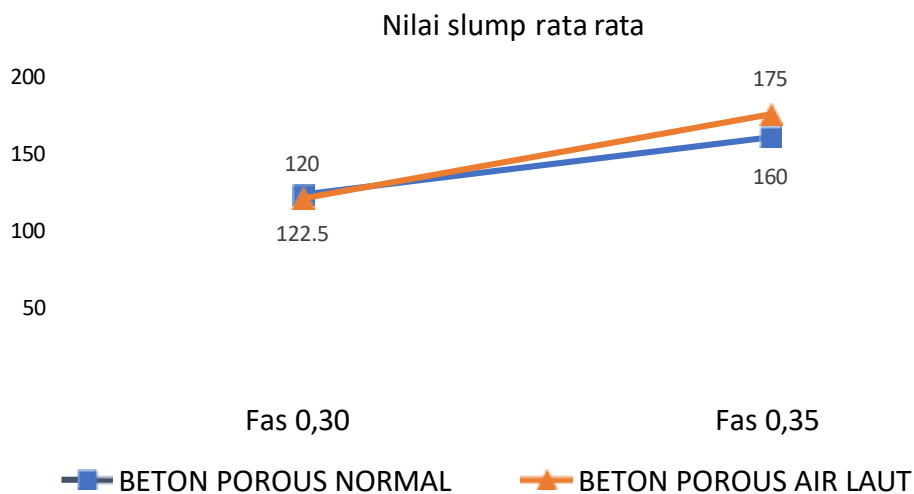
Nilai slump

Pengujian nilai slump test dilakukan dengan kerucut Abrams, terlebih dahulu membasahi kerucut Abrams kemudian meletakkannya pada permukaan yang rata. Kemudian diisi dengan 3 lapis beton segar, tiap lapis diisi $\frac{1}{3}$ volume kerucut Abrams dan ditusuk sebanyak 25 kali, hingga mencapai dasar tiap lapis setelah kerucut diisi, kemudian bagian atas diratakan. Dalam waktu sekitar 30-62 detik, kerucut perlahan-lahan dinaikkan lurus secara vertikal, setelah itu nilai penurunan ditentukan dengan mengukur selisih tinggi campuran dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. Hasil pengujian nilai slump (sumber: hasil pengolahan data)

No	Variasi campuran beton porous	Slum rata-rata (mm)	
1	Fas 0,30 beton porous normal	105	122,5
		140	
2	Fas 0,30 campuran air laut	130	120
		110	
3	Fas 0,35 beton porous normal	170	160
		150	
4	Fas 0,35 campuran air laut	180	175
		170	

Berdasarkan hasil data penelitian pada tabel diatas, terjadi perbedaan nilai slump antara masing-masing variasi. beton porous normal dan beton porous dengan campuran air laut dengan umur perawatan 28 hari diperoleh nilai slump test yang tidak memenuhi rencana yaitu 75-100 mm. Variasi beton porous normal dengan faktor air semen (FAS) 0,30 memiliki nilai slump rata-rata sebesar 122,5 mm, kemudian faktor air semen (FAS) 0,35 sebesar 160 mm. Beton porous dengan campuran air laut dengan faktor air semen (FAS) 0,30 memiliki nilai slump rata-rata sebesar 120 mm dan faktor air semen (FAS) 0,35 diperoleh nilai slump rata-rata sebesar 175 mm.



Gambar 2. Perbandingan nilai slump setiap variasi

Dari gambar 2 diatas, terlihat perbedaan nilai slump seiring bertambahnya nilai faktor air semen (FAS), hal itu dipengaruhi oleh semakin tinggi nilai faktor air semen (FAS) maka semakin banyak air yang digunakan dalam campuran beton porous.

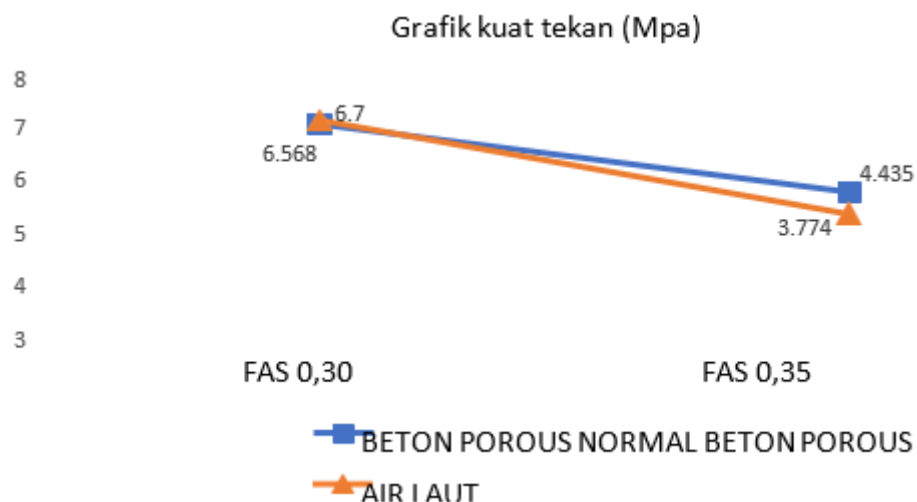
Kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah masa perawatan beton porous berusia 28 hari. Sampel beton porous terdiri dari 4 variasi yaitu beton porous normal dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yang terdiri dari 6 sampel benda uji, kemudian beton porous campuran air laut dengan faktor air semen yang sama yaitu 0,30 dan 0,35 yang terdiri dari 6 sampel benda uji. 122.5 160 120 175 0 50 100 150 200 Fas 0,30 Fas 0,35 Nilai slump rata rata BETON POROUS NORMAL BETON POROUS AIR LAUT 64 Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton porous dengan masa perawatan 28 hari dapat dilihat dari tabel sebagai berikut:

