

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202440220, 21 Mei 2024

Pencipta

Nama : **Adnan**
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan, 91112
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Adnan**
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan 91112
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Karya Ilmiah**
Judul Ciptaan : **BETON POROUS MEMANFATKAN MATERIAL LAUT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 14 Maret 2024, di Parepare
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000615576

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b

Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

IGNATIUS M.T. SILALAH
NIP. 196812301996031001

BETON POROUS MEMANFATKAN MATERIAL LAUT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

Oleh : ADNAN

Email : ferlywijaya774@gmail.com

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 dan kuat tarik belah 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 untuk tiap variasi adalah 3 benda uji beton silinder 15x30 cm untuk uji kuat tekan dan kuat tarik belah, pengujian pada beton porous dilakukan ketika masa perawatan 28 hari. Hasil pengujian untuk kuat tekan beton porous normal dengan variasi 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. Hasil pengujian untuk kuat tarik belah beton porous normal dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yaitu 2,370 Mpa dan 1,452 Mpa, sedangkan untuk beton porous dengan campuran air laut dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yaitu 2,222 Mpa dan 1,674 Mpa. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran air laut pada beton porous tidak mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton porous, sedangkan untuk penggunaan variasi faktor air semen (FAS) menunjukkan bahwa kuat tekan dan kuat tarik belah 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; kuat tekan; kuat tarik belah; faktor air semen;

PENDAHULUAN

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 berlangsung panjang, maka beresiko menimbulkan banjir. Dari tahun ke tahun, terjadi peningkatan pembeconan 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 ditemukan 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 ke dalam 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 melalui 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.

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 lain- lain, 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.

Dunia teknik sipil terutama pada negara maju telah memikirkan tentang tantangan kedepan akan berkurangnya potensi air bersih (air tawar) yang dapat digunakan sebagai bahan pencampuran beton, terlebih lagi pembangunan infrastruktur semakin meningkat yang seiring dengan penggunaan air bersih yang dibutuhkan juga semakin banyak. Data dari PBB dan Organisasi Meteorologi Dunia memprediksi sekitar 5 Milyar orang akan kekurangan air bersih bahkan air minum (Conference on Our World in Concrete and Structure di Singapura 2011). 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 inhibito. Fakta yang terjadi sekarang ini, ada beberapa wilayah dikepulauan sering menggunakan air yang terkontaminasi dengan klorida tinggi (air laut) bahkan menggunakan pasir pantai untuk pencampuran beton.

Dari fenomena tersebut diatas, dengan melihat potensi sumber air laut yang begitu melimpah maka ada pemikiran untuk menggunakan air laut sebagai bahan pencampuran beton, yang terkhusus pada lokasi- lokasi yang sering berinteraksi dengan air laut. (Mansur, 2013) Dari tersebut diatas, dengan melihat potensi sumber air laut yang begitu melimpah maka ada pemikiran untuk menggunakan air laut sebagai bahan pencampuran beton. Dalam penelitian ini akan mengkaji tentang pengaruh kuat beton porous dengan menggunakan campuran air laut.

Beton Porous

Beton berongga (porous concrete, pervious concrete, no fine concrete, permeable concrete) adalah beton tanpa agregat halus dan hanya terdiri dari agregat kasar, semen dan air. Dengan rongga-rongga yang saling berhubungan maka air dapat masuk kedalam tanah. Ronggarongga tersebut juga bermanfaat untuk menyaring kotoran sehingga tidak terbawa kedalam tanah atau saluran air.



Gambar 1. Beton berpori Dituangkan Air
Sumber: Florida Concrete & Product Association)

Di atas beton berongga dapat ditutupi tanah, ditanami rumput dan bawah rerumputan diharapkan sejumlah mikroba dapat hidup. Rerumputan tersebut bersama dengan rongga-rongga yang tidak tertutupi tanah dapat menyerap energi sinar matahari. Penggunaan beton berongga sebagai lapisan permukaan jalan dapat menjadi salah satu metode untuk memperbaiki siklus hidrologi air dan menanggulangi efek pemanasan efek pemanasan global. Jika dilihat dari bentuk beton berpori memiliki tekstur yang lebih kasar daripada beton normal padat, dimana teksur kasar ini dihasilkan oleh rongga yang ada pada beton. Jika digunakan untuk perkerasan, tekstur kasar dan berongga ini membuat perkerasan beton berpori memiliki suhu permukaan yang lebih rendah daripada perkerasan lentur, tekstur kasar juga membuat permukaan beton berpori menjadi lebih kasar dibandingkan dengan perkerasan normal.



Gambar 2. Perbedaan Tekstur Permukaan Beton Berpori Dengan Beton Normal
(Sumber: FloridaConcrete&ProductAssociation)

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Jika butir agregat memiliki ukuran yang sama (seragam) maka volume pori besar. Jika butir agregat memiliki ukuran bervariasi maka volume pori kecil, karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga porinya sedikit dan kemanfaatannya tinggi. Gradasi seragam adalah gradasi yang memiliki ukuran sama atau seragam, sedangkan gradasi menerus adalah gradasi yang memiliki semua ukuran butir dan terdistribusi dengan baik (Tjokrodinuljo, 1996). Pada pembuatan beton porous biasanya disarankan untuk menggunakan agregat kasar bergradasi seragam. Agregat kasar bergradasi seragam sulit didapatkan di pasaran dan biasanya yang tersedia adalah agregat kasar bergradasi menerus.

Material Penyusun Beton

a) Semen Portland Komposit

Berdasarkan SNI-15-2049-2015 tentang spesifikasi semen Portland, Portland Composite Cement (PCC) didefinisikan sebagai pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama klinker semen Portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan organik lain. Bahan anorganik antara lain pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen. Dari uraian tersebut maka PCC termasuk kedalam kategori special blended cement yang memiliki spesifikasi berbeda dengan semen OPC. Kadar silika yang tinggi dari bahan pozzolan tersebut akan menyebabkan jenis semen ini agak lambat mengeras dan panas hidrasinya rendah, namun kekuatan beton masih dapat meningkat lagi secara signifikan berumur 28 hari. Walaupun kekuatan awalnya relatif rendah, namun dengan perawatan yang baik dan teratur bisa menghasilkan kekuatan akhir yang tidak jauh berbeda dengan penggunaan semen Portland normal. Disamping itu, karena sifat pozzolan yang mampu mengikat kalsium-hidroksida, maka kekuatan beton yang dihasilkan terhadap korosi sulfat juga akan menjadi lebih baik. Demikian pula terhadap pengaruh reaksi alkali agregat, semen PCC pada umumnya menunjukkan

ketahanan yang lebih baik dibandingkan semen Portland biasa pada kondisi tertentu, karena sifat-sifat tersebut maka PCC dapat digunakan pada bangunan-bangunan yang memiliki masa besar seperti dam, atau komponen pondasi yang memiliki volume besar dan dengan kondisi air tanah yang korosif atau juga untuk bangunan sipil pada lingkungan yang agresif sulfat seperti dermaga dan bangunan-bangunan lain yang mengkondisikan panas hidrasi rendah dan tidak memerlukan kekuatan awal beton yang tinggi. Penggunaan semen Portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding, dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, panel beton, bata beton, dan sebagainya. Syarat Kimia Syarat kimia untuk semen Portland Komposit mengikuti SNI 15-2049- 2015 tetapi pada semen Portland Komposit kandungan SO₃ maksimum 4,0%.

Tabel 1. Syarat fisika semen portland komposit (Sumber: SNI 15-7064-2004)

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat blaine	m ² /kg	min.280
2	Kekekalan dengan auto clave	%	min.45
	pemuaian	%	maks.375
	penyusutan		
	Waktu pengikatan dengan alat vicat:		
3	Pengikatan awal	menit	min.45
	Pengikatan akhir	menit	maks.375
	Kuat tekan:		
	Umur 3 hari	kg/cm ²	min.125
4	Umur 7 hari	kg/cm ²	min.200
	Umur 28 hari	kg/cm ²	min.250
5	Pengikatan semu:	%	min.50
	a.penetrasi akhir		
6	Kandungan udara dalam mortar	%volume	maks.12

b) Agregat Kasar

Agregat kasar beton dapat berupa kerikil hasil disintegrasi alami dari batu- batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agrgat dengan besar butiran 5 mm. Jenis agregat ini permukaannya kasar dan banyak memerlukan air untuk penggunaan dalam beton serta kegunaannya cukup bagus. Syarat-syarat kasar agregat antara lain :

- Agregat kasar harus terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang tidak mengandung butir-butir pipih hanya dapat digunkan bila jumlah butir pipih tersebut tidak lebih dari 20% dari jumlah keseluruhan agregat. Butir-butir agregat harus tahan terhadap cuaca.
- Agregat kasar tidak mengandung lumpur lebih dari 1% ditentukan terhadap berat kering. Yang diartikan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui saringan no. 200 (saringan ASTM) atau saringan 0,063 mm. Bila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci dulu sebelum digunakan.
- Agregat kasar tidak boleh mangandung zat-zat reaktif alkali yang dapat memecahkan beton jika zat tersebut bereaksi dengan alkali Na₂O dan K₂O dalam semen Portland.
- Kekerasan butiran agregat kasar dapat diperiksa dengan menggunakan mesin Los Angeles dimana tidak lolos 50% saringan no. 12 (ASTM).
- Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan harus bergradasi baik. Butiran-butiran agregat runcing dan sangat kasar. Butiran yang pipih dan memanjang membutuhkan lebih banyak semen untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Hal-hal tersebut diatas penting, bukan saja untuk agregat kasar tetapi juga untuk agregat halus. Biasanya agregat alam bentuknya bundar akan tetapi agregat yang diperoleh dari pemecahan batu yang sangat bersudut, pipih, sangat tipis dan sangat panjang sebaiknya tidak usah digunakan. Berdasarkan proses terjadinya, agregat kasar dapat dibagi atas :
 - Agregat alam; Kerikil alam adalah batuan yang diperoleh dari penghancuran batuan induk secara alamiah. Umumnya jenis ini berbentuk bulat. Bentuk seperti ini baik untuk pembuatan beton.

- b) Agregat buatan; Karena keterbatasan persediaan kerikil alam, maka untuk memenuhi kebutuhan kerikil biasanya ditempuh dengan cara pemecahan atau penghancuran batuan. Keuntungan penggunaan kerikil jenis ini dalam pembuatan beton adalah menghasilkan beton yang berkekuatan tinggi, tahan panas dan api. Umumnya pembuatan agregat bentuk ini banyak mengandung pori, sehingga beton yang dihasilkan lebih mahal jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan kerikil alam. Karena sifatnya berpori maka dapat memberikan perubahan yang berarti dalam pembuatan beton yaitu penyusutan dan pemuaian.

Karakteristik agregat kasar dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Bentuk butir dan keadaan permukaan
 - Bulat dan permukaannya licin, kasar berkrystal, berpori
 - Tidak beraturan
 - Bersudut tajam dan permukaannya kasar
 - Pipih
 - Memanjang, panjangnya lebih besar 3 kali dari lebarnya
- b. Kekuatan agregat. Pada umumnya kekuatan agregat tergantung dari jenis agregat, susunan mineral, struktur butir. Kekuatan agregat akan sangat berpengaruh pada kekuatan beton. Pengujian kekuatan agregat kasar, antara lain :
 - British Standard
 - Nilai hancur (crushing value)
 - Pukulan (impact value)
 - 10% nilai
 - America Standard
 - Pengujian geseran dan ketahanan dengan bejana LA
 - Dengan PB 71 yaitu bejana tekan Rudeloff
- c. Berat jenis agregat Berat jenis mutlak yaitu perbandingan antara suatu benda dengan berat air murni pada volume dan suhu yang sama dimana volume benda tidak termasuk pori-pori didalamnya. Berat jenis nyata sama dengan berat jenis mutlak tetapi volume pori-pori yang tidak tembus air. Keadaan SSD yaitu perbandingan berat antara suatu benda pada SSD dengan berat air murni pada volume dan suhu yang sama dimana volume benda, pori-pori yang tidak tembus diisi oleh air. Berat jenis kering asma dengan berat SSD dimana volume benda termasuk seluruh pori-pori yang terkandung dalam agregat.
- d. Pori-pori agregat Pori-pori pada agregat dibedakan atas :
 - Pori-pori yang tembus air
 - Pori-pori yang tidak tembus air

Besar kecilnya pori-pori sangat tergantung dari jenis batuan dan proses pembentukannya yang mempengaruhi daya serap agregat. Pada agregat dapat terjadi kondisi sebagai berikut :

- Kondisi kering mutlak
 - Kondisi kering udara
 - Kondisi kering permukaan (SSD)
 - Kondisi basah
- e. Berat isi agregat Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat dan isi, berat nilainya tergantung dari bagaimana padatnya kita mengisinya, bentuk butir dan susunan butirnya. Jadi meskipun berat jenis suatu benda sama namun tidaklah mutlak berat benda itu sama.

Syarat- syarat yang harus dipenuhi oleh agregat adalah sebagai berikut :

- Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm sesuai dengan persyaratan pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton.
- Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang tidak mengandung butir-butir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlah butirnya tidak melampaui 20% dari agregat seluruhnya. Agregat kasar tidak mudah hancur oleh perubahan cuaca.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan berdasarkan berat keringnya), yang dimaksud dengan lumpur dalam hal ini adalah bagian dari agregat yang lolos saringan no. 0,063 mm. Apabila kadar lumpurnya melebihi 1% maka agregat tersebut harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat reaktif alkali.
- Kekerasan dari butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban uji seberat 20 ton dan harus dapat memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - Tidak terjadi pembekuan sampai fraksi 9,5 – 1,9 mm lebih dari 24% terhadap berat.
 - Tidak terjadi pembekuan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih daripada 22% atau mesin Los Angeles beratnya tidak boleh melebihi 50% berat keseluruhan
- Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang bervariasi besarnya dan bila digunakan ayakan dengan susunan ayakan yang telah ditentukan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :Sisa pada ayakan 4 mm harus berkisar 90 – 98% dari berat; Selisih antara sisa kumulatif pada ayakan yang berukuran maksimum 60% dan minimum 10% dari berat.
- Berat butir agregat tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang- bidang samping dari cetakan, 1/3 dari tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang/berkasberkas tulangan. Penyimpangan dari batasan ini boleh dengan seizin ahli, cara-cara pengecoran apabila tidak terjadi sarang-sarang kerikil.
- Istilah-istilah :
 - Berat jenis spesifik adalah perbandingan antara berat kering agregat kasar dengan berat air suling pada tekanan volume sama.
 - Berat jenis spesifik kering permukaan jenuh (SSD) adalah perbandingan antara berat kering permukaan jenuh agregat kasar dengan berat air suling pada volume sama pada suhu t oC.
 - Berat jenis spesifik semu adalah perbandingan antara berat kering agregat kasar dengan berat air suling pada volume sama.
 - Penyerapan (absorption) adalah prosentase berat air yang dapat disimpan pori terhadap agregat kering.

Berikut adalah pengujian dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut;

1. Analisa Saringan / Gradasi Agregat Kasar (kerikil)

- 1) Tujuan pengujian; Untuk mengetahui susunan butir agregat kasar dari besar sampai halus untuk keperluan desain beton
- 2) Alat dan bahan
 - Mesin pengguncang saringan (sieve shaker)
 - Saringan untuk agregat kasar dengan ukuran; 1 1/2"; 1", 3/4" 3/8, No.4.
 - Pan dan cover
 - Timbangan
 - Oven
 - Kerikil 2000 gram
- 3) Prosedur percobaan
 - Ambil contoh agregat dengan cara perempat sebanyak 2000 gram.
 - Oven selama 24 jam.
 - Timbang agregat kering oven sebanyak 2000 gr. Kondisi suhu kamar.
 - Timbang saringan satu persatu, lalu susun menurut ukuran saringan. Mulai dari pan, lubang saringan terkecil dan seterusnya sampai lubang saringan terbesar. Masukkan benda uji pada saringan teratas kemudian tutup. Pasang saringan pada mesin saringan lalu hidupkan motor pengguncang selama 15 menit.
 - Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap.
 - Buka saringan tersebut, kemudian timbang masing-masing saringan beserta isinya.
 - Hitung berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.

- Hitung persentase berat tertahan, kumulatifkan untuk mendapatkan faktor kehalusan.
- Hitung persentase lolos.
- Plot ke dalam grafik hasil perhitungan lolos.

4) Analisis Perhitungan

$$F_{\text{kerikil}} = \frac{\% \text{ tinggal kumulatif} \geq \text{saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

dimana : F_{kerikil} = modulus kehalusan kerikil

Tabel 2. Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (Sumber: SNI 03- 2834-2000)						
Kerikil	Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan					
	Zone1		Zone2		Zone3	
	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah
1	100	95	100	100	100	100
$\frac{3}{4}$	70	30	100	95	100	90
$\frac{3}{8}$	35	10	55	25	85	40
.	-	-	-	-	-	-

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (kerikil)

- Tujuan Percobaan; Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan bulk apparent specific gravity dan absorpsi dari agregat kasar (kerikil) menurut ASTM C-128.
- Alat dan bahan
 - Kerikil 5000 gram
 - Talang (wadah)
 - Piknometer
 - Lap kain
 - Timbangan (Spesfik gravity)
 - Keranjang besi
 - Oven
- Prosedur percobaan
 - Ambil kerikil sebanyak 5000 gram.
 - Rendam selama ± 24 jam.
 - Setelah ± 24 jam, keringkan kerikil hingga mencapai keadaan kering permukaan (SSD).
 - Timbang kondisi SSD sebanyak 5000 gram di udara.
 - Timbang keranjang kosong dalam air.
 - Timbang keranjang + sampel SSD dalam air.
 - Keluarkan sampel dari keranjang dan oven selama ± 24 jam.an sampel dari oven, dinginkan lalu timbang untuk mendapatkan berat kering.
- Analisis perhitungan; Perhitungan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar digunakan rumus-rumus sebagai berikut.

$$\text{Apparent spesific gravity} = \frac{C}{C - B}$$

$$\text{Bulk spesific gravity on dry basic} = \frac{C}{A - B}$$

$$\text{Bulk spesific gravity SSD basic} = \frac{C}{A - B}$$

$$\text{Absorption (penyerapan)} = \frac{A - C}{C} \times 100\%$$

Dimana :

A = berat contoh kondisi SSD di udara (gram)

B = berat contoh kondisi SSD dalam air (gram)

C = berat contoh kering di udara (gram)

3. Pengujian berat volume agregat kasar (kerikil)

- a. Tujuan percobaan; Untuk menentukan berat isi agregat kasar (kerikil) baik dalam kondisi lepas maupun kondisi padat.
- b. Alat dan bahan
 - Agregat kasar (kerikil)
 - Bohler
 - Timbangan
 - Tongkat pemadat
- c. Prosedur pengujian
 - Kondisi Lepas
 - Ukur volume Bohler.
 - Timbang Bohler dalam keadaan kosong.
 - Isi Bohler dengan kerikil sampai penuh.
 - Ratakan permukaan Bohler dengan alat perata.
 - Timbang berat kontainer + kerikil.
 - Kondisi Padat
 - Ukur volume Bohler.
 - Timbang berat Bohler
 - Masukkan agregat kasar (kerikil) ke dalam Bohler $\pm 1/3$ bagian lalu tumbuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
 - Ulangi prosedur (3) untuk lapis ke-2.
 - Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas Bohler lalu tusuk kembali sebanyak 25 kali.
 - Ratakan permukaannya dengan alat perata.
 - Timbang berat Bohler + kerikil.
- d. Analisa perhitungan

$$\text{Berat Volume agregat} = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

Dimana :

W1 = berat bohler (kg)

W2 = berat bohler + kerikil (kg)

V = volume bohler (cm³)

4. Pemeriksaan kadar air agregat kasar (kerikil)

- a. Tujuan pengujian; Untuk menentukan kadar air agregat kasar (kerikil) dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat kadar air beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton.
- b. Alat dan bahan
 - Kerikil 1000 gram
 - Timbangan
 - Talang (wadah)
 - Oven
- c. Prosedur pengujian
 - Timbang talang kosong yang digunakan.
 - Kerikil ditimbang untuk memperoleh berat basah (kondisi lapangan).
 - Setelah itu dioven selama 24 jam dengan suhu 100oC.
 - Setelah ± 24 jam, dinginkan lalu timbang kembali untuk mendapatkan berat kering
- d. Analisis perhitungan

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{C - D}{D} \times 100\%$$

Dimana :

C = berat basah (kondisi lapangan)

D = berat kering (setelah dioven)

5. Pemeriksaan kadar lumpur (ASTM C117-95/SNI 03-4142-1996)

- a. Tujuan pengujian; Untuk mengetahui kadar lumpur (lempung) pada kerikil dengan cara pencucian.
- b. Alat dan bahan
 - Kerikil 1000 gram
 - Talang (wadah)
 - Oven
 - Timbangan
 - Saringan no. 200
- c. Prosedur Pengujian
 - Oven kerikil sebanyak 1000 gram selama 24 jam.
 - Setelah 24 jam, timbang kembali kerikil tersebut untuk mendapatkan berat kering.
 - Setelah ditimbang cucilah kerikil dengan cara :
 - i. Masukkan kedalam saringan no. 200 dan diberi air pencuci secukupnya, sehingga benda uji terendam.
 - ii. Guncang-guncangkan saringan tadiselama ± 5 menit.
 - iii. Ulangi prosedur 3a dan 3b diatas, hingga air pencuci menjadi jernih (lumpur hilang).
 - Setelah dicuci dikeringkan lagi dengan oven selama 24 jam dengan suhu 100oC.
 - Setelah dioven, timbang kembali kerikil tersebut untuk mendapatkan berat kering.
- d. Analisis Hitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana

A = berat kering sebelum dicuci (gram)

B = berat kering setelah dicuci (gram)

6. Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 2417:2008)

- a. Tujuan pengujian Untuk mengetahui keausan agregat yang diakibatkan oleh faktor- faktor mekanis



Gambar 3. Mesin Los Angeles

- b. Alat dan bahan
 - Los Angeles Abrasion Machine
 - Talang (wadah)
 - Bola baja
 - Pan
 - Saringan no. 12
 - Kerikil

c. Prosedur pengujian

- Ambil benda uji (kerikil) yang akan diperiksa, lalu cucisampai bersih.
- Keringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110oC.
- Ambil sampel sebanyak 5000 gram.
- Masukkan sampel pada drum abrasi beserta bola baja.
- Tutup kembali drum abrasi.
- Atur angka pada counter sesuai jumlah putaran yang diinginkan.
- Tekan tombol start, sehingga drum berputar.
- Setelah drum berhenti, pasang talang dibawah drum.
- Buka tutup tekan tombol inching sehingga drum terbalik, sehingga agregat dan bola baja tertampung pada talang.
- Saring agregat dengan saringan no. 12 dan agregat yang tertahan dicuci sampai bersih.
- Keringkan dengan oven selama 24 jam.
- Timbang berat keringnya.

d. Analisis perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana:

A = berat kering setelah dicuci (gram)

B= berat kering setelah abrasion test (gram)

c) Air

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:

- a. Sifat workability adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
- d. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

d) Air Laut

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.

e) Slump Test

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekecekan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai workability tinggi). Bila tidak

terjadi crumbling atau collapse maka slump adalah indikasi kelembutan (softness) sebagai lawan kekakuan (stiffness) dari campuran. Runtuh (collapse) sering terjadi pada beton yang kurang pasir (lean), menandakan rendahnya kohesi dan rendahnya kemampuan beton segar untuk berdeformasi plastis. Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan maka slump test berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah.

Pengujian dengan slump flow dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (Filling Ability). Hal ini dapat dilihat dari diameter lingkaran campuran beton untuk mengukur filling ability dari campuran beton. Metode pengujian dengan slump cone merupakan metode yang simple, cepat dan mudah dilakukan di lapangan. Metode pengujian slump cone ini tidak dapat mengindikasikan kemampuan beton untuk menahan segregasi. Pengujian slump cone sangat menguntungkan untuk menjagakonsistensi campuran beton yang direncanakan dan dibuat. Di dalam pengujian dengan menggunakan slump cone, terdapat suatu batasan-batasan dimana kategori SCC dikatakan masuk dalam syarat filling ability yang baik. Batasan dalam alat uji slump cone, campuran beton dikategorikan SCC harus mampu mencapai diameter 50 cm (Anggi dkk., 2019).

f) Pengujian Kuat Tekan

Pembuatan benda uji untuk kuat tekan adalah dengan cara memasukkan beton berongga yang masih segar (fresh concrete) secara tiga lapis ke dalam cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan cara menusuk-nusuknya dengan sebatang besi tumpul berdiameter 1 cm sebanyak 25 kali kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali dengan balok kayu. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada umur 28 hari berdasarkan ASTM C39/C39M-01. Menurut National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA, 2011) dan ACI 522R10 beton berpori mempunyai nilai tekan seperti pada tabel 2.3 Berikut ini:

Tabel 3. Kuat tekan beton berpori. (NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10		
Nilai	NRMCA, 2011 (MPa)	ACI522R-10 (MPa)
Minimum	3,5	2,8
Maksimum	28	28

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap. Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f'c = \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana:

$f'c = \sigma$ = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Permukaan Sampel (mm²)

g) Pengujian Kuat Tarik Belah

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tarik belah beton dan untuk mengetahui pola keretakan beton yang terjadi. Nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan. Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agrerat ringan. Benda – benda uji yang dibuat harus memenuhi persyaratan ukuran, pencetakan, dan perawatan yang ditetapkan dalam SNI 03 - 4810 – 1998 (benda uji yang dibuat di lapangan) dan SNI 03 – 2493 – 1991 (benda uji yang dibuat di laboratorium). Benda uji yang dipelihara dalam kondisi lembab, pada tenggang waktu menunggu pengujiannya, harus dijaga agar tetap lembab dengan jalan yang menyelimutinya dengan kain atau karung basah dan harus segera diuji dalam keadaan lembab. Alat-alat yang digunakan dalam uji tekan beton sebagai berikut.

1. Mesin uji tekan untuk uji kuat tarik belah

2. Pelat penekan dengan permukaan rata dengan panjang melebihi ukuran benda uji dan lebar tidak kurang dari 50 mm serta ketebalan tidak kurang dari tebal meja penekan
3. Alat bantu penandaan dan penempatan benda uji
4. Jangka sorong dan alat penata beban.
5. Bahan penunjang uji lainnya terdiri dari dua bush bantalan penekan terbuat dari kayu lapis dengan tebal 13 mm, lebar ± 25 mm

Tahapan pelaksanaan

- Ambil benda uji dari tempat perawatan
- Bungkus dengan kain basah dan bersihkan
- Catat identitas, tipe, jenis, umur, kondisi, berat, diameter, dan panjang
- Pasang lapisan perata beban diatas benda uji dan letakan pada alat kuat tekan
- Jalankan alat kuat tekan dengan kecepatan penambahan beban konstan sampai beban maksimum
- Gambar pola keretakannya. Perhitungan untuk uji tarik belah beton digunakan rumus sebagai berikut.

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD}$$

Dimana: f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)
 P = Beban maksimum (N)
 L = Panjang benda uji (mm)
 D = Diameter benda uji (mm)

h) Mix Desain

Perencanaan campuran beton porous adalah suatu proses teoritis untuk menentukan jumlah masing-masing bahan yang dibutuhkan dalam pencampuran beton, hal ini dilakukan agar proporsi memenuhi syarat. Proporsi mix desain untuk beton porous pada penelitian ini dibuat berdasarkan ACI 522R-10. Berikut ini adalah proporsi rancangan campuran beton poros dalam 1 m³ menurut ACI 522R-10:

Tabel 4. Tabel perkiraan mix desain mix desain beton porous menurut ACI 522 R-10
(sumber: ACI 522 R-10)

Tabel 4. Tabel perkiraan mix desain mix desain beton porous menurut ACI 522 R-10 (sumber: ACI 522 R-10)		
No	Komposisimixdesain 1m(kg)	
1	Berat semen	380.165289
2	Berat air	110.25
3	Berat agregat kasar	1851.96
4	Total berat	2342.3732323

i) Kajian Penelitian

1. (Arusmalem, 2015) Beton porous adalah jenis beton khusus dengan porositas tinggi. Campuran beton porous terdiri dari semen, air, dan agregat kasar berukuran tunggal (bergradasi seragam). Agregat kasar bergradasi seragam sulit didapatkan di pasaran dan biasanya yang tersedia adalah agregat kasar bergradasi menerus. Kuat tekan dan porositas merupakan dua hal yang sangat penting pada beton porous. Rasio berat agregat/semen yang digunakan adalah 4 dan 5, dan faktor air semen (FAS) adalah 0,27. Bahan kimia tambahan yang digunakan adalah SicaCim Concrete Additive dengan dosis 7,5 ml/kg semen. Kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus. Kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam tertinggi sebesar 8,92 MPa dan gradasi menerus sebesar 14,04 MPa. Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih tinggi dari gradasi menerus. Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam

tertinggi sebesar 87,68 ltr/dt/m² dan gradasi menerus sebesar 37,86 ltr/dt/m². Berat volume beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus.

2. (Samsul dkk., 2021) Penelitian ini berdasarkan pada metode ACI-522R-10 dengan menggunakan ukuran gradasi agregat kasar sebesar 9,5-19,5 mm, perbandingan semen dan agregat kasar sebesar 1:4 dan faktor air semen sebesar 0,3. Zat aditif yang digunakan berupa Masterglenium ACE 8595 Concrete Additive dengan penambahan aditif sebanyak 0%, 1% dan 2% terhadap berat semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan dan berbentuk balok untuk pengujian kuat lentur. Hasil pengujian menunjukkan terdapat hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur. Nilai kuat tekan mengalami penurunan seiring dengan nilai kuat lenturnya. Hal ini terlihat dari nilai kuat tekan rata-rata dan kuat lentur rata-rata tertinggi ada pada campuran I dengan nilai kuat tekan rata-rata 5,4 MPa, dan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 1,96 MPa. Penggunaan Masterglenium pada penelitian tidak menaikkan kuat tekan maupun kuat lentur beton.
3. (Monica dkk., 2019) Beton Porous atau beton yang menggunakan sedikit pasir atau tidak sama sekali merupakan inovasi beton ramah lingkungan, karena jika digunakan sebagai concrete pavement maka dapat membiarkan air mengalir melewati beton sehingga mengurangi air tergenang dan kontaminasi aliran air serta dapat mengisi kembali persediaan air tanah. Namun beton porous memiliki kuat tekan yang rendah karena memiliki banyak pori. Dalam penelitian ini, diuji sejumlah sampel dengan komposisi variasi ukuran agregat beton porous yang berbeda-beda untuk mendapatkan beton porous dengan hasil kuat tekan yang optimum namun dapat dialiri air dengan efektif juga. Ada 4 variasi yang diuji, yakni variasi 1 dengan komposisi 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan saringan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan nomor 4 namun tertahan saringan nomor 8, kemudian variasi 2 dengan 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan 3/8" namun tertahan nomor 4, variasi 3 terdiri dari 100% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan saringan 3/8", dan yang terakhir ada variasi 4 yang terdiri dari 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan 3/4" namun tertahan 1/2". Variasi 4 adalah variasi beton porous dengan hasil kuat tekan yang optimum, yakni 15,517 MPa pada usia beton 28 hari. Variasi ini adalah variasi dengan komposisi ukuran agregat terbesar diantara ke 4 variasi yang ada, sehingga dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran agregat dalam campuran, maka semakin tinggi hasil kuat tekannya. Sedangkan untuk variasi campuran beton porous yang efektif dialiri air atau dengan permeabilitas optimum adalah Variasi 3 yang memiliki komposisi ukuran agregat yang seragam dengan nilai permeabilitas 2,322 cm/detik. Dapat dilihat bahwa semakin seragam ukuran agregat dalam campuran, maka semakin tinggi nilai permeabilitasnya karena rongga atau pori dari beton akan semakin besar dan banyak.
4. (Erma dkk., 2018) Beton porous merupakan salah satu inovasi teknologi beton berkelanjutan tanpa agregat halus dengan porositas tinggi. Beton porous ini dapat digunakan pada perkerasan jalan untuk menanggulangi air run-off, serta dapat diaplikasikan sebagai dinding penahan tanah yang berfungsi untuk meminimalisir tekanan air tanah. Penelitian ini bermaksud untuk mengkaji secara eksperimental sifat mekanis terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dan permeabilitas beton porous dengan berbagai variasi faktor air semen. Agregat kasar yang digunakan batu pecah Batu jajar berukuran 10 mm – 20 mm. Penelitian ini menggunakan campuran beton dengan variasi faktor air semen sebesar 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, dan 0,5 pada gradasi agregat kasar menerus. Benda uji yang digunakan untuk setiap varian adalah 3 benda uji beton silinder yang berukuran 15x30 cm untuk uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah beton dan 1 benda uji beton silinder 10x20 cm untuk uji permeabilitas. Benda uji balok berukuran 15x15x60 cm untuk uji kuat lentur dengan metode third point loading. Sifat mekanik yang diuji adalah kuat tekan beton pada umur 7, 14 dan 28 hari untuk uji kuat tekan beton dan 28 hari untuk kuat tarik belah beton, kuat lentur beton dan permeabilitas. Hasil eksperimen menunjukkan nilai kuat tekan beton porous dengan varian campuran faktor air semen 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5 untuk 28 hari berturut-turut adalah 17,9 MPa, 16,1 MPa, 14,2 MPa, 11,2 MPa, dan 8,8 MPa. Nilai kuat tarik belah beton dengan varian campuran faktor air semen 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5 untuk 28 hari berturut-turut adalah 1,6 MPa, 1,5 MPa, 1,4 MPa, 1,2 MPa, dan 0,9 MPa. Nilai kuat lentur beton dengan varian campuran faktor air semen 0,3, 0,35, 0,4 untuk 28 hari berturut-turut adalah 1,6 MPa, 1,5 MPa, 1,1 MPa. Nilai permeabilitas beton porous dengan varian campuran faktor air semen 0,3, 0,35, 0,4, 0,45,

0.5 adalah 3.5 mm/det, 3.7 mm/det, 4.1 mm/det, 4.3 mm/det dan 5.0 mm/det. Dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa beton porous dengan semua variasi faktor air semen mampu mencapai kekuatan struktural dan penggunaannya layak direkomendasikan sebagai material struktur perkerasan prefabrikasi dengan dimensi yang relatif kecil untuk menghindari retak lentur.

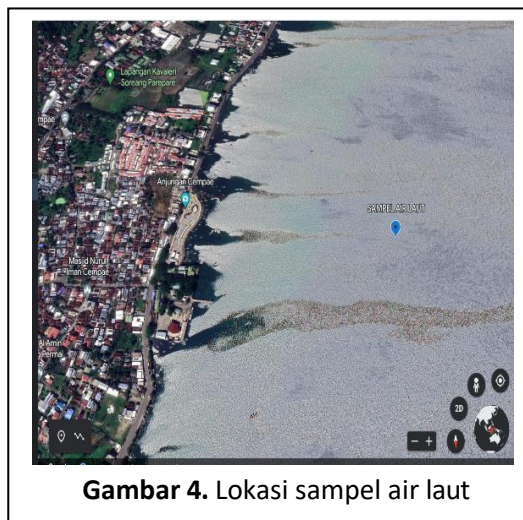
5. (Kintarman, 2017) Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan, perkuatan eksternal (external confinement) pada beton solid bisa meningkatkan performa beton terkompresi yang mengalami gaya lentur siklik atau gaya dinamis akibat kejadian seismik, serta menaikkan regangan pada beton. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan serta regangan terhadap silinder beton berongga dengan mutu beton $f_c' = 50$ MPa dan 33 MPa dengan perkuatan eksternal menggunakan clamp baja. Panjang dan diameter silinder beton masing-masing adalah 30cm dan 15cm, dan diameter rongga yang terbentuk akibat proses spinning adalah 5cm. Clamp dengan tebal 1.7mm dan lebar 27mm, dipasang pada benda uji dengan jarak tertentu sebesar 3, 4, dan 5 buah clamp baja. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perkuatan silinder beton berongga dengan menggunakan clamp mampu menaikkan tegangan hancur beton serta meningkatnya regangan. Selain itu, penambahan clamp pada silinder beton berongga berpengaruh pada pola keruntuhan, dimana pola keruntuhan silinder beton berongga dengan clamp secara umum terjadi di antara clamp baja. Pemberian clamp baja pada silinder beton berongga yang diisi dengan beton mutu $f_c' = 19$ MPa memiliki kekuatan yang hampir sama dengan silinder beton berongga tanpa isi.
6. (Pamungkas dkk., 2015) Pengujian kuat lentur terhadap pelat beton pracetak berongga. S1 thesis, UAJY. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental yaitu dengan melakukan percobaan langsung di laboratorium. Penelitian bertujuan untuk menemukan bentuk penampang pelat pracetak yang telah dianalisis sehingga mampu menahan beban yang akan ditentukan. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini dibedakan menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama adalah benda uji beton silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm berjumlah 3 buah, dengan rincian setiap 1 benda uji silinder beton diambil pada pengadukan untuk membuat 1 benda uji pelat beton pracetak. Benda uji silinder beton digunakan untuk pengujian kuat desak. Sedangkan kelompok kedua adalah benda uji pelat beton pracetak yang berjumlah 3 buah, dimana 3 benda uji tersebut menggunakan bentuk penampang dengan rongga trapesium yang telah dianalisis dan menggunakan tulangan 1 arah berdiameter 6 mm dan 8 mm. Pengujian semua benda uji setelah mencapai umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan antara hasil analisis dengan hasil pengujian di lapangan Rata – rata beban maksimum yang mampu diterima oleh pelat setelah diuji adalah 2016,83 kg, sedangkan rata – rata beban maksimum pelat hasil analisis teori adalah 2885,5 kg. Nilai tegangan lentur pelat hasil pengujian secara berurutan mulai dari PL1, PL2, dan PL3 adalah 2,152 MPa, 2,768 MPa, dan 2,622 MPa, sedangkan hasil secara analisis secara berurutan adalah 3,502 MPa, 3,696 MPa, dan 3,593 MPa.
7. (Daryanto, 2013) Penggunaan beton berpori merupakan alternatif yang ramah lingkungan, penggunaannya diharapkan dapat meresapkan air ke dalam tanah pada bagian sisi jalan. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mengurangi proporsi agregat halus pada mix desain beton normal. Agregat batu pecah yang dipakai yaitu ukuran seragam 1-2 cm. Agregat halus dalam uji pendahuluan dengan proporsi 5%, 10% dan 30% dari proporsi agregat halus beton normal. Setelah diketahui proporsi yang tepat maka akan diuji dengan variasi FAS 0,30; 0,35; dan 0,40. Kemudian akan diuji kuat tekan, kuat lentur, porositas, permeabilitas dengan metode falling head water permeability test. Dari hasil pengujian beton berpori menggunakan 30% pasir dan variasi FAS 0,30; 0,35; dan 0,40 didapat nilai tertinggi yaitu pada campuran 30% pasir dan FAS 0,35 sebesar 5,190 MPa untuk kuat tekan dan 0,383 Mpa untuk kuat lentur. Porositas dan permeabilitas horisontal tertinggi terjadi pada campuran 30% pasir dan FAS 0,40 yaitu porositas sebesar 20,807 % (Metode beton normal), porositas sebesar 27,696 % (Metode VIM), permeabilitas horisontal sebesar 1,363 cm/dt. Permeabilitas secara vertikal dicapai pada FAS 0,30 dengan nilai 3,132 cm/dt. Beton berpori dalam penelitian ini tidak memenuhi spesifikasi sebagai perkerasan untuk badan jalan karena memiliki nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur yang rendah, sehingga hanya dapat digunakan sebagai bahan trotoar dan bahu jalan saja.

8. (Kia et al., 2018) Penelitian ini menyelidiki pengaruh penyumbatan pada permeabilitas berbagai bahan berpori seperti bola kaca yang dikemas sederhana, agregat kerikil yang dikemas, beton permeabel yang disiapkan di laboratorium dan beton permeabel yang tersedia secara komersial. Variabel eksperimen meliputi ukuran partikel (1,25–14 mm), porositas efektif (7–36%), gradien hidrolis (0,33–5) dan metode penyumbatan. Tujuan utama dari pekerjaan ini adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang perilaku penyumbatan dan untuk menetapkan metodologi untuk mengkarakterisasi potensi penyumbatan beton permeabel. Temuan utama adalah sebagai berikut; Tiga metode digunakan untuk menentukan potensi penyumbatan: rasio penurunan permeabilitas terhadap permeabilitas awal ($\Delta k/k_i$); jumlah siklus untuk mengurangi permeabilitas menjadi setengah dari nilai awal (yaitu waktu paruh), dan jumlah siklus yang diperlukan untuk penyumbatan penuh. Semua sampel menunjukkan korelasi linier yang kuat antara $\Delta k/k_i$, waktu paruh dan jumlah siklus hingga penyumbatan penuh. Metode yang diusulkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memungkinkan pemodelan umur layanan perkerasan beton permeabel. Kuat tekan beton permeabel berkisar antara 6 sampai 32 MPa dan berbanding terbalik dengan porositas. Ratarata, kekuatan menurun sekitar 4% untuk setiap peningkatan porositas 1%. Permeabilitas awal berkisar antara 0,1 hingga 1,7 cm/detik untuk beton permeabel, dan dari 0,3 hingga 3,5 cm/detik untuk bola kaca yang dikemas dan agregat. Permeabilitas meningkat secara eksponensial dengan peningkatan porositas

METODOLOGI

A. Metode yang digunakan

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. Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di laboratorium Eco Material Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Gowa dan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.



Gambar 4. Lokasi sampel air laut

1. Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - a. Agregat; Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar
 - b. Semen; Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland dengan merek dagang tonasa.
 - c. Air Laut; Air laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari pantai Barombong Takalar dan berasal pantai Cempae Kota Parepare.
2. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - a. Saringan; Saringan yang dipakai dalam menentukan gradasi agregat yaitu saringan dengan lubang saringan sebesar 25 mm, 19.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, dan 0.15 mm.

- b. Oven; Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis.
- c. Gelas Ukur; Gelas ukur berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton.
- d. Timbangan; Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji.
- e. Cetakan Beton; Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 150 mm x 300 mm.
- f. Universal Testing Machine; Digunakan untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik belah benda uji beton.
- g. Concrete mixer / mesin pencampur; Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji



Gambar 5. Saringan



Gambar 6. Oven



Gambar 7. Gelas ukur



Gambar 8. Timbangan





Gambar 10. Universal Testing Machine



Gambar 11. Mesin pencampur

B. Prosedur Standar

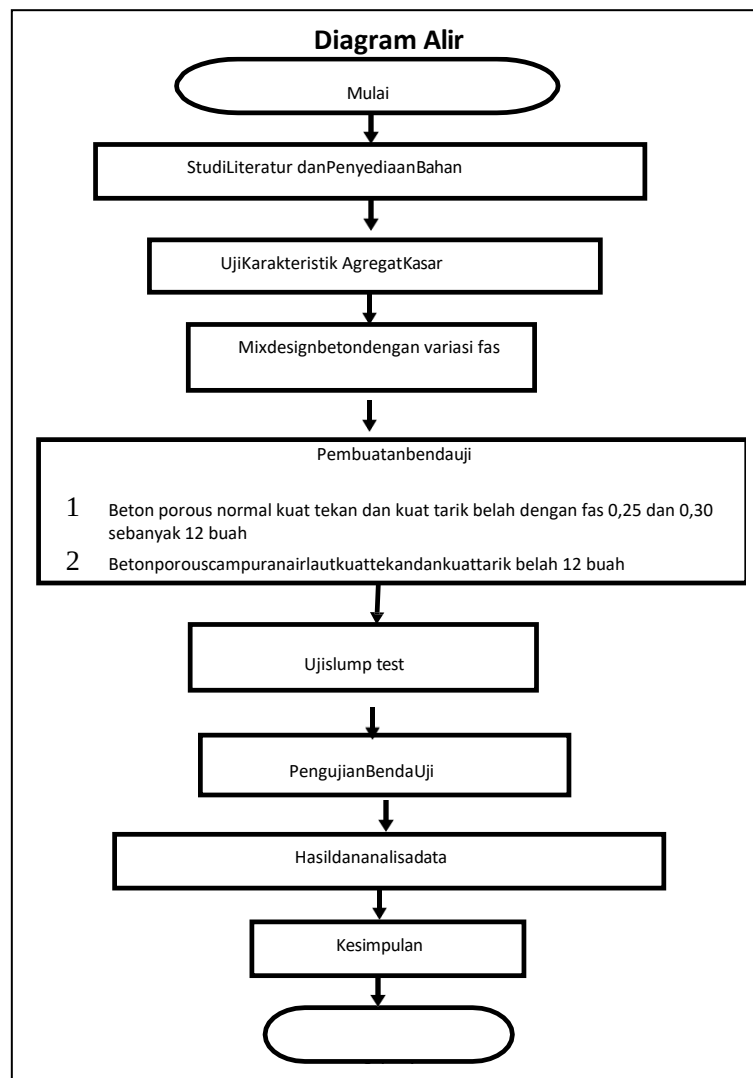
1. Persiapan; Meliputi pengurusan izin pemakaian labolatorium, persiapan material,dan persiapan peralatan. Sampel air laut yang dijadikan bahan penelitian berasal dari pantai Lumpue. Air laut yang dijadikan sampel berada 200 meter dari tepi pantai.
2. Pemeriksaan Material; Pemeriksaan material terdiri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

- b. Mengetahui pengaruh nilai slump terhadap mutu beton.
6. Pembuatan Benda Uji; Benda uji dibuat dengan menggunakan silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm,.
7. Perawatan; Dalam penelitian ini perawatan yang digunakan adalah perendaman dalam air, yang dilakukan di bak perendaman Labolatorium UM Parepare dengan umur 28 hari.
8. Pengujian Kuat Tekan; Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk mencari perbandingan kuat tekan rencana dengan kuat tekan yang dihasilkan dari beberapa umur rencana 28 hari.
9. Pengujian Kuat Tarik Belah; Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tarik belah beton dan untuk mengetahui pola keretakan beton yang terjadi. Nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan. Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan

C. Teknik Analisis

Data Tahap Analisis Data Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

1. Pembuatan sampel beton menggunakan silinder sekaligus dilakukan pengujian nilai slump beton.
2. Setelah sampel dicetak maka dilakukan perawatan beton dengan cara perendaman sampel beton didalam bak air yang berada di Labolatorium Tehnik Sipil UM Parepare selama 28 hari.
3. Dilakukan perawatan selama 28 hari dan setelahnya dilakukan Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton menggunakan mesin uji.
4. Pengumpulan data dari hasil pengujian kua tekan tersebut.
5. Kemudian dilakukan analisis data dari hasil pengujian sampel menggunakan rumus kuat tekan dan kuat tarik belah.
6. Setelah melalui tahap tahap tersebut maka didapatkan hasil dan pembahasan.



PEMBAHASAN

- A. Hasil Pengujian Agregat Kasar Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar.
- Kadar lumpur; Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,90%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu
 - Keausan Agregat; Pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin Los Angeles diatas didapatkan hasil 16,1% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.
 - Kadar Air; Pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,32 % yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.
 - Berat volume; Pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,64 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,79 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.
 - Penyerapan Air; pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 2,19% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.
 - Berat jenis; Pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,65. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,51. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,56 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.
 - Modulus Kehalusan; Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 7,23 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

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

- B. 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
- Penyerapan agregat kasar = 2,19 %

2. Perhitungan

- a. Jumlah agregat kasar yang digunakan

Persen Agregat	b/bo	
	ASTMC33/C33M Size No.8	ASTMC33/C33M Size No.67
0	0,99	0,99
10	0,93	0,93
20	0,85	0,86

Berat volume lepas agregat kasar (b) = 1,639 kg

Berat volume padat agregat kasar (bo) = 1,786 kg

$$\frac{b'}{bo} = \frac{1,639}{1,786} = 0,91749$$

Berat agregat kasar = 1503,9 kg

berat agregat kondisi SSD (Saturated Surface Dry)

penyerapan air agregat kasar = 2,19 %

Berat penyerapan air = Penyerapan Air x Berat agregat kasar = 2,19 x 1503,907 = 32,921

Berat Agregat SSD = Berat Penyerapan Air + Berat Agregat Kasar

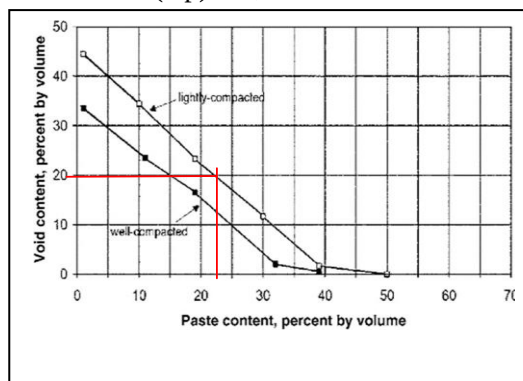
= 32,92 + 1503,907 = 1536,829

- b. Penentuan Volume Pasta Semen

Kadar Rongga = 20 %

Kadar Pasta Semen = 22,5 %

Volume semen dalam adukan (Vp) = 0,225 m³



- c. Menentukan berat semen

fas rencana = 0,30

$$C = [(Vp / (3,15 + fas))] \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C = [(0,225 / (0,315 + 0,30))] \times 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ ----- } C = 375$$

fas rencana = 0,35

$$C = [(Vp / (3,15 + fas))] \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C = [(0,225 / (0,315 + 0,35))] \times 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ ----- } C = 346,153$$

Keterangan : C = Semen

Vp = Volume semen dalam adukan

fas = faktor air semen

- d. Menentukan berat air W semen

$$\text{fas } 0,30 = 375,000$$

$$W \text{ air fas } 0,30 = W \text{ semen} \times \text{faktor Air Semen} = 375 \times 0,30 = 112,500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{fas } 0,35 = 346,153$$

$$W \text{ air fas } 0,35 = W \text{ semen} \times \text{Faktor Air Semen} = 346,154 \times 0,35 = 121,154 \text{ kg/m}^3$$

e. Perkiraan volume padat tiap 1 m³

1). Volume air

$$\text{fas } 0,30 = 112,5 \text{ kg/m}^3 = 0,113 \text{ m}^3 \quad \text{Fas } 0,35 = 121,154 \text{ kg/m}^3 = 0,121 \text{ m}^3$$

2) Volume padat semen

$$\text{fas } 0,30$$

$$\frac{\text{berat semen}}{\text{berat jenis semen}} = \frac{375}{3 \times 1000} = 125 \text{ m}^3$$

$$\text{fas } 0,35$$

$$\frac{\text{berat semen}}{\text{berat jenis semen}} = \frac{346,15}{3 \times 1000} = 115 \text{ m}^3$$

3) Volume absolute agregat

$$\frac{\text{berat agregat Kasar}}{\text{berat SSD agregat kasar}} = \frac{1503,907}{2,56 \times 1000} = 0,588 \text{ m}^3$$

f. Perkiraan void tiap 1 m³ beton porous

$$\text{fas } 0,30$$

$$\text{volume void} = 1,00 \text{ m}^3 - \text{Jumlah volume padat} = 1,00 - 0,825 = 0,175 \text{ m}^3$$

$$\text{Persentase void} = \frac{\text{volume void}}{1,00 \times 100\%} = \frac{0,175}{1,00 \times 100\%} = 17\%$$

$$\text{fas } 0,35$$

$$\text{volume void} = 1,00 \text{ m}^3 - \text{Jumlah volume padat} = 1,00 - 0,826 = 0,176 \text{ m}^3$$

$$\text{Persentase void} = \frac{\text{volume void}}{1,00 \times 100\%} = \frac{0,176}{1,00 \times 100\%} = 18\%$$

g. Cek perkiraan permeabilitas.

$$\text{fas } 0,30$$

$$\text{Persen void} = 17\%$$

$$1 \text{ in/min} = 0,4233 \text{ mm/s}$$

$$\text{Percolation} = 4 \text{ in/min}$$

$$\text{permeabilitas} = \text{percolation} \times 0,4233 = 1,693 \text{ mm/s}$$

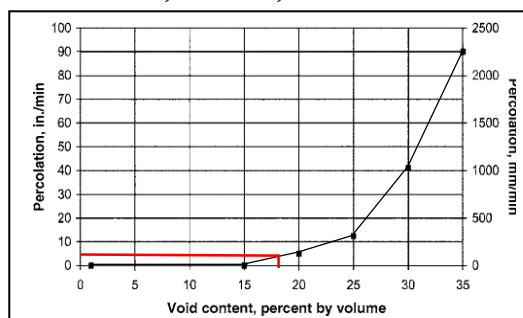
$$\text{fas } 0,35$$

$$\text{Persen void} = 18\%$$

$$1 \text{ in/min} = 0,4233 \text{ mm/s}$$

$$\text{Percolation} = 5 \text{ in/min}$$

$$\text{permeabilitas} = \text{percolation} \times 0,4233 = 2,117 \text{ mm/s}$$



h. Komposisi mix desain

Tabel 6. Komposisi mix desain 1 m ³			
No	Komposisi mix desain 1m 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

Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

kebutuhan beton 1 silinder

Diameter (d = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder = $\frac{1}{4} \pi d^2 h = \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 = 0,0053014 \text{ m}^3$

Volume total silinder = Volume 1 silinder $\times$ Jumlah beton silinder

= $0,0053014 \text{ m}^3 \times 3 = 0,01590431 \text{ m}^3$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol. 3 silinder $\times$ 15% = $0,01530144 \text{ m}^3 \times 15\% = 0,00238565 \text{ m}^3$

Vol. total = Vol. totalsilinder + Vol. Tambahan

= $0,01590431 \text{ m}^3 + 0,00238565 \text{ m}^3 = 0,01828996 \text{ m}^3$

Tabel 7. Kebutuhan bahan untuk silinder beton dengan fas 0,30

WBahan	Kebutuhan1m3	Kebutuhan1 Silinder	Kebutuhan3 Silinder
WSemen	375,00kg	2,29kg	6,86
WKerikil	1536,83kg	9,37kg	28,11
WAir	112,50kg	0,69kg	2,06

Tabel 8. Kebutuhan bahan untuk silinder beton dengan fas 0,35

WBahan	Kebutuhan1m3	Kebutuhan1 Silinder	Kebutuhan3 Silinder
WSemen	375,00kg	2,29kg	6,86
WKerikil	1536,83kg	9,37kg	28,11
WAir	112,50kg	0,69kg	2,06

