

TUGAS AKHIR
PENGARUH UKURAN AGREGAT TERHADAP
KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS
PAVING BLOCK POROUS

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Candra Irawan
NIM : 30201900060

Yoga Tegar Ardi Debi
NIM : 30201900214

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH UKURAN AGREGAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS *PAVING BLOCK* POROUS



Candra Irawan
NIM : 30201900060



Yoga Tegar Ardi Debi
NIM : 30201900214

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 15 Agustus 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D**
NIDN : 0605016802
2. **Dr. Henny Pratiwi Adi, ST., MT**
NIDN : 0606087501
3. **Juny Andry Sulisty, ST., MT**
NIDN : 0611118903

Three handwritten signatures in blue ink, corresponding to the three examiners listed on the left. Each signature is written over a dotted line.

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

A handwritten signature in blue ink, belonging to Muhamad Rusli Ahyar.

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 42 / A.2 / SA – T / III / 2023

Pada hari ini tanggal 15 Agustus 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping.

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D

Jabatan Akademik : Lektor Kepala

Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

2. Nama : Dr. Henny Pratiwi Ady, ST., MT

Jabatan Akademik : Lektor Kepala

Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Candra Irawan
NIM: 30201900060

Yoga Tegar Ardi Debi
NIM: 30201900214

Judul : Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas *Paving Block* Porous

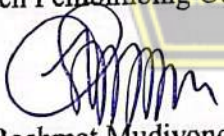
Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	01/05/2023	ACC
2	Seminar proposal	14/07/2023	
3	Pengumpulan data	15/07/2023	
4	Analisis data	06/08/2023	ACC
5	Penyusunan laporan	09/08/2023	
6	Selesai laporan	15/08/2023	

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT.,
Ph.D


Dr. Henny Pratiwi Adi, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. NAMA : Candra Irawan
NIM : 30201900060
2. NAMA : Yoga Tegar Ardi Debi
NIM : 30201900214

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Paving Block Porous

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 15/Agustus/2023
Yang membuat Pernyataan,



Candra Irawan
30201900060

Yoga Tegar Ardi Debi
30201900214

PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Candra Irawan
NIM : 30201900060
2. NAMA : Yoga Tegar Ardi Debi
NIM : 30201900214
- JUDUL TUGAS AKHIR : Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas *Paving Block* Porous

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, 15/Agustus/2023

Yang membuat pernyataan,



METERAI TEMPEL
A2AKX504116739

Candra Irawan
30201900060

Yoga Tegar Ardi Debi
302019002014

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang ma’ruf dan mencegah dari yang munkar dan beriman kepada Allah. Sekiranya ahli kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka adalah orang-orang yang fasik”

(Q.S. Ali ‘Imran Ayat 110)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang engkau dustakan?”

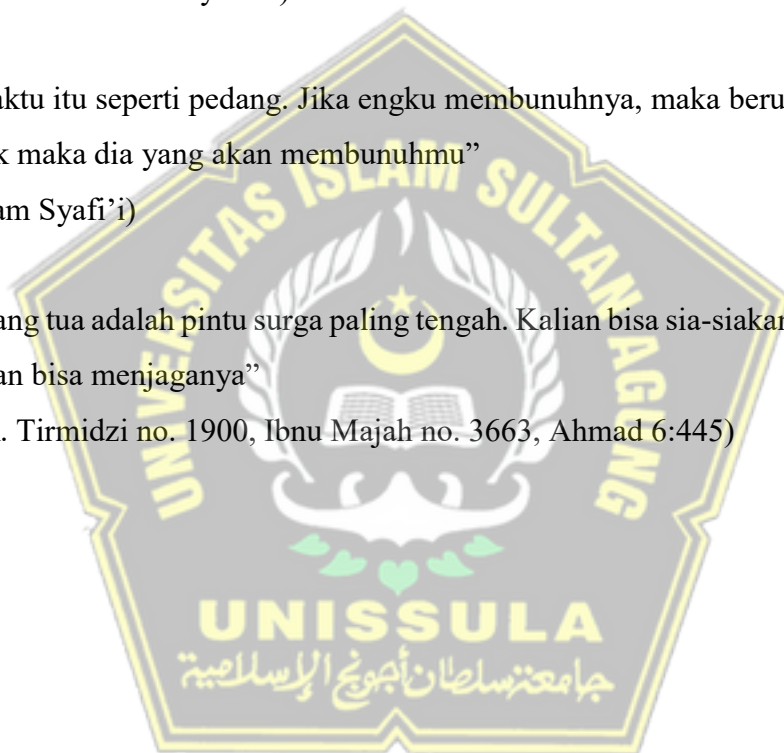
(Q.S. Ar Rahman Ayat 13)

“Waktu itu seperti pedang. Jika engkau membunuhnya, maka beruntunglah. Jika tidak maka dia yang akan membunuhmu”

(Imam Syafi’i)

“Orang tua adalah pintu surga paling tengah. Kalian bisa sia-siakan pintu itu atau kalian bisa menjaganya”

(HR. Tirmidzi no. 1900, Ibnu Majah no. 3663, Ahmad 6:445)



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga penulis yang tersayang yaitu Bapak Marmin, Ibu Suharti, dan Mas Agung Gagas yang telah memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, nasihat, dan tak lupa do'a nya untuk kelancaran dan kemudahan dalam mencari ilmu yang bermanfaat untuk mengejar cita-cita.
2. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Unissula yang penulis hormati dan tidak bisa disebut namanya satu per satu yang telah membantu dan membagikan ilmunya dengan ikhlas kepada penulis.
3. Asisten Laboratorium yaitu Pak Tardi, Pak Suropto, Mas Daryanto, Mas Kaiser dan juga teman - teman yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini.
4. Saudara Yoga Tegar Ardi Debi selaku partner yang selama ini menemani dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Saudara-saudari penulis dari UKM PSHT UNISSULA yang selalu memberikan support dan bantuan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Fakultas Teknik Sipil Unissula Angkatan 2019 yang turut memberikan semangat.
7. Sahabat penulis yaitu M. Asruri dan Syafaatul R. yang selalu memberikan support dan bantuan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Syafaat, Satrio, Romi, dan Tegar yang dari SMK satu kelas dan awal masuk kuliah bersama – sama satu kontrakan yang selalu mensupport dan menemani.

Candra Irawan

302019000060

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat iman dan rahmat yang dicurahkan. Serta atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Subadi dan Ibu Rasmi, kedua kakak dan adik saya, Mba Dian, Mas Abi dan Ilham serta untuk keponakan lucu saya, Mas Gio, Dek Adi dan Dek Raya, terimakasih atas segala doa, semangat dan dukungannya hingga saya dapat mencapai titik ini.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. dan Ibu Dr. Henny Pratiwi Ady, ST., MT., terimakasih atas bimbingan, koreksi, arahan dan pengertian yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Sdr. Candra Irawan, Rekan Tugas Akhir sekaligus kawan sedari SMK, terimakasih atas segala keikhlasan dan kesabarannya dalam membantu saya sedari dulu.
4. Dosen dan Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan yang terkhusus Mas Her dan Ibu FT Mart, terimakasih atas pertolongan dan kebaikannya dalam mengayomi mahasiswa.
5. Bani Sarno Edi dan WWW Barak Tempur, terimakasih atas dukungan, bantuan dan kesediaannya untuk selalu menemani di masa sulit saya.
6. Seluruh kawan Angkatan 2019 dan KMFT, lingkungan yang telah membentuk diri saya selama 4 tahun menuntut ilmu, terimakasih atas lika-liku panjangnya dengan segala dinamika dan drama.
7. Seluruh Karyawan Noms Kopi Pleburan di bawah pimpinan Mba Alfi dan Mas Daniel, terimakasih atas kesempatan untuk saya menambah pengalaman, ilmu juga pemasukan materi.

Yoga Tegar Ardi Debi

30201900214

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas *Paving Block* Porous” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang sekaligus selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan tugas akhir ini berlangsung.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan pelayanan dalam urusan akademik.
3. Ibu Dr. Henny Pratiwi Adi, ST., MT., selaku Dosen Pendamping yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan tugas akhir ini berlangsung.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung yang telah memberikan ilmu kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis dan juga akan manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

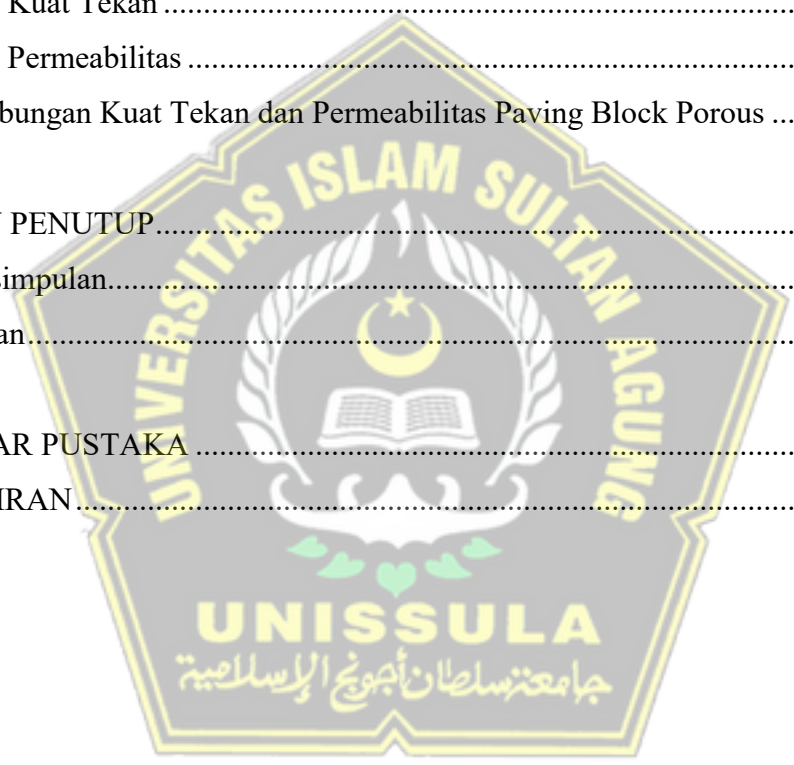
Semarang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Paving Blok (Bata Beton)	4
2.2 Beton Porous	8
2.3 Bahan Tambah.....	12
2.4 Kuat Tekan	12
2.5 Penelitian Sejenis Sebelumnya.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Umum.....	21

3.2 Tahapan Penelitian	28
3.3 Pelaksanaan Penelitian	29
3.4 Metode Analisis Data	33
3.5 Bagan Alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Umum.....	35
4.2. Uji Material	35
4.3. Rencana Kebutuhan Bahan Penyusun <i>Paving Block</i> Porous	37
4.4. Uji Kuat Tekan	38
4.5. Uji Permeabilitas	43
4.6. Hubungan Kuat Tekan dan Permeabilitas <i>Paving Block</i> Porous	46
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	53



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat Fisik Paving block.....	5
Tabel 2. 2 Faktor Koreksi Kuat Tekan Paving block menurut Ketebalannya	6
Tabel 2. 3 Angka Konversi Umur Beton	13
Tabel 2. 4 Penelitian Sejenis Sebelumnya	14
Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji.....	21
Tabel 4. 1 Uji Kadar Air	35
Tabel 4. 2 Uji Kadar Lumpur.....	36
Tabel 4. 3 Uji Kadar Air	36
Tabel 4. 4 Uji Kadar Lumpur.....	37
Tabel 4. 5 Rencana Kebutuhan Bahan.....	37
Tabel 4. 6 Hasil Uji Kuat Tekan Paving Block.....	38
Tabel 4. 7 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Porous.....	39
Tabel 4. 8 Angka Konversi Umur Beton	39
Tabel 4. 9 Kuat Tekan Paving Block Setelah Konversi Umur 28 Hari	40
Tabel 4. 10 Kuat Tekan Beton Porous Setelah Konversi Umur 28 Hari	41
Tabel 4. 11 Total Kuat Tekan Paving Block Porous.....	42
Tabel 4. 12 Permeabilitas Paving Block Porous	44
Tabel 4. 13 Kuat Tekan dan Permeabilitas	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Paving block.....	5
Gambar 2. 2 Beton Porous	9
Gambar 3. 1 Alat Cetak Paving block.....	22
Gambar 3. 2 Sekop.....	22
Gambar 3. 3 Saringan Agregat.....	22
Gambar 3. 4 Timbangan.....	23
Gambar 3. 5 Stopwatch	23
Gambar 3. 6 Gelas Ukur.....	23
Gambar 3. 7 Oven	24
Gambar 3. 8 Mesin Uji Kuat Tekan	24
Gambar 3. 9 Kalkulator.....	24
Gambar 3. 10 Semen Portland	25
Gambar 3. 11 Pasir.....	25
Gambar 3. 12 Air Bersih.....	26
Gambar 3. 13 Abu Batu	26
Gambar 3. 14 SikaCim (Bahan Tambah).....	26
Gambar 3. 15 Semen Portland	27
Gambar 3. 16 Agregat Kasar.....	27
Gambar 3. 17 Air Bersih.....	28
Gambar 3. 18 Pencampuran Bahan.....	29
Gambar 3. 19 Pencetakan Paving Block.....	30
Gambar 3. 20 Pembuatan Benda Uji.....	30
Gambar 3. 21 Perawatan Benda Uji.....	31
Gambar 3. 22 Pemotongan Benda Uji.....	31
Gambar 3. 23 Proses Pengujian Kuat Tekan.....	32
Gambar 3. 24 Proses Pengujian Permeabilitas.....	33
Gambar 3. 25 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1 Grafik Kuat Tekan Rata-rata	43
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Permeabilitas	46

Abstrak

Musim penghujan dapat menyebabkan genangan air pada permukaan jalan. Genangan air terbentuk karena berkurangnya daerah resapan air akibat penggunaan perkerasan yang kedap air. Genangan air dapat merusak lapisan perkerasan. Peneliti melakukan penelitian mengenai *paving block* porous untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Paving block* porous dibuat agar perkerasan jalan memiliki kuat tekan dan permeabilitas yang sama-sama tinggi, pada penelitian ini peneliti menganalisa pengaruh ukuran agregat kasar terhadap kuat tekan dan permeabilitas *paving block* porous.

Penelitian ini membuat benda uji dengan komposisi untuk *paving block* menggunakan semen, pasir dan abu batu dengan perbandingan 1:1,5:1,5. Benda uji yang dibuat berbentuk segi enam dengan panjang sisi 11,5 cm dan tebal 6 cm, pada bagian tengah benda uji diberi ruang berbentuk silinder dengan diameter 2 inch untuk diisi menggunakan beton porous. Beton porous yang dibuat menggunakan 4 variasi ukuran agregat kasar, variasi 1 dengan agregat kasar lolos saringan $\frac{1}{2}$ inci tertahan saringan $\frac{1}{4}$ inci; variasi 2 dengan agregat kasar lolos saringan $\frac{3}{4}$ inci tertahan saringan $\frac{1}{2}$ inci; variasi 3 dengan agregat kasar lolos saringan 1 inci tertahan saringan $\frac{3}{4}$ inci; variasi 4 dengan ukuran agregat campuran dari 3 variasi sebelumnya. Setelah benda uji dibuat, dilakukan perawatan tiap 3 hari sekali dengan menyirami benda uji menggunakan air. Setelah benda uji berumur 7 hari dilakukan pengujian kuat tekan dan uji permeabilitas untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan ukuran agregat.

Hasil penelitian ini didapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi 4 dengan nilai 22,94 MPa. Ukuran agregat yang digunakan pada variasi ini memungkinkan rongga udara pada benda uji menjadi lebih kecil sehingga meningkatkan kuat tekannya. Nilai permeabilitas minimal yang ditetapkan ACI 522R-10 adalah 0,22 cm/s dengan nilai maksimal adalah 1,22 cm/s. Pada pengujian permeabilitas hanya variasi 3 dan 4 yang memenuhi syarat minimum dari ACI 522R-10 dengan nilai 0,23 cm/s dan 0,24 cm/s

Kata Kunci: paving blok; porous; kuat tekan; permeabilitas; agregat

Abstract

The rainy season can cause waterlogging on the road surface. Waterlogging is formed due to reduced water catchment areas due to the use of impermeable pavements. Waterlogging can damage pavement coating. Researchers conducted research on porous paving blocks to overcome these problems. Porous paving blocks are made so that the road pavement has the same high compressive strength and permeability. In this study, researchers analyzed the effect of aggregate size on the compressive strength and permeability of porous paving blocks.

This research made sample with compositions for paving blocks using cement, sand and stone ash with a ratio of 1:1,5:1,5. The sample shaped hexagonal with length 11,5 cm each side and 6 cm of thickness, in the middle of sample is formed a cylindrical chamber to be filled with porous concrete. Porous concrete made using 4 variation of coarse aggregate size, variation 1 with coarse aggregate passed through a 1/2 inch sieve retained by 1/4 inch sieve; variation 2 with coarse aggregate passed 3/4 inch sieve retained 1/2 inch; variation 3 with coarse aggregate passed 1 inch sieve retained by 3/4 inch; variations 4 with mixed aggregate sizes from previous variations. After the sample is made, it is treated with watering each 3 days. After the sample aged 7 days, the compressive strength and permeability tests are carried out to determine the effect of using aggregate sizes.

The results of this study obtained the highest compressive strength in variation 4 with a value 22,94 MPa. The aggregate size used in this variation allows the air cavity in the specimen to be smaller thereby increasing its compressive strength. Minimum requirements of permeability test that set by ACI 522R-10 is 0,22 cm/s and maximum value is 1,22 cm/s. In permeability test result only variations 3 and 4 met the minimum requirements of ACI 522R-10 with a value 0,23 cm/s and 0,24 cm/s.

Keywords: paving block; porous; compressive strength; permeability; aggregate

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan pada umumnya dibangun dari perkerasan kaku dan perkerasan lentur dengan sifat kedap terhadap air. Semakin besar luas daerah yang ditutupi oleh perkerasan jalan pada daerah padat permukiman maupun daerah perkotaan dapat mengurangi resapan air yang mengakibatkan terjadinya genangan air atau banjir (Adilah, 2020). Banjir dapat terjadi karena rendahnya kemampuan tanah di suatu kawasan guna menyerap air dan minimnya kapasitas saluran air untuk memobilisasikan limpasan air (Ulfiana dkk, 2022).

Munculnya masalah tersebut memerlukan solusi untuk pembangunan infrastruktur yang lebih ramah lingkungan. Saat ini telah ada suatu inovasi perkerasan yang mampu menyerap air atau biasa disebut *permeable pavement*. Salah satu jenisnya yaitu beton pori atau beton porous (*pervious concrete*). *Permeable pavement* merupakan suatu teknologi dengan tujuan guna mengatasi masalah bencana air dengan memungkinkan infiltrasi air hujan melalui permukaan yang keras dengan menyimpan air hujan sementara (Kazemi & Hill, 2015). Beton porous memiliki kemampuan mengalirkan air ke tanah karena memiliki rongga udara yang lebih banyak daripada beton konvensional yang ada saat ini. Adanya rongga udara tersebut memungkinkan air yang melewati permukaan perkerasan untuk dapat mengalir ke dalam tanah.

Dengan kelebihan dalam menyerap dan mengalirkan air ke dalam tanah, beton porous memiliki kelemahan pada nilai kuat tekan yang lebih rendah karena adanya rongga-rongga udara akibat pengurangan penggunaan agregat halus, oleh karena itu penggunaannya masih terbatas pada lalu lintas kepadatan rendah semacam lahan parkir, trotoar, jalan kecil, jalan dengan volume rendah dan lain-lain (Khonado dkk, 2019)

Rongga udara yang terdapat pada beton porous dapat berkurang jika pasta semen terlalu basah, hal ini mengakibatkan menurunnya nilai permeabilitas yang dimilikinya. Sedangkan, jika pasta semen terlalu kering akan mempersulit proses pengerjaannya. Maka dari itu, dalam pembuatan beton porous harus memperhatikan penggunaan air semen atau faktor air semen. (Aulia, 2018)

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Khonando dkk, 2019, didapatkan kesimpulan bahwasannya semakin besar ukuran agregat yang digunakan dalam beton porous dapat meningkatkan kuat tekannya. Pada penelitiannya didapatkan hasil kuat tekan optimum 15.517 MPa pada benda uji yang menggunakan 55 % agregat yang lolos saringan $\frac{1}{2}$ inch tertahan $\frac{3}{8}$ inch dan 45% agregat lolos saringan $\frac{3}{4}$ inch tertahan $\frac{1}{2}$ inch.

Kemudian pada penelitian yang dilakukan Maulia, dkk, 2019 yang menggabungkan beton porous dengan *paving block* konvensional didapatkan hasil kuat tekan 20,80 MPa dan laju infiltrasi 2,78 mm/s yang dimiliki pada sampel dengan variasi diameter 2 inch dan 2 $\frac{1}{2}$ inch.

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk menganalisa kuat tekan dan permeabilitas dari *paving block* porous yang dibuat dari penggabungan *paving block* konvensional dan beton porous. Mengacu pada penelitian sebelumnya, yaitu sudah dihasilkan *paving block* porous dengan kuat tekan sebesar 20.80 MPa dan nilai permeabilitas 2,78 mm/s yang dimiliki pada sampel dengan variasi diameter beton porous sebesar 2 inch. Maka dari itu peneliti bermaksud untuk mendapatkan kuat tekan dan permeabilitas lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya, karena penelitian sebelumnya memiliki hasil yang kurang memuaskan jika dipakai untuk lapis perkerasan bebas genangan air.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka bisa dirumuskan permasalahan-permasalahan pada Tugas Akhir ini. Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

- a. Bagaimana cara pembuatan *paving block* porous?
- b. Berapa kuat tekan yang dimiliki *paving block* porous?
- c. Berapa nilai permeabilitas dari *paving block* porous?
- d. Apa pengaruh ukuran agregat terhadap kuat tekan dan permeabilitas *paving block* porous?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka bisa disimpulkan tujuan penelitian pada Tugas Akhir ini yaitu :

- a. Mengetahui cara pembuatan *paving block* porous.
- b. Mengetahui kuat tekan *paving block* porous.
- c. Mengetahui nilai permeabilitas *paving block* porous.
- d. Mengetahui pengaruh ukuran agregat terhadap kuat tekan dan permeabilitas *paving block* porous.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dibuat pastinya memiliki manfaat. Manfaat dari penelitian ini yaitu :

- a. Memberi inovasi dan solusi terkait permasalahan genangan air dan banjir pada permukiman padat dan perkotaan dengan memakai *paving block* porous untuk lapisan perkerasan.
- b. Memberi informasi terkait penggunaan *paving block* porous sesuai dengan kombinasi dari *paving block* dan beton porous yang digunakan.
- c. Memberi pemahaman lebih luas mengenai ilmu akademik di bidang perkerasan jalan untuk penulis dan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus Program Studi Teknik Sipil.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan – batasan masalah yaitu :

- a. Penelitian hanya dibuat dengan satu cetakan atau satu ukuran *paving block*.
- b. Penelitian ini tidak memperhatikan rencana anggaran biaya.
- c. Penelitian hanya berfokus pada *paving block* porous saja dan tidak sampai lapisan struktur dibawahnya.
- d. Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara manual.
- e. Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Paving Blok (Bata Beton)

Menurut Maulia (2019) Bata beton (paving blok) adalah suatu bahan bangunan yang terbuat dari semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan yang tidak mengurangi mutu bata beton tersebut. Paving blok dapat berwarna abu-abu seperti warna aslinya atau diberi zat pewarna pada komposisinya yang digunakan untuk halaman.

Paving blok merupakan bahan bangunan yang dapat digunakan sebagai alternatif perkerasan permukaan tanah. Paving blok juga dikenal dengan sebutan bata beton (*concrete block*) atau *cone block*. Umumnya *paving blok* digunakan pada tempat parkir, halaman atau jalan lingkungan. Paving blok harus memenuhi kualitas sebagai bahan bangunan yang difungsikan sebagai lapis perkerasan jalan. Kuat tekan merupakan salah satu karakteristik kualitas yang harus dimiliki paving blok. Paving blok dengan kualitas baik berarti memiliki kuat tekan yang tinggi (Hambali, 2013).