Tabel 5. hasil pengujian kuat tekan beton porous umur perawatan 28 hari

No	Variasi beton porous	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)
1	Fas 0,30 BPN	10,237	116,0	6,568
2	Fas 0,30 BPAL	9,813	118,3	6,700
3	Fas 0,35 BPN	9,797	78,3	4,435
4	Fas 0,35 BPAL	9,850	66,7	3,774

Hasil pengujian kuat tekan beton porous merupakan nilai rata-rata dari tiga sampel pada masing masing variasi faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 beton porous, begitu pun dengan beton porous campuran air laut dengan fas yang sama yaitu 0,30 dan 0,35. Beton porous normal dengan FAS 0,30 memiliki nilai kuat tekan sebesar 6,568 Mpa, dan FAS 0,35 sebesar 4,435 Mpa. Beton porous dengan campuran air laut memiliki nilai kuat tekan yang hampir sama dengan beton porous normal, yaitu sebesar 6,700 Mpa pada variasi faktor air semen (FAS) 0,30 dan faktor air semen (FAS) 0,35 sebesar 3,774 Mpa.



Gambar 3. Grafik pengujian kuat tekan (sumber: hasil pengolahan data)

Dari gambar 3 diatas, dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan pada beton porous baik itu normal maupun menggunakan air laut mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisa dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton porous umur perawatan 28 hari, kuat tekan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya faktor air semen (FAS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata antara beton porous normal dengan beton porous campuran air laut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Beton porous normal dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yaitu 6,568 Mpa dan 4,435 Mpa. Beton porous campuran air laut dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yaitu 6,700 Mpa dan 3,774 mpa.
2. Dari hasil analisa hasil pengujian kuat tekan dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah seiring bertambahnya nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. B. (2018). Investigasi Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton. INTEK: Jurnal Penelitian, 5(1), 48. <https://doi.org/10.31963/intek.v5i1.200>
- ASTM C 469-02. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- Celien Quinli Ondang, Steenie E. Wallah, & Windah, R. S. (2020). Sifat Mekanik Dan Permeabilitas Beton Porous. Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi Manado, 8(4), 4–9.
- Desmaliana, E., Hazairin, H., Herbudiman, B., & Lesmana, R. (2020). Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen. Jurnal Teknik Sipil, 15(1), 19–29. <https://doi.org/10.24002/jts.v15i1.3147>
- Ginting, A. (2010). Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus. Prosiding Seminar Nasional, 2000, 377–383.
- Ginting, A. (2019). Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous dengan Bahan Pengisi Styrofoam. Jurnal Teknik Sipil, 11(2), 76–98. <https://doi.org/10.28932/jts.v11i2.1404>

- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) menggunakan Air Laut terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Kia, A., Wong, H. S., & Cheeseman, C. R. (2018). Defining clogging potential for permeable concrete. *Journal of Environmental Management*, 2020 (April), 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.016>
- Nasrul, S., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2021). Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton Berpori. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 04, 1–8. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v4i1.1122>
- Pandei, R. W., Supit, S. W. M., Rangan, J., & Karwur, A. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Pemanfaatan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Berpori (Pervious Concrete). *Jurnal PoliTeknologi*, 18(1), 45–52. <https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1288>
- Pascasarjana, P., & Hasanuddin, U. (2013). PERILAKU MEKANIK BETON YANG MENGGUNAKAN AIR LAUT MECHANICAL BEHAVIOR OF CONCRETE USING SEA WATER.
- Prabowo, D. A., Setyawan, A., & Sambowo, K. A. (2013). Desain Beton Berpori Untuk Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(2), 96–102.
- Pujianto, A., Prayuda, H., Zega, B. C., & Afriandini, B. (2019). Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai. *Semesta Teknika*, 22(2), 112–122. <https://doi.org/10.18196/st.222243>
- Standar Nasional Indonesia. 15-7064-2004. Semen Portland Komposit.
- Syam, L. M., Sains, F., Teknologi, D. A. N., & Makassar, U. I. N. A. (2017). UJI KARAKTERISTIK NANOPARTIKEL MAGNETIT (Fe_3O_4) MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPY.