

PENELITIAN TESIS

PENGARUH SERAT BAJA (*STEEL FIBRE*) TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING BLOCK*

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu `
Persyaratan Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

HN NURUL HUDA PUTU EKAPRAJA

NIM : 20201900020

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN PENELITIAN UNTUK TESIS

**PENGARUH SERAT BAJA (STEEL FIBRE)
TERHADAP KARAKTERISTIK PAVING BLOCK**

Disusun oleh :

HN NURUL HUDA PUTU EKAPRAJA, S.T.

NIM : 20201900020

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tanggal,

Pembimbing I,

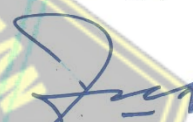


Ir. H. Rachmat Mudivono, MT, Ph.D

NIK. 210293018

Tanggal,

Pembimbing II,



Ir. M. Faqun Ni'am, MT., Ph.D

NIK. 210296020



PENGARUH SERAT BAJA (*STEEL FIBRE*) TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING BLOCK*

Disusun oleh :

HN NURUL HUDA PUTU EKAPRAJA
NIM 20201900020

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
(Rabu 30 Agustus 2023)

Tim Penguji:

1. Ketua

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

2. Anggota

(Prof. Dr. Ir. H. S. Imam Wahyudi, DEA)

3. Anggota

(Dr. Henny Pratiwi Adi, ST., MT)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT) Semarang,
(pada saat acc dosen penguji)

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT
NIK.210202033

Mengesahkan, Dekan
Fakultas Teknik



Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D
NIK.210293018

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.”

(QS. Ali 'Imran:110)

“Sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetpalah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada ALLAH SWT lah engkau berharap”

(QS. Al-Instirah:6-8)

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar Ra'd)

“Menuntut ilmu adalah takwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad.”

(Abu Hamid Al Ghazali)

Wahai orang-orang yang beriman! Apabila dikatakan kepadamu, “Berilah kelapangan di dalam majelis-majelis,” maka lapangkanlah, niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu.

(QS. Al-Mujadalah:11)

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur dan senyum bangga penulis mempersembahkan karya tulis ini untuk orang – orang yang selalu ikhlas membimbing saya dengan kasih sayang dan ketulusan hatinya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini :

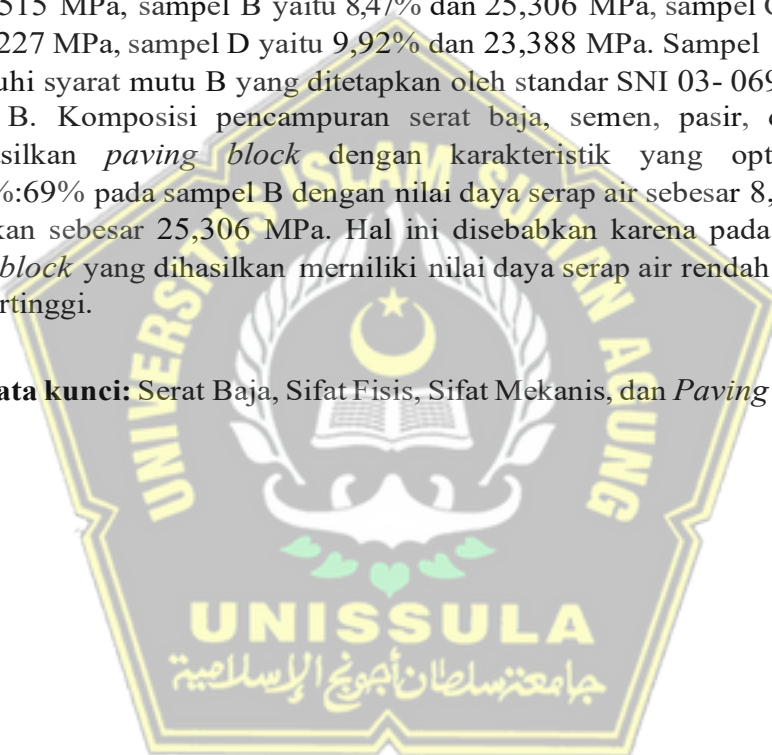
- 1) Kedua orang tuaku, Bapak **H. Hadi Muhammad S.H.** dan Ibu **Hj. Nur Hayati** yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, dan mencurahkan kasih sayangnya hingga tesis ini selesai dikerjakan. Semoga saya dijadikan anak yang berbakti di dunia dan akhirat.
- 2) Istriku tercinta dan terkasih **Dr. Karin Ananditya Fazri** yang tidak henti hentinya memberikan dorongan semangat disetiap bangun tidur sampai menjelang tidur untuk selalu bisa fokus menyelesaikan Studi Magister. Adakalanya dukungan dalam bentuk masakan yang enak dan secangkir susu coklat hangat ditambah pelukan support . Trimakasih istriku.
- 3) Bapak **Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D** selaku dosen pembimbing 1 saya, yang selama ini menerima saya menjadi mahasiswa bimbinganya dan terimakasih atas segala perjuangan ,bantuan, motivasi, dorongan semangat, serta segala fasilitas yang diberikan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian tesis saya dengan lancar.
- 4) Bapak **Ir. M. Faiqun Ni'am. MT., Ph.D** yang selama ini membimbing saya dengan baik, sabar, dan selalu memberikan pengarahan dan masukan yang terbaik sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan lancar.
- 5) Adik ku tersayang **Ipda. Drg. HN Amrina Royada** yang menemani istriku disaat saya lembur mengerjakan tesis dan semua **Keluarga Besar** yang senantiasa memberikan doa dan dorongan semangat untuk menyelesaikan tesis ini, saya ucapkan terima kasih.
- 6) Bapak **Arif Widayanto, ST, MT.** Teman seperjuangan berkuliah Magister yang telah menjadi figur Kakak, Motivator, Panutan, dan Sahabat yang sangat luar biasa memberikan sumbang sih Ilmu pengetahuan, Pengalaman kerja, serta Pelajaran hidup yang begitu luar biasa saya dapatkan selama bergaul bersama beliau. Rasanya tidak mungkin saya bisa mencapai titik sampai dengan saat ini tanpa sentuhan dan galian potensi dari beliau. sekali lagi trimakasih
- 7) Bapak **Juny Andry Sulisty ST., MT.** selaku kepala lab Teknologi Bahan dan **Mas Daryanto** yang telah memberikan izin dan membantu dalam memperoleh data untuk mendukung saya dalam penyusunan Tesis ini.
- 8) Seluruh staff Administrasi Magister (**Bp Buwono , Mba Cinta Lintang & Mba Inda**) yang juga telah membantu mengejar ngejar supaya segera lulus .

PENGARUH SERAT BAJA (STEEL FIBRE) TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING BLOCK*

ABSTRAK

Dilakukannya penelitian ini dengan tujuan untuk (1) mengetahui pengaruh serat baja terhadap karakteristik *paving block*. (2) mengetahui variasi komposisi pencampuran serat baja, semen, pasir, dan air untuk menghasilkan karakteristik yang optimum. Variasi komposisi campuran semen, serat baja, dan pasir adalah: 0%:30%:70%, 1%:30%:69%, 2%:30%:68%, 2,5%:30%:67,5%, dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,5 pada semua variasi. Karakterisasi yang dilakukan meliputi sifat fisis (densitas, daya serap air) dan mekanis (kuat tekan, kuat lentur). Hasil penelitian yang dilakukan pada nilai daya serap air dan kuat tekan pada sampel A yaitu 8,37% dan 17,515 MPa, sampel B yaitu 8,47% dan 25,306 MPa, sampel C yaitu 9,22% dan 22,227 MPa, sampel D yaitu 9,92% dan 23,388 MPa. Sampel uji yang sudah memenuhi syarat mutu B yang ditetapkan oleh standar SNI 03- 0691- 1996 yaitu sampel B. Komposisi pencampuran serat baja, semen, pasir, dan air untuk menghasilkan *paving block* dengan karakteristik yang optimum adalah 1%:30%:69% pada sampel B dengan nilai daya serap air sebesar 8,47% dan nilai kuat tekan sebesar 25,306 MPa. Hal ini disebabkan karena pada komposisi ini *paving block* yang dihasilkan memiliki nilai daya serap air rendah dan nilai kuat tekan tertinggi.

Kata-kata kunci: Serat Baja, Sifat Fisis, Sifat Mekanis, dan *Paving Block*

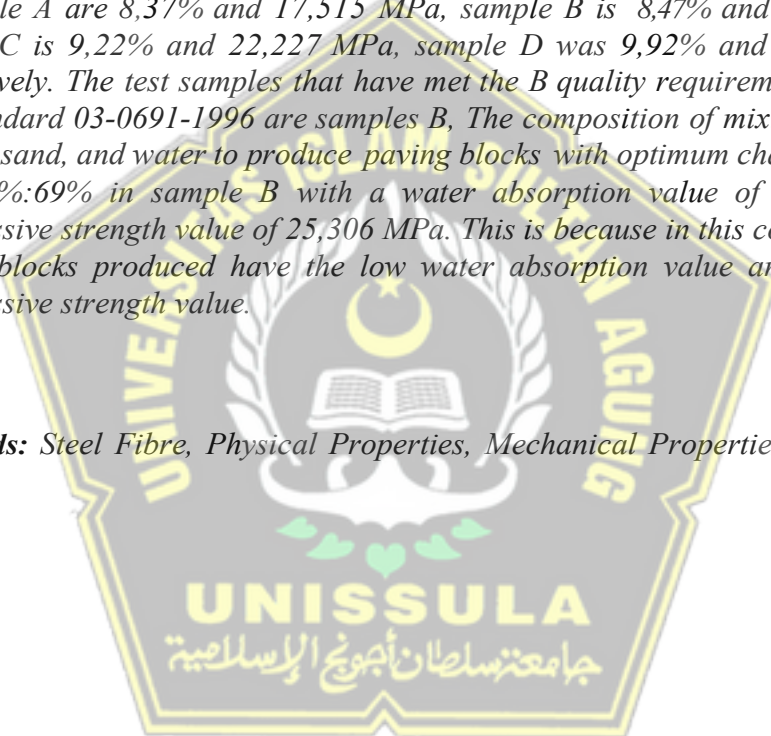


THE EFFECT OF STEEL FIBRE ON PAVING BLOCK CHARACTERISTICS

ABSTRACT

Research has been carried out that aims to (1) determine the effect of steel fibre on the characteristics of paving blocks. (2) knowing the variation of the composition of the mixing of steel fibre, cement, sand, and water to produce optimum characteristics. Variations in the composition of the mixture of cement, steel fibre, and sand are: 0%:30%:70%, 1%:30%:69%, 2%:30%:68%, 2,5%:30%:67,5%, with Water Cement Factor (FAS) of 0,5 in all variations. Characterization carried out includes physical properties (density, water absorption) and mechanical (compressive strength, flexural strength). The results of research conducted on the value of water absorption and compressive strength in sample A are 8,37% and 17,515 MPa, sample B is 8,47% and 25,306 MPa, sample C is 9,22% and 22,227 MPa, sample D was 9,92% and 23,388 MPa, respectively. The test samples that have met the B quality requirements set by the SN/ standard 03-0691-1996 are samples B, The composition of mixing steel fibre, cement, sand, and water to produce paving blocks with optimum characteristics is 1%:30 %:69% in sample B with a water absorption value of 8,47% and a compressive strength value of 25,306 MPa. This is because in this composition the paving blocks produced have the low water absorption value and the highest compressive strength value.

Keywords: Steel Fibre, Physical Properties, Mechanical Properties, and Paving Block



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HN NURUL HUDA PUTU EKAPRAJA
NIM : 20201900020

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**PENGARUH SERAT BAJA (STEEL FIBRE) TERHADAP KARAKTERISTIK
PAVING BLOCK**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 23 Agustus 2023

Huda Ekapraja, ST



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji diucapkan kepada Allah SWT yang telah mengkaruniakan petunjuk dan kasih sayangnya kepada penulis. Sholawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada Baginda Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah membawakan risalah ilmu pengetahuan kepada umat manusia yang dengan ilmu pengetahuan tersebut telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dengan judul " Pengaruh Serat Baja (Steel Fibre) Terhadap Karakteristik Paving Block". Atas terselesaikannya penyusunan Tesis ini dengan baik, tidak lepas dari bantuan dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan ribuan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D., sebagai Dosen Pembimbing Tesis I yang telah banyak membagi waktu, memberikan bimbingan, dan saran-sarannya, sehingga penyusunan Tesis ini dapat terlaksana dengan baik.
2. Ir. M. Faiqun Ni'am. MT., Ph.D., sebagai Dosen Pembimbing Tesis II yang senantiasa membimbing, mendampingi dan mengarahkan penulis dalam penyusunan Tesis ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Juny Andry Sulisty ST., MT. selaku kepala lab Teknologi Bahan dan Mas Daryanto yang telah memberikan izin dan membantu dalam memperoleh data untuk mendukung saya dalam penyusunan Tesis ini.
4. Seluruh staff Administrasi Magister (Bp Buwono , Mba Cinta Lintang & Mba Inda) yang juga telah membantu segala administrasi akademik

Semoga Tesis ini memberikan manfaat, menambah ilmu, dapat dijadikan referensi untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini.