Gambar 2. 1 *Paving block*

(Sumber: <https://pavingblockmurah.com/product-detail/harga-paving-block-segi-enam/>)

2.1.2. Syarat Mutu Paving Blok

Dalam SNI 03- 0691-1996 dijelaskan syarat mutu Paving blok, yaitu sebagai berikut:

- a. Paving blok harus mempunyai permukaan yang rata. Tidak retak ataupun cacat fisik, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dipecahkan dengan kekuatan jari tangan.
- b. Paving blok harus memiliki ukuran tebal minimal 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.
- c. Paving blok harus mempunyai sifat-sifat fisik seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat-sifat Fisik Paving blok

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Rata-rata penyerapan air maksimal (%)
	Rata-rata	Minimal	Rata-rata	Min.	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sifat-sifat fisik Paving blok di atas, dalam setiap mutunya memiliki ketentuan penggunaan yang berbeda-beda :

- a. Paving blok mutu A digunakan untuk jalan dengan syarat kuat tekan minimal 35 MPa dan rata-rata 40 MPa.
- b. Paving blok mutu B digunakan untuk area parkir dengan syarat kuat tekan minimal 17 MPa dan rata-rata 20 MPa.
- c. Paving blok mutu C digunakan untuk pejalan kaki dengan syarat kuat tekan minimal 12,5 MPa dan rata-rata 15 MPa.
- d. Paving blok mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain dengan syarat kuat tekan minimal 8,5 MPa dan rata-rata 10 MPa.
- e. Apabila Paving blok diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat maksimal 1%.

Sedangkan syarat mutu Paving blok yang ditetapkan *British Standard 6717-1:1993* tentang *Manufacturing Specification for Precast Concrete Paving Block* adalah sebagai berikut:

- Paving blok memiliki ketebalan tidak kurang dari 60 mm. Untuk Paving blok type persegi panjang sebaiknya memiliki panjang 200 mm dan lebar 100 mm. Sedangkan untuk tipe S (tipe cacing) dengan bentuk apapun harus memiliki panjang garis 295 mm.
- Ukuran ketebalan ideal Paving blok yaitu 60 mm, 65 mm, 80 mm, dan 100 mm.
- Tali air yang terdapat di sekitar badan Paving blok sebaiknya mempunyai lebar tidak lebih dari 7 mm.
- Maksimum penyimpangan dimensi yang diizinkan pada Paving blok, yaitu panjang ± 2 mm, lebar ± 2 mm dan tebal ± 3 mm.

Faktor koreksi kuat tekan pada Paving blok menurut ketebalannya terdapat dalam Tabel 2.2. berikut:

Tabel 2. 2 Faktor Koreksi Kuat Tekan Paving blok menurut Ketebalannya

Ketebalan Paving blok (mm)	Faktor Kohesi	
	Paving blok Datar	Paving blok Bertali Air
60 atau 65	1,00	1,06
80	1,12	1,18
100	1,18	1,24

(Sumber : British Standard 6717-1, 1993)

2.1.3. Material Penyusun Paving blok

Paving blok tersusun dari semen, pasir, agregat halus serta bahan tambah lainnya (Maulia, 2019).

2.1.2.1. Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-2004, semen merupakan suatu jenis bahan bangunan yang mengandung sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan pecahan-pecahan mineral melekat menjadi sebuah massa yang padat. Semen hidrolis merupakan semen yang akan berubah sifat menjadi keras apabila dicampur dengan air.

Semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis menurut tujuan penggunaan, diantaranya:

- Jenis 1, semen yang dapat digunakan untuk semua kebutuhan dan tidak memerlukan persyaratan khusus
- Jenis 2, semen dengan panas hidrasi sedang dan tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan pada daerah dengan suhu tinggi dan struktur drainase
- Jenis 3, semen yang memiliki kuat tekan tinggi dalam waktu yang singkat

- d. Jenis 4, semen dengan panas hidrasi rendah. Semen ini digunakan pada konstruksi yang memerlukan jumlah dan peningkatan panas minimal. Cocok pada wilayah yang bersuhu panas
- e. Jenis 5, semen yang memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk beton di daerah yang tanah atau airnya mengandung sulfat tinggi

2.1.2.2. Air

Menurut (SNI 03-2847-2002), air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari zat berbahaya, termasuk oli, asam, alkali, garam, zat organik atau zat berbahaya lainnya. Air tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:

- Pilihan rasio campuran beton harus didasarkan pada rasio campuran beton menggunakan sumber air yang sama
- Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum

2.1.2.3. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat yang memiliki besar butir maksimum 4,76 mm dan berasal dari alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

2.1.4. Porositas Paving blok

Porositas adalah persentase rongga udara dari total volume beton. Porositas merupakan satuan yang menyatakan keporositasan suatu material. Persentase porositas dapat diketahui berdasarkan daya serap bahan terhadap air, yaitu perbandingan volume air yang diserap dengan volume total sampel (Himawan, 2014).

2.1.5. Serapan Air Paving blok

Semakin banyak pori yang ada pada beton maka akan semakin besar pula penyerapan airnya, sehingga ketahanan terhadap tekan akan berkurang. Rongga udara (pori) yang terdapat pada beton terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi material penyusunnya. Perbandingan air yang terlalu besar dapat menciptakan rongga, karena terdapat air yang tidak bereaksi dan kemudian menguap dan menjadi rongga (Himawan, 2014)

2.2 Beton Porous

Beton porous adalah beton dengan sifat permeabilitas yang tinggi, bobotnya yang ringan disebabkan dari tidak adanya atau sedikitnya penggunaan butiran halus. Karena sifatnya tersebut, beton jenis ini dapat diaplikasikan sebagai lapis perkerasan yang memungkinkan air hujan atau air limpasan yang ada di permukaannya untuk melewatinya, sehingga dapat mengurangi genangan sekaligus dapat menaikkan muka air tanah. Sifat porositas tersebut dapat dicapai karena adanya kandungan rongga yang saling berhubungan (Maulia, 2019).

Menurut *ACI (American Concrete Institut) 522R-10* mengenai *Pervious Concrete*, beton berpori memiliki kuat tekan sebesar 400 sampai 4000 psi (2,8 MPa sampai dengan 28 MPa). Berat jenis beton porous umumnya berkisar 70% dari beton normal jika dibuat dengan menggunakan bahan yang sama. Berat jenis beton porous bervariasi dari 1602 sampai 1922 kg/m³.

Bahan utama penyusun beton porous adalah semen *portland*, agregat, air. Pada beton porous, agregat yang digunakan hanya agregat kasar saja atau dengan sedikit penggunaan agregat halus atau tidak sama sekali. Faktor air semen sangat berpengaruh pada pembentukan rongga udara dalam beton, serta menjadi faktor pengaruh dari kuat tekan yang dicapai. Menurut *ACI 522R-10* beton porous mampu menghasilkan rongga udara sebesar 15% - 25% dari total keseluruhan volumenya dan memiliki nilai slump yang sangat kecil atau mendekati nol. Dengan diaplikasikannya beton porous pada perkerasan jalan maka limpasan air diharapkan mampu terserap ke dalam tanah (Erma dan Hazairin, 2018).

Beton porous dapat diaplikasikan di area parkir, jalur jalan dengan lalu lintas ringan, trotoar pejalan kaki serta permukiman yang berwawasan lingkungan (Putri, 2019).



Gambar 2. 2 Beton Porous

(Sumber: <https://www.niagareadymix.com/2021/02/beton-berpori-kelebihan-dan-kekurangan.html>)

2.2.1. Material Penyusun Beton Porous

Menurut Satrio (2020), dalam pembuatan beton porous terdapat beberapa material penyusun sebagai berikut:

2.2.1.1. Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-2004, semen merupakan suatu jenis bahan bangunan yang mengandung sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan pecahan-pecahan mineral melekat menjadi sebuah massa yang padat. Semen hidrolis merupakan semen yang akan berubah sifat menjadi keras apabila dicampur dengan air.

Semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis menurut tujuan penggunaan, diantaranya:

- Jenis 1, semen yang dapat digunakan untuk semua kebutuhan dan tidak memerlukan persyaratan khusus.
- Jenis 2, semen dengan panas hidrasi sedang dan tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan pada daerah dengan suhu tinggi dan struktur drainase.
- Jenis 3, semen yang memiliki kuat tekan tinggi dalam waktu yang singkat.
- Jenis 4, semen dengan panas hidrasi rendah. Semen ini digunakan pada konstruksi yang memerlukan jumlah dan peningkatan panas minimal. Cocok pada wilayah yang bersuhu panas.
- Jenis 5, semen yang memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk beton di daerah yang tanah atau airnya mengandung sulfat tinggi

2.2.1.2. Air

Menurut (SNI 03-2847-2002), air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari zat berbahaya, termasuk oli, asam, alkali, garam, zat organik atau zat berbahaya lainnya. Air tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:

- Pilihan rasio campuran beton harus didasarkan pada rasio campuran beton menggunakan sumber air yang sama
- Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum

2.2.1.3. Agregat Kasar

Menurut (SNI 03-2847-2002, 2002), agregat kasar adalah kerikil yang dihasilkan oleh proses pemecahan alami batu alam atau industri pengolahan kerikil, ukurannya berkisar antara 5 mm sampai dengan 40 mm. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Kerikil harus terdiri dari partikel keras, tidak berpori dan memiliki sifat kekal (tidak rusak atau hancur oleh pengaruh kondisi cuaca). Mengandung partikel pipih tidak lebih dari 20%. Jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton, tidak boleh mengandung bahan alkali-reaktif akibat kelembapan atau kelembapan konstan, atau bersentuhan dengan tanah lembab. Agregat reaktif alkali dapat dibuat dari semen, dan kandungan alkali dihitung setara dengan kandungan natrium oksida tidak lebih dari 0.6%, atau bahan yang dapat mencegah ekspansi dapat ditambahkan. Zat ini dapat mengembang karena reaksi agregat alkali. Itu bisa dibuat menjadi beton
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak beton, seperti bahan yang sangat reaktif, dan dibuktikan dengan uji warna larutan NaOH.
- c. Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 1% (berat kering). Jika kandungan lumpur lebih besar dari 1%, maka agregat kasar harus dicuci

2.2.1.4. Aditif

Aditif adalah bahan tambahan selain semen, air dan agregat, dan dapat ditambahkan sebelum atau selama pencampuran. Menambahkan aditif pada

campuran beton tidak akan mengubah komposisi bahan lain, karena penggunaan aditif ini sering dapat menggantikan campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya adalah untuk meningkatkan atau mengubah sifat-sifat dan karakteristik tertentu dari beton yang diproduksi (Satrio, 2020).

Umumnya, aditif yang digunakan dalam beton dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu aditif kimia dan aditif mineral. Untuk menghasilkan beton dengan faktor air semen yang rendah tetapi masih mudah diproses, diperlukan aditif, salah satunya adalah penggunaan bahan kimia *superplasticizers*. Karena kemampuan untuk mengurangi konsumsi air yang tinggi, campuran beton dan aditif dapat menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi (Satrio, 2020).

2.2.2. Karakteristik Beton Porous

Beton porous memiliki kuat tekan yang tergolong rendah apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton konvensional. Mengacu pada ACI 522R-10, menyatakan bahwa kuat tekan rata-rata beton porous berkisar antara 2.8 MPa - 28 MPa, sehingga beton porous hanya cocok digunakan pada perkerasan jalan dengan intensitas beban lalu lintas ringan seperti trotoar, tempat parkir, jalur pejalan kaki, jalan-jalan perumahan dan taman (Erma dan Hazairin, 2018).

2.2.3. Porositas Beton Porous

Porositas merupakan persentase volume rongga udara terhadap volume total dari keseluruhan beton porous. Pada beton porous nilai porositas sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya rongga udara yang dihasilkan. Semakin besar rongga udara, maka nilai porositas juga semakin besar yang berarti beton porous dapat mengalirkan air dengan cepat.

Semakin besar nilai porositas, maka kekuatan beton porous menjadi semakin berkurang karena terjadinya penurunan ikatan-ikatan antar agregat dengan semen (Erma dan Hazairin, 2018).

2.2.4. Permeabilitas Beton Porous

Permeabilitas merupakan kemampuan batuan untuk meloloskan cairan atau gas melalui rongga udara yang saling berhubungan. Menurut ACI 552R-10, nilai minimal permeabilitas beton porous adalah 0,22 cm/s dan maksimalnya 1,22 cm/s.

Nilai permeabilitas pada beton porous dapat ditentukan dengan pengujian yang menggunakan prinsip *falling head permeability*, yaitu dengan mengukur waktu

yang dibutuhkan oleh ketinggian air jatuh dari batas atas sampai batas bawah. Nilai permeabilitas biasanya disajikan dalam satuan cm/detik (Erma dan Hazairin, 2018). Untuk menghitung nilai permeabilitas dari beton porous dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$K = A/t$$

Dimana,

K = nilai permeabilitas (cm/s)

A = koefisien luar permukaan (cm)

t = waktu (s)

2.3 Bahan Tambah

Menurut Maulia (2019), selain menggunakan bahan semen portland, air, agregat kasar, dan agregat halus dalam pembuatan beton juga bisa ditambahkan dengan bahan-bahan pendukung lainnya sesuai dengan kebutuhan. Berikut merupakan beberapa bahan tambah yang bisa digunakan.