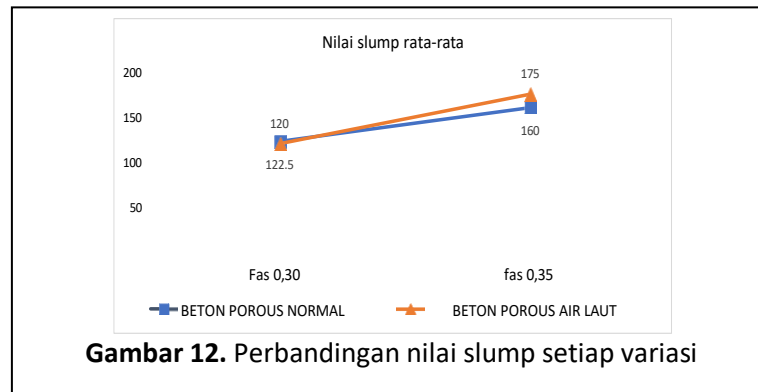
- C. Nilai slump Pengujian nilai slump test dilakukan dengan kerucut Abrams, terlebih dahulu membasahi kerucut Abrams kemudian meletakkannya pada permukaan yang rata. Kemudian diisi dengan 3 lapis beton segar, tiap lapis diisi 1/3 volume kerucut Abrams dan ditusuk sebanyak 25 kali, hingga mencapai dasar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

Tabel 9. Hasil pengujian nilai slump

No	Variasi campuran beton porous	Slump rata-rata (mm)
1	fas 0,30 beton porous normal	105
		140
		130
2	fas 0,30 campuran air laut	110
		170
3	fas 0,35 beton poros normal	150
		160
4	fas 0,35 campuran air laut	180
		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. Berdasarkan data dari tabel diatas, maka dapat dibuat ke dalam grafik seperti gambar berikut:

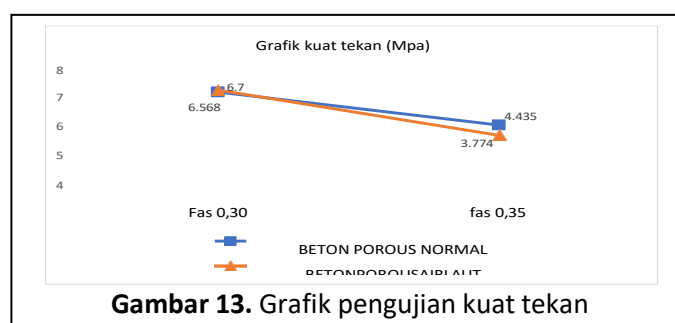


- D. Kuat tekan Pengujian kuat tekan dilakukan setelah masa perawatan beton porous berusia 28 hari. Sampel beton porous terdiri dari 4 variasi yaitu beton porous normal dengan faktor air semen (fas) 0,30 dan 0,35 yang terdiri dari 6 sampel benda uji, kemudian beton porous campuran air laut dengan faktor air semen yang sama yaitu 0,30 dan 0,35 yang terdiri dari 6 sampel benda uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton porous dengan masa perawatan 28 hari dapat dilihat dari tabel sebagai berikut:

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.

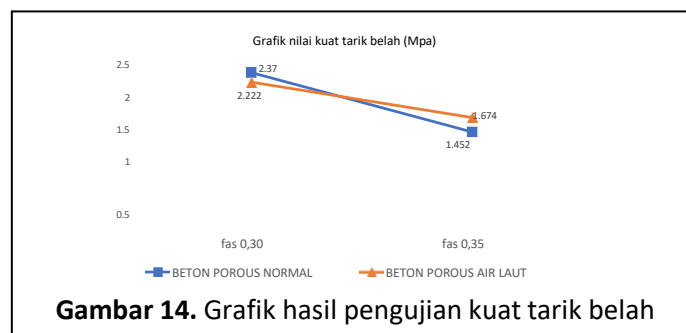


Dari gambar 13 diatas, dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan pada beton porous baik itu normal maupun menggunakan air laut mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai faktor air semen (fas) yang digunakan

- E. Kuat tarik belah. Pengujian kuat tarik belah beton porous dilakukan pada masa perawatan beton 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa selinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm. Jumlah sampel benda uji sebanyak 6 dengan variasi faktor air semen 0,30 dan 0,35, sedangkan untuk beton porous dengan campuran air laut sebanyak 6 benda uji dengan faktor air semen 0,30 dan 0,35. Adapun hasil pengujian dari pengujian tarik belah beton porous dengan masa perawatan 28 hari sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil pengujian kuat tarik belah beton porous umur perawatan 28 hari				
No	Variasi	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tarik belah (Mpa)
1	fas 0,30 BPN	9,740	53,333	2,370
2	fas 0,30 BPAL	9,358	50	2,222
3	fas 0,35 BPN	9,592	33	1,452
4	fas 0,35 BPAL	9,473	37,667	1,674

Hasil pengujian kuat tarik belah pada umur perawatan beton 28 hari merupakan nilai rata-rata dari 3 benda uji tiap variasi. Beton porous normal dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 memiliki kuat tarik belah sebesar 2,370 dan 1,452, sedangkan untuk beton porous campuran air laut dengan faktor air semen (FAS) yang memiliki nilai kuat tarik belah 2,222 Mpa dan 1,674 Mpa.



Berdasarkan gambar dapat diketahui bahwa semakin tinggi faktor air semen (FAS) yang digunakan, maka kuat tarik pada beton porous mengalami penurunan. Nilai kuat tarik belah beton porous normal dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yaitu 2,37 Mpa dan 1,56 Mpa, sedangkan beton porous campuran air laut dengan faktor air semen (FAS) 0,30 dan 0,35 yaitu 2,222 Mpa dan 1,674 Mpa, terlihat mengalami penurunan seiring bertambah nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan.

Hasil pengujian kuat tarik belah beton porous dengan campuran air laut tidak berbanding jauh dengan hasil pengujian beton porous normal, terlihat di gambar diatas nilai kuat tarik belah beton porous campuran air laut mengalami penurunan seiring bertambahnya nilai faktor air semen (FAS). Hasil pengujian kuat tarik belah beton porous dengan campuran air laut dengan faktor air semen (FAS) 0,30 yaitu 2,222 Mpa sedangkan faktor air semen (FAS) 0,35 yaitu 1,674 Mpa.

KESIMPULAN

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

- 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.
- Berdasarkan analisa dari pengujian kuat tarik belah beton porous umur perawatan 28 hari, menunjukkan bahwa nilai kuat tarik belah rata rata mengalami penurunan seiring meningkatnya faktor air semen (fas)

- yang digunakan, untuk beton porous normal dan beton porous air laut juga tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kuat tarik belah beton porous. Beton porous normal dengan faktor air semen (fas) 0,30 dan 0,35 memiliki nilai kuat tarik belah rata rata sebesar 2,370 Mpa dan 1,452 Mpa, sedangkan untuk beton porous campuran air laut faktor air semen (fas) 0,30 dan 0,35 sebesar 2,222 Mpa dan 1,674 Mpa.
- c. Dari hasil analisa hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah seiring bertambahnya nilai faktor air semen (fas) yang digunakan.
 - d. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton porous campuran air laut dengan variasi faktor air semen (fas) yaitu:
 - Pada saat pembuatan benda uji, perlunya dilakukan pemerataan permukaan benda uji karna mempengaruhi distribusi beban saat pengujian benda uji beton porous.
 - Perlu diadakan pengujian karakteristik air laut untuk penelitian beton porous dengan campuran air laut.
 - Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan faktor air semen yang paling efektif untuk beton porous

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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>
- [2] ASTM C 469-02. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- [3] 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.
- [4] 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>
- [5] Ginting, A. (2010). Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus. Prosiding Seminar Nasional, 2000, 377–383.
- [6] 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>
- [7] 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.
- [8] 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>
- [9] 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>
- [10] 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 Poli- Teknologi, 18(1), 45–52. <https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1288>
- [11] Pascasarjana, P., & Hasanuddin, U. (2013). Perilaku Mekanik Beton yang Menggunakan Air laut (*Mechanical Behaviour of Concrete Using Sea water*)
- [12] 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.
- [13] 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>
- [14] Standar Nasional Indonesia. 15-7064-2004. Semen Portland Komposit.

- [15] 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.