2.3.1 Abu Batu

Abu batu adalah bahan bangunan yang berasal dari hasil dari proses penghancuran bongkahan batu yang digunakan untuk campuran beton. Kelebihan dari abu batu bila dibandingkan dengan menggunakan pasir, yang pertama adalah dari ukuran butirannya yang sangat kecil seperti debu atau abu dan ukurannya tersebut cukup merata ke seluruh bagiannya, sehingga dalam penggunaannya tidak diperlukan lagi proses pengayakan seperti saat kita menggunakan pasir (Maulia, 2019).

2.4 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban yang mampu ditahan persatuan luas. Kekuatan Paving blok biasanya tergantung pada bahan penyusunnya. Untuk memperoleh kuat tekan yang diinginkan maka perlu dilakukan proses perawatan agar proses reaksi kimia pada semen dapat berjalan sempurna (Maulia, 2019).

Pengujian kuat tekan Paving blok menurut SNI-03-0691-1996 adalah sebagai berikut:

- a. Ambil 10 buah benda uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dan rusuk-rusuknya disesuaikan dengan ukuran contoh uji.

- b. Benda uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai benda uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaiannya.
- c. Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan (mm²)

Kuat tekan rata-rata dari benda uji dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah benda uji. Dalam reaksi dari pembebanan tekan (P) yang diberikan oleh mesin uji tekan (*Compression Test Machine*) akan diterima oleh seluruh daerah luasan penampang secara merata hingga terjadi keruntuhan pada benda uji beton (SNI-03-0691-1996, 1996).

Menurut Wahyu (2019), Beton yang sudah mencapai umur 28 hari akan memiliki kuat tekan yang maksimal. Sehingga umumnya digunakan acuan kuat tekan setelah mencapai umur 28 hari untuk berbagai keperluan. Maka jika beton belum mencapai umur 28 hari, namun dengan kondisi tertentu harus dilakukan uji kuat tekan saat itu juga maka dapat dilakukan konversi terhadap kuat tekan yang diperoleh sesuai umur saat pengujian. Angka konversi umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Angka Konversi Umur Beton

Umur Beton (Hari)	3	7	14	21	28
Konversi Umur	0,46	0,7	0,88	0,96	1

Cara konversi umur beton menggunakan angka konversi pada tabel 2.3 dengan rumus :

$$f_{c' \text{ 28 Hari}} = \frac{f_{c' \text{ N Hari}}}{\text{Angka Konversi}}$$

Keterangan :

$f_{c'}$ = Kuat tekan (MPa)

N = Umur beton (Hari)

2.5 Penelitian Sejenis Sebelumnya

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya antara lain:

Tabel 2. 4 Penelitian Sejenis Sebelumnya

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
1.	SIFAT MEKANIK PAVING BLOK KOMPOSIT SEBAGAI LAPIS PERKERASAN BEBAS GENANGAN AIR (PERMEABLE PAVEMENT), Iqbal Maulia, Ismeddiyanto, Reni Suryanita (2019)	Mengetahui sifat mekanik (kuat tekan) dari Paving blok komposit tanpa mempengaruhi kemampuan infiltrasi dari beton porous.	Membuat 5 jenis sampel dengan ukuran kombinasi pada dimensi porous yang masing-masing benda uji berjumlah 3 buah. Kemudian sampel yang sudah jadi dilakukan pengujian kuat tekan guna mengetahui rata-rata kuat tekan yang dimiliki bahan uji.	<p>a. Cetakan pembuatan bahan uji masih menggunakan alat konvensional dengan sedikit modifikasi sederhana sehingga terjadi kurangnya presisi ukuran pada benda uji yang dihasilkan.</p> <p>b. Kurang meratanya pencampuran bahan yang menyebabkan perbedaan signifikan pada kualitas benda uji dengan jenis yang sama.</p> <p>c. Perlunya percobaan lebih lanjut dengan variasi perbandingan bahan yang digunakan untuk mendapatkan perbandingan terbaik.</p>

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
2	PENGARUH KOMPOSISI KIMIA BAHAN PENYUSUN PAVING BLOK TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIRNYA, Mulkan Hambali, Intra Lesmania, Adesta Midkasna (2013)	<p>a. Mengetahui pengaruh senyawa SiO₂ (Silika Dioksida) dan polyethylene yang bersifat mengikat dan bersifat kedap air terhadap kuat tekan dan daya serap beton paving.</p> <p>b. Mengetahui pengaruh masa simpan produk terhadap kuat tekan dan daya serap air pada beton paving.</p>	Membuat bahan uji yaitu Paving blok dengan campuran polyethylene yang terdapat pada limbah plastik LDPE dan HDPE yang kemudian dianalisa reaksi kimiawinya dengan acuan reaksi kimia dari Brown.	Senyawa SiO ₂ yang banyak terdapat dalam pasir mempengaruhi terhadap kuat tekan dari bahan uji, sifat mekanik dari polyethylene yang mampu mengikat agregat lain juga turut meningkatkan kuat tekan dari bahan uji dan menurunkan daya serap air karena sifatnya yang kedap air. Daya serap air mengalami penurunan pada masa simpan 16 hari diiringi peningkatan kuat tekan dari bahan uji.
3.	VARIASI PERBANDINGAN SEMEN DAN AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON BERPORI, Dandi Dwi Satrio, Gusneli Yanti, Shanti Wahyuwu Megasri (2020)	Mengetahui kuat tekan dan porositas beton berpori menggunakan variasi perbandingan semen dan agregat kasar.	Dibuat sebanyak 24 benda uji dengan dimensi 15 cm x 30 cm. Benda uji diproduksi menggunakan variasi agregat kasar 0.5 cm - 1cm, 1cm -2cm, 2cm - 3cm dengan perbandingan 20:40:40. Semen <i>Portland</i> dan agregat kasar menggunakan perbandingan 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 dengan faktor air	Penggunaan zat aditif mempengaruhi terhadap kuat tekan dari benda uji, yang mana benda uji dengan zat aditif mempunyai kuat tekan lebih tinggi daripada benda uji yang tidak menggunakan aditif. Penggunaan zat aditif tidak mempengaruhi

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
			<p>semen 0,30 serta digunakan tambahan zat aditif sebesar 0,7 % terhadap berat semen. Lalu benda uji dicetak kemudian perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam air selama 28 hari. Setelah mencapai umur perawatan maka dilakukan uji tekan terhadap benda uji.</p>	<p>sifat porositas secara signifikan terhadap benda uji. Seluruh benda uji yang menggunakan atau tidak menggunakan zat aditif telah memenuhi standar sifat porositas yaitu 15% - 35%.</p>
4.	<p>KAJIAN EKSPERIMENTAL SIFAT MEKANIK BETON POROUS DENGAN VARIASI FAKTOR AIR SEMEN, Erma Desmaliana, Hazairin, Bernardinus Herbudiman, Rossa Lesmana (2018)</p>	<p>Untuk mengkaji mengenai faktor air semen (FAS) terhadap campuran beton porous. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi apakah campuran beton porous dengan nilai faktor air semen (FAS) yang optimum dapat diaplikasikan untuk bahan konstruksi.</p>	<p>Pada penelitian ini dilakukan beberapa jenis pengujian, diantaranya adalah: pengujian material agregat kasar (batu pecah), pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton, pengujian kuat lentur beton, dan pengujian permeabilitas. Penelitian ini menggunakan alat-alat utama sebagai berikut: universal testing machine (UTM) yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan kuat lentur beton, serta alat <i>falling head</i> untuk pengujian permeabilitas.</p>	<p>a. Kuat tekan beton porous menurun kekuatannya seiring dengan meningkatnya rasio faktor air semen. b. Permeabilitas beton porous mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya rasio faktor air semen. c. Beton porous dengan semua variasi faktor air semen (FAS) memenuhi syarat sebagai perkerasan jalan normal.</p>

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
5.	PENGARUH UKURAN AGREGAT KASAR TERHADAP KARAKTERISTIK INFILTRASI DAN PERMEABILITAS BETON POROUS, Eko Riyanto, Agung Setiawan, Muhamad Taufik (2023)	Mengkaji dan evaluasi kinerja sifat mekanik dan hidraulik beton porous menggunakan bahan tambah abu batu sisa penggergajian kerajinan batu Gunung Merapi.	Membuat campuran beton porous menggunakan berbagai variasi perbandingan campuran semen dan agregat ditambah <i>filler</i> (abu batu) dengan FAS tetap. Ukuran agregat 1-2 cm digunakan pada proporsi campuran semen dan agregat 1:5 sampai dengan 1:8 tanpa bahan tambah abu batu dan dengan abu batu. Benda uji memakai agregat ukuran 2-3 juga seperti agregat ukuran 1-2 cm.	Kinerja beton porous dengan ukuran agregat 1-2 cm dan abu batu meningkatkan kuat tekan namun daya lolos air menurun. Kuat tekan beton porous tertinggi memakai ukuran agregat kecil (1-2 cm) dengan abu batu 7,47 MPa. dengan infiltrasi 0,28 cm/s dan permeabilitas 2,81 cm/s. Peningkatan kuat tekan memakai abu batu ukuran agregat 1-2 cm sebesar 40,83 % dan ukuran agregat 2-3 cm sebesar 62,30%.
6.	EVALUASI SIFAT MEKANIK DAN HIDRAULIK BETON POROUS DENGAN VARIASI CAMPURAN, Agung Setiawan (2021)	Menginvestigasi karakteristik kuat tekan, infiltrasi dan permeabilitas menggunakan variasi campuran komposisi semen dibanding agregat.	Penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimental yaitu melakukan percobaan uji tekan pada sampel silinder beton porous, uji infiltrasi dan permeabilitas di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.	a. Karakteristik mekanik, kuat tekan beton porous terbesar yaitu komposisi campuran semen dan agregat 1 : 8 sebesar 5,41 M.Pa. Karakteristik hidraulik komposisi perbandingan semen dan agregat 1 : 8, infiltrasi sebesar 1,01 cm/detik dan konduktivitas hidraulik 5,80 cm/detik.

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
				<p>b. Semakin besar perbandingan semen dengan agregat maka kuat tekan semakin menurun, kemampuan meloloskan air semakin besar. Kuat tekan, infiltrasi dan konduktivitas hidraulik masih memadai.</p>
7.	<p>SIFAT FISIK PAVING BLOK KOMPOSIT SEBAGAI LAPIS PERKERASAN BEBAS GENANGAN AIR (PERMEABLE PAVEMENT) Elsyani Eka Putri (2019)</p>	<p>Untuk mempertahankan mutu beton porous tanpa mengurangi kemampuan dalam meloloskan air.</p>	<p>penelitian ini memakai 6 variasi sampel yaitu Paving blok normal, Paving blok komposit 1 ½”, Paving blok porous 2”, paving block komposit 2 ½”, Paving blok porous 3” dan Paving blok seluruhnya diisi beton porous. Kemudian dilakukan pengujian absorpsi, densitas, dan laju infiltrasi.</p>	<p>a. Menurut SNI 03-0691-1996, Paving blok normal dan Paving blok porous 1 ½’ dapat digunakan untuk perkerasan jalan, Paving blok porous 2’ dan 2 ½’ dapat digunakan untuk peralatan parkir, Paving blok porous 3’ dapat digunakan untuk perkerasan trotoar atau pejalan kaki, dan Paving blok porous dapat digunakan untuk perkerasan taman.</p> <p>b. Diperoleh nilai optimum kuat tekan inovasi Paving blok porous yaitu sebesar 20,8 MPa dengan nilai optimum laju infiltrasi sebesar 2,78 mm/s.</p>

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
				<p>Didapatkan kesimpulan, inovasi Paving blok porous dapat dijadikan sebagai alternatif lapis perkerasan yang memiliki kemampuan meloloskan air atau memiliki sifat <i>permeable</i> sehingga memungkinkan guna mengurangi genangan-genangan air.</p>
8.	<p>ANALISIS KUAT TEKAN PAVING BLOK DENGAN CAMPURAN MINAREX H., Ragil Prasetyo Himawan (2014)</p>	<p>Mengetahui kuat tekan Paving blok jika menggunakan campuran minarex H.</p>	<p>Perbandingan komposisi berat semen dengan agregat yaitu 1:12, dengan variasi presentase minarex sebesar pada sampel A : 1%, B : 2%, C : 3%, D : 4% dan E : 5% dari berat keseluruhan.</p>	<p>Penelitian ini menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar $f_c' 19.7377$ MPa yang terdapat pada sampel beton C dan kuat tekan minimal sebesar $f_c' 19.646$ Mpa terdapat pada sampel beton B. Tidak ada perbedaan yang signifikan dari kuat tekan apabila dengan minarex H atau tanpa dengan minarex H.</p>

No.	Judul, Penulis, Dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Kesimpulan
9.	PENGARUH UKURAN AGREGAT KASAR BERGRADASI SERAGAM PADA BETON POROUS, Arusmalem Ginting (2018)	Mengetahui pengaruh ukuran agregat kasar terhadap kuat tekan dan porositas beton porous	Penelitian menggunakan perbandingan antara semen dan agregat dengan nilai 1:5 dan 1:6. Dengan Faktor air semen sebesar 0,2 dan 0,25. ukuran agregat menggunakan 10 mm, 20 mm, 40 mm dan 76 mm.	Semakin besar ukuran agregat yang dipakai menyebabkan penurunan kuat tekan beton porous. Penggunaan faktor air semen 0,2 memiliki kuat tekan lebih tinggi dari penggunaan faktor air semen 0,25 pada beton porous.

Penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat perbedaan. Penelitian Paving blok porous sebelumnya membuat 5 jenis sampel dengan ukuran kombinasi pada dimensi porous yang masing-masing Variasi benda uji berjumlah 5 sampel. Kemudian sampel yang sudah jadi dilakukan uji kuat tekan dan laju infiltrasi untuk mengetahui rata-rata kuat tekan yang dimiliki benda uji.

Sedangkan Penelitian Paving blok porous kali ini direncanakan tidak membuat benda uji dengan Variasi ukuran kombinasi pada dimensi beton porous, karena pada penelitian sebelumnya sudah ditemukan dimensi beton porous dengan kuat tekan dan permeabilitas optimum, sebab itu peneliti memakai dimensi beton porous dari hasil penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini akan menggunakan 4 Variasi benda uji, yaitu 3 Variasi dengan ukuran agregat yang sama dan 1 Variasi dengan ukuran agregat mix atau campuran dari ketiga agregat tersebut, masing-masing Variasi benda uji berjumlah 3 sampel untuk tiap pengujian. Kemudian sampel yang sudah jadi dilakukan uji kuat tekan dan uji permeabilitas untuk mengetahui rata-rata kuat tekan dan nilai permeabilitas yang dimiliki benda uji. Berdasarkan hal tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk inovasi perkerasan di bidang *permeable pavement* dengan menambahkan beton pori pada paving blok. Benda uji dalam penelitian ini adalah paving blok dengan bentuk segi enam dengan panjang tiap sisi 11.5 cm dan tinggi 6 cm, pada bagian tengah paving blok diberi beton porous dengan diameter 2 inch. Pengujian pada benda uji adalah uji kuat tekan dan uji permeabilitas pada paving blok yang telah berumur 7 – 14 hari. Pada tabel 3.1 dapat dilihat jumlah benda uji.

Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji

No.	Ukuran Agregat Kasar	Jumlah Sampel Benda Uji	
		Kuat Tekan	Permeabilitas
1	Lolos saringan 12.5 tertahan 9.5	3	3
2	Lolos saringan 19 tertahan 12.5	3	3
3	Lolos saringan 25 tertahan 19	3	3
4	Agregat <i>mix</i> lolos saringan 25 tertahan 9.5	3	3

3.1.1. Alat Penelitian

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini yaitu :

a. Alat Cetak *Paving block*

Alat cetak yang digunakan merupakan alat cetak manual berbentuk segi enam.



Gambar 3. 1 Alat Cetak *Paving block*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Sekop

Sekop digunakan untuk membantu proses pengadukan dan penuangan bahan.



Gambar 3. 2 Sekop

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

c. Saringan

Saringan digunakan untuk menyaring agregat sesuai ukuran yang dipakai



Gambar 3. 3 Saringan Agregat

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

d. Timbangan

Timbangan adalah alat yang dipakai dalam pengukuran massa suatu benda. Pada penelitian ini timbangan dipakai untuk mengukur berat benda uji dan volume air dalam uji permeabilitas.



Gambar 3. 4 Timbangan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

e. *Stopwatch*

Stopwatch merupakan alat yang dipakai untuk pengukuran durasi waktu yang diperlukan maupun yang sudah berlalu. Dalam penelitian ini *stopwatch* digunakan untuk mengukur kecepatan penyerapan air dalam uji permeabilitas.



Gambar 3. 5 Stopwatch

(Sumber: <https://infoperkakas.com/fungsi-dan-prinsip-kerja-stopwatch/>)

f. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk menguji kadar lumpur pada pasir yang digunakan.



Gambar 3. 6 Gelas Ukur

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- g. Oven
Oven berfungsi sebagai alat pengering agregat halus pada pengujian kadar air.



Gambar 3. 7 Oven
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- h. Mesin Uji Kuat Tekan
Alat ini dipakai untuk melakukan pengujian kuat tekan dari benda uji yang dibuat.



Gambar 3. 8 Mesin Uji Kuat Tekan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- i. Kalkulator
Mesin hitung atau kalkulator merupakan alat menghitung, dari yang perhitungan sederhana semacam penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian sampai kalkulator ilmiah yang bisa menghitung rumus matematika tertentu.



Gambar 3. 9 Kalkulator
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.1.2. Bahan Penelitian

Penelitian ini memakai *paving block* dan beton porous yang disatukan dalam 1 (satu) profil benda uji.

a. *Paving block*

Paving block yang berbentuk segi enam dengan panjang tiap sisi 11.5 cm dan ketebalan 6 cm. Pada area tengah dari *paving block* diberi lubang sebesar 2” (50,8 mm) untuk diisi menggunakan beton porous. Berikut merupakan bahan pembuatan paving blok :

a. Semen Portland

Semen menggunakan semen portland merk Semen Gresik



Gambar 3. 10 Semen Portland
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Agregat Halus

Agregat halus dalam penelitian ini menggunakan pasir.



Gambar 3. 11 Pasir
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

c. Air Bersih

Air digunakan untuk memicu reaksi kimia pada semen agar dapat digunakan sebagai bahan perekat/pengikat agregat. Air yang digunakan harus air bersih untuk menghindari kontaminasi zat lain yang dapat menurunkan kualitas *paving block*.



Gambar 3. 12 Air Bersih
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

d. Abu Batu

Abu batu digunakan untuk bahan substitusi agregat halus.



Gambar 3. 13 Abu Batu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

e. *SikaCim* (Bahan Tambah)

SikaCim (Bahan Tambah) adalah bahan tambah aditif yang digunakan guna mempercepat proses pengerasan beton atau *paving block*.



Gambar 3. 14 SikaCim (Bahan Tambah)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Beton Porous

Beton porous merupakan beton dengan tingkat porositas lebih tinggi dari beton konvensional, dengan begitu beton porous memiliki nilai permeabilitas yang tinggi pula. Beton porous akan diletakkan pada lubang yang sudah disiapkan di tengah *paving block*, hal ini berguna untuk meningkatkan daya serap air dari paving tersebut. Dalam membuat beton porous diperlukan bahan-bahan yaitu :

f. Semen *Portland*

Semen menggunakan semen portland merk Semen Gresik.



Gambar 3. 15 Semen Portland
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

g. Agregat Kasar

Pembuatan beton porous hanya menggunakan agregat kasar dan sedikit atau tidak dengan agregat halus untuk mendapatkan nilai porositas yang tinggi. Pada penelitian ini menggunakan 3 ukuran agregat kasar, yaitu lolos saringan 1/2 inci tertahan 1/4 inci; lolos saringan 3/4 inci tertahan 1/4 inci; lolos saringan 1 inci tertahan 3/4 inci.



Gambar 3. 16 Agregat Kasar
(Sumbe: Dokumentasi Pribadi)

h. Air Bersih

Air untuk memicu reaksi kimia pada semen agar mampu mengikat agregat. Digunakan air yang bersih untuk menghindari kontaminasi zat/benda asing dalam campuran beton yang berpotensi mempengaruhi kekuatannya.



Gambar 3. 17 Air Bersih
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.2 Tahapan Penelitian

Agar penelitian dilakukan dengan hasil yang maksimal dan baik, maka diperlukan tahapan - tahapan penelitian yang teratur.

3.2.1. Tahap I Persiapan Alat dan Bahan

Tahap ini menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan selama proses pembuatan benda uji, hal-hal yang harus dilaksanakan yaitu :

- a. Menyiapkan bahan yang diperlukan.
- b. Menyiapkan peralatan yang digunakan.
- c. Memastikan kondisi alat dalam keadaan bersih dan siap digunakan.
- d. Memahami prosedur penggunaan alat.
- e. Menggunakan APD bila diperlukan.

3.2.2. Tahap II Pemeriksaan Bahan

Dilakukan pemeriksaan bahan guna memastikan kondisi bahan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi fisik dan mutu. Hal-hal yang harus dilaksanakan yaitu :

- a. Pemeriksaan kondisi fisik bahan yang meliputi warna, tekstur, aroma dan kandungan lain dalam bahan.
- b. Mengukur dan menimbang bahan sesuai dengan takaran yang dibutuhkan.

3.2.3. Tahap III Perencanaan Campuran dan Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini direncanakan pembuatan paving blok dengan tambahan beton porous berdiameter 2 inch pada bagian tengah paving blok. Beton porous dibuat menggunakan 4 variasi ukuran agregat kasar, yaitu lolos saringan 1/2 Inchi tertahan saringan 1/4 inci, lolos saringan 3/4 inci tertahan saringan 1/2 inci, lolos saringan 1 inci tertahan saringan 3/4 inci dan campuran dari 3 ukuran sebelumnya. Tiap variasi benda uji berjumlah 6 buah.

3.2.4. Tahap IV Pengujian Benda Uji

Setelah benda uji dibuat maka berikutnya memasuki masa perawatan sebelum diuji. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan permeabilitas benda uji di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.2.5. Tahap V Analisa dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian terhadap benda uji, tahapan selanjutnya adalah analisis data. Data yang diperoleh selama masa penelitian dikumpulkan untuk didapatkan kesimpulan.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Dalam penulisan ini akan dilakukan pengolahan data dengan tahapan pembuatan benda uji paving blok porous yang terdiri dari *paving block* dan beton porous. Langkah-langkah pembuatan paving blok porous yaitu :

3.3.1 Pembuatan *Paving block*

Siapkan alat dan bahan yang diperlukan kemudian campurkan semen, abu batu dan pasir dengan perbandingan 1 : 1,5 : 1,5. Tambahkan 400 ml air ke dalam bahan campuran dan bahan *additive SikaCim* seperlunya sesuai anjuran pemak Letakkan pipa *PVC* di tengah cetakan.



Gambar 3. 18 Pencampuran Bahan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Setelah adonan siap, tuang ke dalam cetakan mengelilingi pipa PVC, kemudian adonan ditumbuk dengan alat penumbuk agar memadat. Angkat cetakan dan tempatkan benda uji ke tempat yang aman.



Gambar 3. 19 Pencetakan *Paving Block*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.3.2 Pembuatan Beton Porous

Siapkan bahan-bahan yang diperlukan, yaitu semen *portland*, agregat kasar dan air. Campur agregat kasar dan semen portland dengan perbandingan 3:1 dengan 100 ml air. Masukkan beton porous ke dalam lubang tengah *paving block* hingga penuh dan padat. Pastikan permukaan dari beton porous sama rata dengan *paving block*. Biarkan mengering selama 24 jam, setelah itu dilaksanakan perawatan benda uji atau curing.



Gambar 3. 20 Pembuatan Benda Uji

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.3.3 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilaksanakan setelah benda uji berusia 24 jam setelah pembuatan. Lakukan penyiraman benda uji menggunakan air bersih tiap 3 hari sekali untuk menjaga kelembaban. Hal ini bertujuan agar proses reaksi kimia pada semen dapat berjalan secara maksimal.



Gambar 3. 21 Perawatan Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.3.4 Pematongan Benda Uji

Setelah benda uji melewati masa perawatan maka tahap selanjutnya adalah pengujian kuat tekan. Benda uji dipersiapkan terlebih dahulu dengan memotong benda uji menggunakan ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm mengacu pada SNI 03-0691-1996.



Gambar 3. 22 Pematongan Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.3.5 Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian ini yaitu uji kuat tekan dan uji permeabilitas pada benda uji yang telah dibuat.

a. Uji Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan benda uji dalam menahan beban yang bekerja dari atas. Metode pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-0691-1996. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung. Langkah-langkah pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji, yaitu *paving block* dan beton porous yang telah dipotong berbentuk kubus dengan dimensi 60 x 60 x 60 mm.
2. Letakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan.
3. Pengujian kuat tekan dimulai dan hasil kuat tekan bisa dilihat pada layar mesin uji kuat tekan.
4. Catat dan dokumentasi hasil pengujian tiap benda uji.



Gambar 3. 23 Proses Pengujian Kuat Tekan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Umur beton yang memiliki kemampuan kuat desak maksimal adalah 28 hari dalam pengujian kuat tekan. Umur *paving block* penelitian ini saat di uji kuat tekan adalah 7 hari (Variasi 1-3) dan 3 hari (Variasi 4), begitu juga untuk umur beton porous saat di uji kuat tekan adalah 7 hari untuk semua Variasi. Untuk mendapatkan hasil sesuai dengan umur 28 hari maka peneliti melakukan konversi umur pada hasil uji kuat tekan tersebut menjadi 28 hari. Yang dibutuhkan dari penelitian ini hanya 1 nilai kuat tekan dari masing-masing variasi, sedangkan uji kuat tekan terdapat di 2 benda uji yang berbeda yaitu

paving block dan beton porous. Untuk mendapatkan 1 nilai kuat tekan maka hasil kuat tekan dari *paving block* dan beton porous dihitung dengan perbandingan presentase setiap benda uji dari total volume *paving block* porous.

b. Uji Permeabilitas

Pengujian permeabilitas digunakan untuk mengetahui kecepatan cairan dalam melewati/menembus benda uji. Pengujian ini mengacu pada ACI 522R-10 dengan menggunakan prinsip *falling head*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dengan alat sederhana yang dimodifikasi untuk mengetahui kecepatan air dalam melewati/menembus lapisan benda uji.



Gambar 3. 24 Proses Pengujian Permeabilitas
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

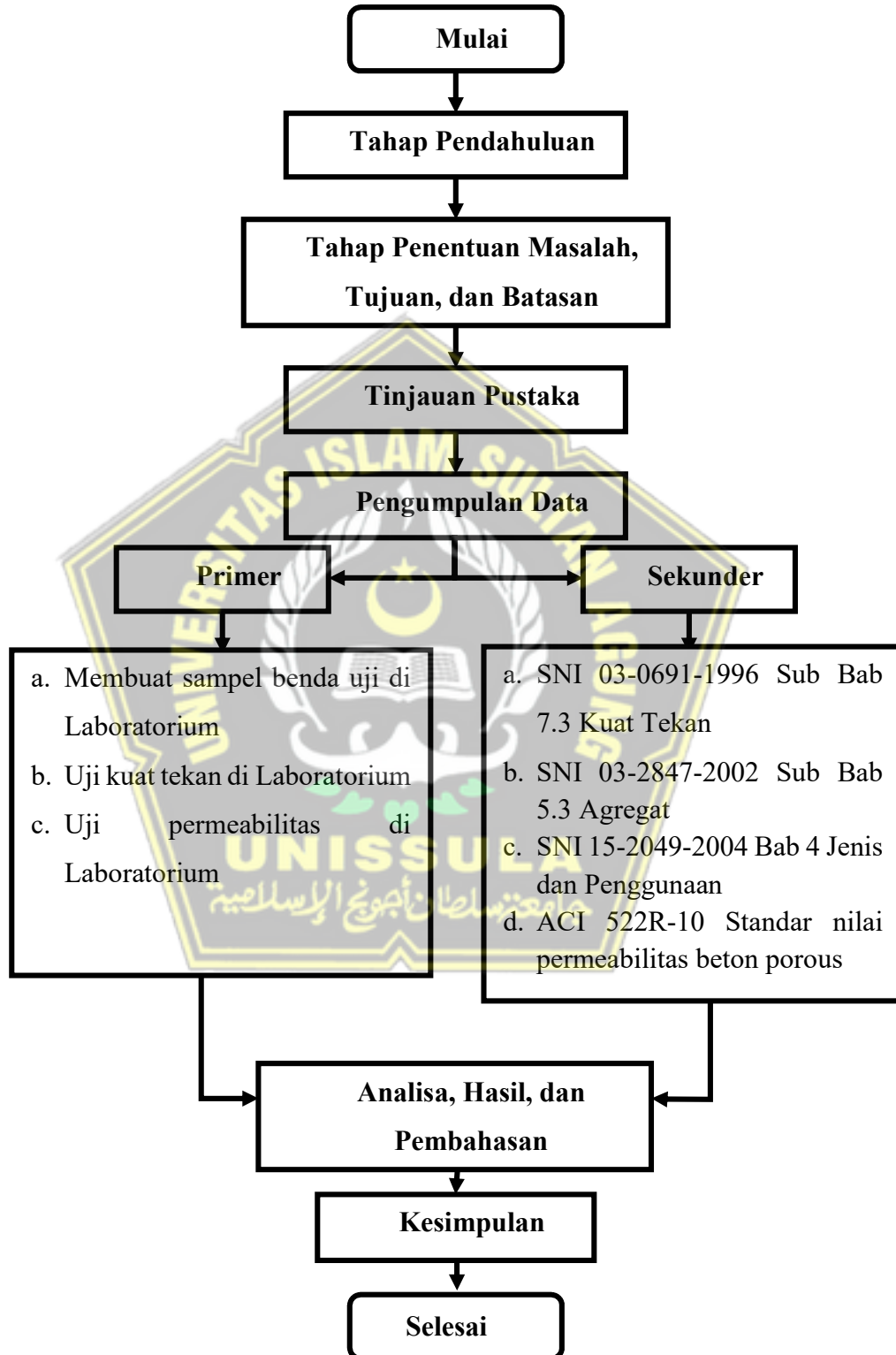
3.4 Metode Analisis Data

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui cara pembuatan paving blok porous dan mengetahui kekuatan tekan dan nilai permeabilitas dari benda uji yang sudah dibuat. menggunakan data yang sudah diperoleh dari hasil penelitian serta menggunakan data sekunder sebagai acuan akan dihasilkan data kuat tekan dan permeabilitas dari benda uji. Secara umum analisa ini meliputi:

- a. Analisa kuat tekan *paving block* porous yang telah dibuat.
- b. Analisa nilai permeabilitas *paving block* porous yang telah dibuat.
- c. Analisa pengaruh ukuran agregat kasar terhadap permeabilitas *paving block* porous.

3.5 Bagan Alir Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian terdapat tahapan penelitian. Berikut merupakan bagan alir berisi tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3. 25 Bagan Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi. Pada penelitian ini untuk mengetahui kuat tekan dan permeabilitas pada *paving block* porous dengan variasi perbedaan agregat kasar. Berdasarkan dari batasan masalah tersebut diambil untuk pengujian kuat tekan dan permeabilitas pada *paving block* porous umur 28 hari.

4.2. Uji Material

Dari pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang, maka didapat hasil data pengujian bahan - bahan sebagai berikut :

4.2.1. Agregat Halus

Pada penelitian ini dilakukan pengujian agregat halus sebelum dilaksanakan pembuatan benda uji :

a. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air dalam pasir dilakukan dengan cara meng-oven pasir selama 24 jam guna mengetahui kandungan air dalam pasir tersebut. Hasil dari uji kadar air pasir dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Uji Kadar Air

Sampel	Berat Pasir Sebelum Oven (gr)	Berat Pasir Setelah Oven (gr)	Kadar Air (%)
Pasir	500	486.2	2.76

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan hasil pengujian kadar air agregat halus dengan nilai sebesar 2,76%.

b. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur dilakukan dengan cara merendam pasir dengan air dalam gelas ukur selama 24 jam. Setelah perendaman selama 24 jam, kandungan lumpur akan mengendap membentuk sedimen terpisah dari pasir. Ketinggian sedimen lumpur yang terbentuk diukur tingginya untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam pasir tersebut. Hasil dari uji kadar lumpur pasir dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Uji Kadar Lumpur

Sampel	Berat Pasir (gr)	Volume Air (ml)	Ketinggian Sedimen Lumpur (mm)	Kadar Lumpur (%)
Pasir	500	500	3	3.75

Berdasarkan tabel 4.2 didapatkan hasil pengujian kadar lumpur agregat halus menggunakan gelas ukur sebesar 3,75 %.

4.2.2. Abu Batu

Pada penelitian ini dilakukan pengujian abu batu sebelum dilaksanakan pembuatan benda uji :

a. Pemeriksaan Kadar Air Abu Batu

Pengujian kadar air dalam abu batu dilakukan dengan cara meng-oven pasir selama 24 jam guna mengetahui kandungan air dalam pasir tersebut. Hasil dari uji kadar air pasir dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Uji Kadar Air

Sampel	Berat Abu Batu Sebelum Oven (gr)	Berat Abu Batu Setelah Oven (gr)	Kadar Air (%)
Abu Batu	500	486.6	19,05

Berdasarkan tabel 4.3 didapatkan hasil pengujian kadar air abu batu dengan nilai sebesar 19,05 %.

b. Pemeriksaan Kadar Lumpur Abu Batu

Pengujian kadar lumpur dilakukan dengan cara merendam abu batu dengan air dalam gelas ukur selama 24 jam. Setelah perendaman selama 24 jam, kandungan lumpur akan mengendap membentuk sedimen terpisah dari abu batu. Ketinggian sedimen lumpur yang terbentuk diukur tingginya untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam abu batu tersebut. Hasil dari uji kadar lumpur abu batu dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Uji Kadar Lumpur

Sampel	Berat Abu Batu (gr)	Volume Air (ml)	Ketinggian Sedimen Lumpur (mm)	Kadar Lumpur (%)
Pasir	500	500	2,5	2,08

Berdasarkan tabel tabel 4.4 didapatkan hasil pengujian kadar lumpur abu batu menggunakan gelas ukur sebesar 2,08 %.

4.3. Rencana Kebutuhan Bahan Penyusun *Paving Block* Porous

Pada penelitian ini untuk membuat benda uji *paving block* porous menggunakan komposisi 1 pc : 1,5 ps : 1,5 ab untuk *paving block* dan 1 pc : 3 kr untuk beton porous. Berikut adalah kebutuhan bahan penyusun *paving block* porous yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan bahan tambah abu batu dan *sikacim* dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Rencana Kebutuhan Bahan

KEBUTUHAN BAHAN <i>PAVING BLOCK</i>				
Total Benda Uji	Komposisi 1:1,5:1,5			
	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Abu Batu (Kg)	Air (Liter)
24	22,272	45,888	40,224	10,8
KEBUTUHAN BAHAN BETON POROUS				
Total Benda Uji	Komposisi 1:3			Air (Liter)
	Semen (Kg)	Agregat Kasar (Kg)		
24	1,032	5,112		0,72

4.4. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-0691-1996 dengan memotong benda uji *paving block* dan beton porous berbentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Digunakan 3 buah benda uji dari tiap Variasi untuk diuji kuat tekan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan, benda uji ditekan sampai benda uji retak dan hancur, kemudian hasil dari uji penekanan akan muncul pada layar monitor di samping alat uji. Dari hasil uji kuat tekan *paving block* dan beton porous kemudian dihitung ke dalam satu bentuk benda uji sehingga menghasilkan total kuat tekan dari *paving block* porous.

Pengujian benda uji paving block pada penelitian ini dilaksanakan pada saat benda uji berumur 7 hari untuk Variasi 1 – 3 dan berumur 3 hari untuk Variasi 4. Hasil uji kuat tekan paving block dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Uji Kuat Tekan Paving Block

Variasi	Nomor Benda Uji	Umur	Berat	A	f_c'
		Hari	kg	mm ²	MPa
1	1	7	0.048	3600	9,327
	2	7	0.050	3600	29,229
	3	7	0.054	3600	13,294
2	4	7	0.050	3600	15,160
	5	7	0.050	3600	13,649
	6	7	0.048	3600	13,846
3	7	7	0.046	3600	9,656
	8	7	0.056	3600	10,299
	9	7	0.050	3600	11,711
4	10	3	0.048	3600	9,721
	11	3	0.048	3600	6,306
	12	3	0.054	3600	18,247

Pengujian benda uji beton porous pada penelitian ini dilaksanakan pada saat benda uji berumur 7 hari untuk semua Variasi. Hasil uji kuat tekan paving block dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Porous

Variasi	Nomor Benda Uji	Umur	Berat	A	f_c'
		Hari	kg	mm ²	MPa
1	1	7	0.038	3600	1,932
	2	7	0.0355	3600	1,524
	3	7	0.0385	3600	1,590
2	4	7	0.037	3600	1,120
	5	7	0.034	3600	1,211
	6	7	0.037	3600	1,132
3	7	7	0.038	3600	-
	8	7	0.035	3600	-
	9	7	0.036	3600	-
4	10	7	0.035	3600	1,231
	11	7	0.0375	3600	1,210
	12	7	0.036	3600	1,476

Hasil uji kuat tekan paving block dan beton porous pada tabel 4.6 dan tabel 4.7, kemudian untuk mendapatkan hasil kuat tekan yang maksimal yaitu pada umur paving block 28 hari, maka perlu dilakukan konversi umur. Konversi umur dilakukan dengan cara membagi hasil kuat tekan f_c' pada umur pelaksanaan uji kuat tekan dengan angka konversi umur beton pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Angka Konversi Umur Beton

Umur Beton (Hari)	3	7	14	21	28
Konversi Umur	0,46	0,7	0,88	0,96	1

Cara konversi umur beton menggunakan angka konversi pada tabel 2.3 dengan rumus :

$$f_c' \text{ 28 Hari} = \frac{f_c' \text{ N Hari}}{\text{Angka Konversi}}$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan (MPa) N = Umur beton (Hari)

Hasil konversi umur beton saat pengujian menjadi umur 28 hari, dengan menggunakan angka konversi tabel 4.8 dan rumus di atas dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10.

Tabel 4. 9 Kuat Tekan Paving Block Setelah Konversi Umur 28 Hari

Variasi	NO.	$F_c' = \frac{F_c' N \text{ Hari}}{\text{Angka Konversi}}$	Fc' (MPa)
1	1	$F_c' = \frac{9,327}{0,7}$	13,32429
	2	$F_c' = \frac{29,229}{0,7}$	41,75571
	3	$F_c' = \frac{13,294}{0,7}$	18,99143
2	4	$F_c' = \frac{15,16}{0,7}$	21,65714
	5	$F_c' = \frac{13,649}{0,7}$	19,49857
	6	$F_c' = \frac{13,846}{0,7}$	19,78
3	7	$F_c' = \frac{9,656}{0,7}$	13,79429
	8	$F_c' = \frac{10,299}{0,7}$	14,71286
	9	$F_c' = \frac{11,711}{0,7}$	16,73
4	10	$F_c' = \frac{9,721}{0,46}$	21,13261
	11	$F_c' = \frac{6,306}{0,46}$	13,7087
	12	$F_c' = \frac{18,247}{0,46}$	39,66739

Tabel 4. 10 Kuat Tekan Beton Porous Setelah Konversi Umur 28 Hari

Variasi	NO.	$F_c' = \frac{F_c' N \text{ Hari}}{\text{Angka Konversi}}$	Fc' (MPa)
1	1	$F_c' = \frac{1,932}{0,7}$	2,76
	2	$F_c' = \frac{1,524}{0,7}$	2,177
	3	$F_c' = \frac{1,590}{0,7}$	2,27
2	4	$F_c' = \frac{1,120}{0,7}$	1,6
	5	$F_c' = \frac{1,211}{0,7}$	1,73
	6	$F_c' = \frac{1,132}{0,7}$	1,617
3	7	$F_c' = \frac{0}{0,7}$	-
	8	$F_c' = \frac{0}{0,7}$	-
	9	$F_c' = \frac{0}{0,7}$	-
4	10	$F_c' = \frac{1,231}{0,7}$	1,758
	11	$F_c' = \frac{1,210}{0,7}$	1,728
	12	$F_c' = \frac{1,476}{0,7}$	2,108

Yang dibutuhkan dari penelitian ini hanya 1 nilai kuat tekan dari setiap Variasi, sedangkan uji kuat tekan terdapat di 2 benda uji yang berbeda yaitu *paving block* dan beton porous. Untuk mendapatkan 1 nilai kuat tekan maka hasil kuat tekan dari *paving block* dan beton porous dihitung dengan perbandingan presentase setiap benda uji dari total volume *paving block* porous. Kemudian dihitung nilai kuat tekan rata – rata dari setiap Variasi.

Dengan cara perhitungan seperti berikut :

$F_c' \text{ Total} =$

$A = F_c' \text{ Paving block} \times N\% \text{ Paving Block dari total volume}$

$B = F_c' \text{ Beton Porous} \times N\% \text{ Beton porous dari total volume}$

$F_c' \text{ Total} = (A+B) : 100\%$

Hasil perhitungan kuat tekan total dan rata-rata dari paving block porous dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Total Kuat Tekan Paving Block Porous

Variasi Benda Uji		<i>fc'</i> <i>Paving Block</i>	<i>fc'</i> Beton Porous	<i>fc'</i> Total	<i>fc'</i> Rata - Rata
		MPa	MPa	MPa	MPa
1	1.	13.324	2.76	12.45	22.85
	2.	41.755	2.177	38.49	
	3.	18.991	2.27	17.61	
2	4.	21.657	1.6	20.002	18.76
	5.	19.498	1.73	18.02	
	6.	19.780	1.617	18.28	
3	7.	13.794	-	12.656	13.86
	8.	14.712	-	13.498	
	9.	16.815	-	15.427	
4	10.	21.132	1.758	19.53	22.94
	11.	13.708	1.728	12.72	
	12.	39.667	2.108	36.57	

Keterangan :

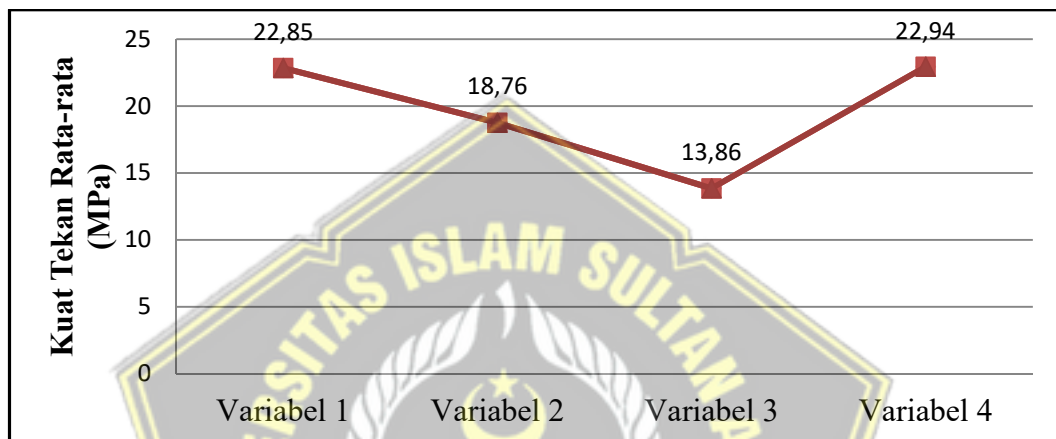
Variasi 1: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar lolos saringan 1/2 inci tertahan saringan 1/4 inci.

Variasi 2: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar lolos saringan 3/4 inci tertahan saringan 1/2 inci.

Variasi 3: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar lolos saringan 1 inci tertahan saringan 3/4 inci.

Variasi 4: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar campuran dari 3 ukuran di atas.

Berdasarkan tabel 4.8 Hasil Uji Kuat Tekan paving blok porous didapatkan hasil kuat tekan rata-rata terbesar pada Variasi 4 sebesar 22,94 MPa, kemudian pada Variasi 1 dengan kuat tekan rata-rata sebesar 22,84 MPa dan Variasi 3 dengan hasil 18,76 MPa. Kuat tekan rata-rata terkecil dihasilkan pada Variasi 3 dengan hasil 13,86 MPa. Perbedaan hasil kuat tekan rata-rata bisa disebabkan karena metode pembuatan benda uji menggunakan cara manual, hal ini berakibat dengan perbedaan kepadatan yang terjadi pada *paving block* tersebut. Berdasarkan tabel 4.11 dapat dibuat grafik pengujian kuat tekan sesuai gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Kuat Tekan Rata-rata

Berdasarkan grafik pada gambar 4.1 dan tabel 4.11 dengan mengacu pada SNI 03-0691-1996 *paving block* porous yang dibuat dapat digolongkan ke dalam kelas B untuk Variasi 1, Variasi 2 dan Variasi 4 dengan rata-rata kuat tekan 20 MPa. Sedangkan untuk Variasi 3 dapat digolongkan ke dalam kelas C dengan kuat tekan rata - rata 15 MPa.

4.5. Uji Permeabilitas

Pada pengujian permeabilitas digunakan prinsip *falling head* untuk menghitung kecepatan aliran air untuk menembus/melewati benda uji. Tiap Variasi menggunakan 3 benda uji untuk dilakukan pengujian permeabilitas. Pada tabel 4.12 dapat dilihat hasil uji permeabilitas dari tiap Variasi.

Tabel 4. 12 Permeabilitas Paving Block Porous

Variasi Benda Uji	Waktu Untuk Meloloskan Air Setinggi 1 cm	$K = \frac{A}{t}$	Permeabilitas	Permeabilitas Rata-rata	
		s	$A = 1$	cm/s	cm/s
1	1.	3,36	$\frac{1}{3,36}$	0,29	0,21
	2.	7,07	$\frac{1}{7,07}$	0,14	
	3.	4,46	$\frac{1}{4,46}$	0,22	
2	4.	5,53	$\frac{1}{5,53}$	0,18	0,21
	5.	4,44	$\frac{1}{4,44}$	0,22	
	6.	4,10	$\frac{1}{4,10}$	0,24	
3	7.	3,32	$\frac{1}{3,32}$	0,30	0,23
	8.	3,54	$\frac{1}{3,54}$	0,28	
	9.	8,06	$\frac{1}{8,06}$	0,12	
4	10.	10,49	$\frac{1}{10,49}$	0,09	0,24
	11.	2,86	$\frac{1}{2,86}$	0,34	
	12.	3,22	$\frac{1}{3,22}$	0,31	

Keterangan:

Variasi 1: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar lolos saringan 1/2 inci tertahan saringan 1/4 inci.

Variasi 2: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar lolos saringan 3/4 inci tertahan saringan 1/2 inci.

Variasi 3: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar lolos saringan 1 inci tertahan saringan 3/4 inci.

Variasi 4: *Paving block* porous menggunakan agregat kasar campuran dari 3 ukuran di atas.

Pengujian permeabilitas dihitung menggunakan rumus,

$$K = \frac{A}{t}$$

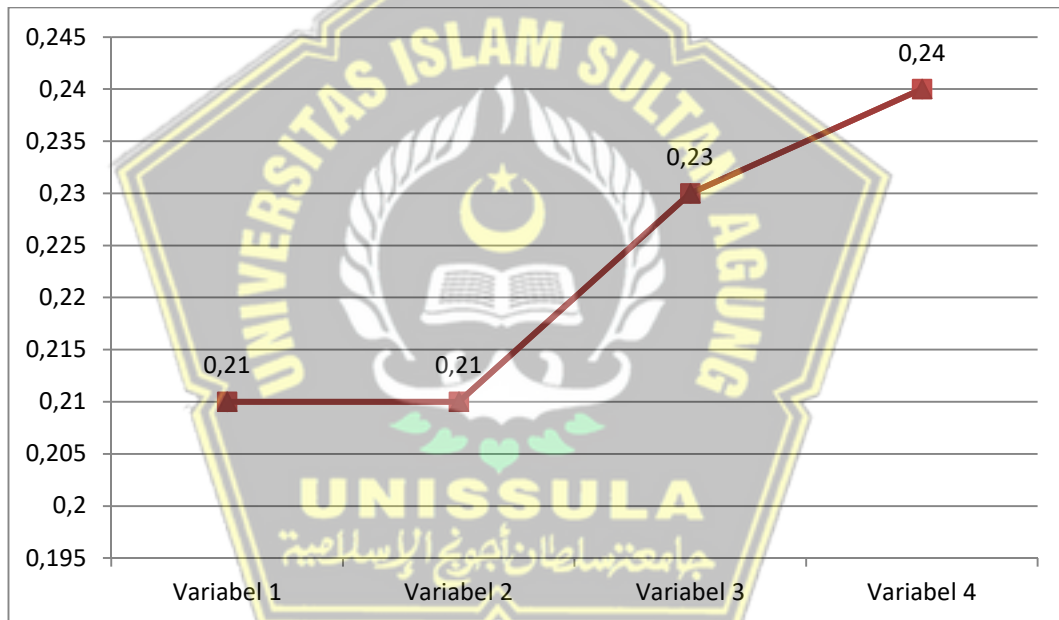
A merupakan koefisien luar permukaan, karena pada pengujian menggunakan acuan kecepatan air tiap 1 cm, maka $A = 1$. Diambil contoh hasil uji Variasi 1 (a), untuk meloloskan air dengan ketinggian 1 cm diperlukan waktu 3,36 detik.

Maka,

$$K = \frac{1}{3.36} = 0.29 \text{ cm/s}$$

Jadi, Variasi 1(a) meloloskan air setinggi 0.29 cm tiap 1 detik.

Dengan hasil pengujian permeabilitas pada tabel 4.9 maka dapat dibuat grafik pada gambar 4.2.



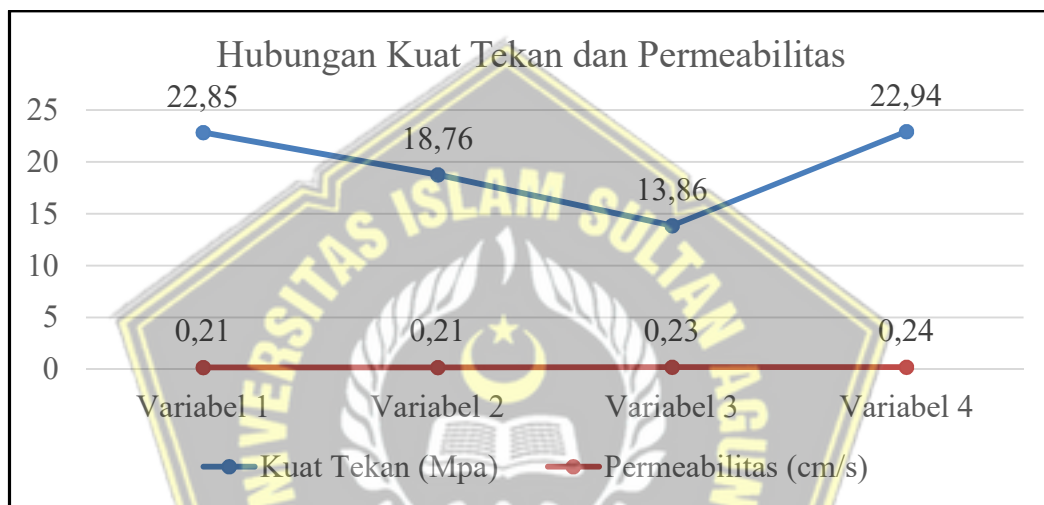
Gambar 4.2 Grafik Nilai Permeabilitas Rata-rata

Berdasarkan hasil uji permeabilitas dengan mengacu pada ACI 522R-10 maka dapat disimpulkan bahwa Variasi 1 dan 2 tidak memenuhi standar minimum yang telah ditetapkan yaitu 0,22 cm/s. Penggunaan agregat dengan ukuran terlalu kecil memungkinkan untuk terbentuknya porositas rendah, yang berarti nilai permeabilitas yang dihasilkan juga rendah. Sedangkan pada Variasi 3 dan 4 telah memenuhi standar yang ditetapkan, hal ini dapat terjadi karena kedua Variasi menggunakan ukuran agregat yang lebih besar, hal ini memungkinkan terbentuknya

porositas yang lebih tinggi dan menghasilkan nilai permeabilitas yang lebih besar pula.

4.6. Hubungan Kuat Tekan dan Permeabilitas Paving Block Porous

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan nilai kuat tekan dan permeabilitas yang lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya dengan variasi ukuran agregat. Untuk mengetahui tercapainya tujuan dari penelitian ini diperlukan data untuk menghubungkan kuat tekan dan permeabilitas. Sehingga dapat diperoleh variasi *paving block* porous yang menghasilkan nilai lolos air yang bagus dan juga mutu yang tinggi. Seperti terlihat pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Permeabilitas

Tabel 4. 13 Kuat Tekan dan Permeabilitas

Benda Uji	Kuat Tekan Rata – Rata (Mpa)	Permeabilitas Rata-Rata (cm/s)
Variasi 1 (Agregat 1/4-1/2 inci)	22,85	0,21
Variasi 2 (Agregat 1/2-3/4 inci)	18,76	0,21
Variasi 3 (Agregat 3/4-1 inci)	13,86	0,23
Variasi 4 (Agregat <i>mix</i> 1/4-1 inci)	22,94	0,24

Dari grafik hubungan nilai kuat tekan dan nilai permeabilitas didapat titik nilai optimum dengan nilai kuat tekan sebesar 22,94 MPa dan nilai permeabilitas sebesar 0,24 cm/s. nilai optimum tersebut berada pada variasi *paving block* porous agregat *mix* 1/4-1 inci. Berdasarkan klasifikasi mutu menurut SNI 03-0691-1996, nilai kuat tekan 22,94 MPa termasuk ke dalam mutu B untuk lahan parkir. Dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini mendapatkan hasil yang lebih besar daripada penelitian sebelumnya dan variasi ukuran agregat pada *paving block* porous berpengaruh terhadap kuat tekan dan permeabilitas. *Paving block* porous pada penelitian ini dapat digunakan sebagai lapis perkerasan untuk lahan parkir, trotoar pejalan kaki yang mampu mengatasi banjir ataupun genangan air terutama pada musim hujan.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas *Paving Block* Porous dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. *Paving block* porous dibuat dengan cara membuat *paving block* manual berbentuk segi enam yang diberi cetakan tambahan di tengahnya dari pipa PVC ukuran 2 inci, kemudian membuat beton porous dan dimasukkan ke cetakan PVC tersebut. Perbandingan komposisi *paving block* yaitu 1 semen : 1,5 pasir : 1,5 abu batu dan 400 ml air dengan campuran bahan *additive* 5 - 15% dari total berat air dan perbandingan komposisi beton porous yaitu 1 semen : 3 agregat kasar dengan 40 ml air bersih.
- b. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada saat usia *paving block* porous 3 dan 7 hari, kemudian dilakukan konversi umur beton dengan angka konversi 0,46 dan 0,7. Hasil dari pengujian kuat tekan *paving block* porous dengan konversi umur 28 hari rata – rata setiap Variasi benda uji adalah 22,85 Mpa; 18,76 Mpa; 13,86 Mpa; 22,94 Mpa. Nilai kuat tekan tertinggi berada pada Variasi 4 yang menggunakan ukuran agregat *mix* (1/4 – 1 inci) dengan nilai kuat tekan sebesar 22,94 MPa. Penggunaan agregat *mix* (1/4 – 1 inci) memungkinkan agregat untuk saling mengisi rongga udara, sehingga *paving block* porous menjadi lebih padat dan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi.
- c. Hasil dari pengujian permeabilitas *paving block* porous berturut-turut dari Variasi 1 hingga Variasi 4 yaitu 0,21 cm/s; 0,21 cm/s; 0,23 cm/s dan 0,24 cm/s. Sesuai ketentuan dari ACI 522R-10, maka Variasi 1 dan 2 tidak memenuhi syarat minimum yang ditetapkan, yaitu 0,22 cm/s. Nilai permeabilitas tertinggi berada pada Variasi 4 yang menggunakan ukuran agregat *mix* (1/4 – 1 inci) dengan nilai permeabilitas sebesar 0,24 cm/s.
- d. Penggunaan agregat kasar dengan ukuran yang sama pada *paving block* porous mempengaruhi porositas yang dihasilkan. Nilai porositas menjadi lebih kecil jika menggunakan agregat kasar dengan ukuran terlalu kecil, yaitu agregat yang lolos saringan 3/4 inci namun tertahan saringan 1/2 inci dan agregat kasar yang lolos saringan 1/2 inci namun tertahan saringan 1/4 inci. Kedua ukuran tersebut

berpotensi menurunkan nilai porositas yang juga mempengaruhi nilai permeabilitas.

5.2 Saran

Penelitian Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas *Paving Block* Porous dapat diberikan saran sebagai berikut:

- a. Pembuatan paving block porous dengan ukuran agregat yang besar perlu dikombinasikan dengan agregat yang lebih kecil agar nilai kuat tekan dan permeabilitas tetap sama – sama besar.
- b. Perlu adanya bahan tambah lainnya untuk menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, agar bisa digunakan untuk lapis perkerasan jalan dengan mutu A.
- c. Pembuatan dilakukan dengan mesin agar pemadatan bisa sama rata, dan perlu adanya alat cetakan beton porous yang lebih bagus daripada pipa PVC.
- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai struktur lapisan yang berada dibawahnya.



DAFTAR PUSTAKA

- ‘Adilah, Faris. (2020). Pengaruh Campuran *Silica Fume* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dalam Pembuatan *Paving Block* Dengan Metode Tekan. Skripsi Thesis. Universitas Muhamaddiyah Surakarta.
- Aulia, A.N. (2018). Karakteristik Beton Pori (Pervious Concrete) dengan Penambahan Admixture Terhadap Laju Alir, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah. *Digital Repository Universitas Jember*
- Desmaliana, Erma. (2018). Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous Dengan Variasi Faktor Air Semen. *Jurnal Teknik Sipil* 16(01). 19-29.
<https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jts/article/view/3147/1780>
- Erma, D. dkk. (2018). Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen. *Jurnal Teknik Sipil*. 15(1).
<https://doi.org/10.24002/jts.v15i1.3147>
- Ginting, Arusmalem. (2018). Pengaruh Ukuran Agregat Kasar Bergradasi Seragam Pada Beton Porous. *Researchgate*.
https://www.researchgate.net/publication/335260169_PENGARUH_UKURAN_AGREGAT_KASAR_BERGRADASI_SERAGAM_PADA_BETON_POROUS The Size Effect Of Uniformly Graded Aggregate On Porous Concrete
- Hambali, Mulkan. (2013). Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Airnya. *Jurnal Teknik Kimia* 19(04).14-21.
https://www.academia.edu/39753879/pengaruh_komposisi_kimia_bahan_penyusun_paving_block_terhadap_kuat_tekan_dan_daya_serap_airnya

- Hanif, A.A.F. & Umron, R. (2022). Analisa Perbaikan Tanah Lunak Metode Preloading dengan Variasi Ketebalan Load Transfer Platform. Universitas Islam Sultan Agung.
- Himawan, Ragil Prasetyo.(2014). Analisis Kuat Tekan Paving Block Dengan Campuran Minarex. Purwokerto. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Puwokerto.
- Kazemi, F., & Hill, K. (2015). Effect of Permeable Pavement Basecourse Aggregates on Stormwater Quality For Irrigation Reuse. *Ecological Engineering*, 77, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.020>
- Khonado, M.F., dkk. (2019). Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat. *Jurnal Sipil Statik*. 7(3), 351-358
- Maulia, Iqbal. (2019). Sifat Mekanik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*, 13 (01). 9-16.
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/teknik/article/view/2558>
- Mudiyono dkk. (2022). Pedoman Penyusunan Dan Penulisan Tugas Akhir. Semarang. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung.
- Putri, Elsyani Eka. (2019). Sifat Fisik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*, 13 (01). 1-8.
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/teknik/article/view/2557>
- Riyanto, Eko. (2023). Pengaruh Ukuran Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Infiltrasi dan Permeabilitas Beton Porous. *Jurnal Surya Beton* 7(01). 61-71.
<https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryabeton/article/view/3038>

Satrio, Dandi Dwi. (2020). Variasi Perbandingan Semen Dan Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Berpori. *Jurnal Teknik Sipil* 05 (02). 95-101.

<http://jurnal.pnk.ac.id/index.php/jutek/article/view/669>

Setiawan, Agung. (2021). Evaluasi Sifat Mekanik Dan Hidraulik Beton Porous Dengan Variasi Campuran. *Prosiding CEEDRiMS*.

<https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/13165>

Ulfiana, dkk. (2021). Analisis Kerawanan Banjir Sebagai Pendukung Perencanaan Model *Water Sensitive Urban Design* di Kabupaten Klaten. *Media Komunikasi Teknik Sipil*

Rupiah, U.S. & Larasati, Z. (2023). Analisis *Jointing* Pada Perkerasan *Paving Block* Untuk Mengatasi Amblesan dan Serapan Air. Universitas Islam Sultan Agung.

Wahyu. (2019). Cara Konversi Umur Beton Dengan Mudah. *Scribd*.

<https://www.scribd.com/document/430799122/Cara-Konversi-Umur-Beton-Dengan-Mudah>