Semarang, 21 Agustus 2023

Penulis

Huda Ekapraja, ST

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
PENGESAHAN TESIS	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Paving Block	6
2.1.1 Syarat Mutu Paving Block	9
2.1.2 Klasifikasi Paving Block	10
2.1.3 Paving Block Sebagai Lapisan Perkerasan Permeable	11
2.2 Material Penyusun Paving Block <i>Paving Block</i>	14
2.2.1 Semen Portland (PC)	14
2.2.2 Agregat Halus	16
2.2.3 Air	17
2.3 Serat baja (<i>steel fibre</i>).....	18
2.4 Faktor Air Semen (FAS)	18

2.5 Cara Pembuatan Paving.....	15
2.6 Sifat Fisis Paving Block	16
2.6.1 Densitas	16
2.6.2 Daya Serap Air	16
2.7 Sifat Mekanis Paving	20
2.7.1 Kuat Tekan (Compressive Strength)	21
2.7.2 Kuat Lentur	23
2.8 Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.1.1 Tempat Penelitian	26
3.1.2 Waktu Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.2.1 Alat-alat Penelitian.....	27
3.2.2 Bahan Penelitian	27
3.3 Diagram Alir Penelitian	28
3.3.1 Tahap Pembuatan dan Karakterisasi <i>Paving Block</i>	29
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.4.1. Penyiapan Serat baja	29
3.4.2. Pembuatan <i>Paving Block</i>	29
3.5 Metode Karakterisasi Fisis.....	29
3.5.1 Densitas.....	30
3.5.2 Daya Serap Air.....	30
3.6 Metode Karakterisasi Mekanis.....	30
3.6.1 Pengujian Kuat Tekan.....	31
3.6.2 Pengujian Kuat Lentur.....	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Karakterisasi Sifat Fisis.....	33
4.1.1. Densitas	33
4.1.2. Daya Serap Air.....	35
4.2. Karakteristik Sifat Mekanis.....	37

4.2.1. Kuat Tekan	37
4.2.2. Kuat Lentur	38
4.3. Pembahasan Penelitian	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN-LAMPIRAN	40
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN-LAMPIRAN	36



DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Sifat-Sifat Fisis Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996.....	9
2.2	Kekuatan Fisik paving block	11
2.3	Spesifikasi Steel Fibre.....	18
2.4	Faktor Air Semen.....	19
2.5	Interval Koefisien Korelasi.....	24
3.1	Komposisi Bahan Baku Pembuatan Paving Block.....	28
3.2	Sampel Paving Block untuk Uji Lentur	31
3.3	Sample Paving Block untuk uji daya serap air	31
3.4	Universal Testing Machine (UTM)	32
4.1	Data Hasil Pengukuran Densitas Paving Block	32
4.2	Data Hasil Pengukuran Daya Serap Paving Block.....	35
4.3	Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan Paving Block.....	37
4.4	Data Hasil Pengukuran Kuat Lentur Paving Block.....	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Bentuk Paving Block	5
2.2	Pola Pemasangan Paving Block	11
2.3	Sistem Total Infiltrasi	12
2.4	Sistem Parsial Infiltrasi	13
2.5	Sistem Non Infiltrasi.....	13
2.6	<i>Steel Fibre</i>	19
2.7	Prinsip Kerja Metode Konvensional.....	21
2.8	Prinsip Kerja Metode Mekanis.....	21
3.1	Tahap Pembuatan dan Karakterisasi Paving Block	28
4.1	Grafik Hasil Pengukuran Densitas <i>Paving Block</i>	34
4.2	Grafik Hasil Pengukuran Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	36
4.3	Grafik Hasil Pengukuran Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	38
4.4	Grafik Hasil Pengukuran Kuat Lentur <i>Paving Block</i>	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Gambar Alat-Alat Percobaan.....	45
2	Garnbar Bahan Percobaan.....	46
3	Garnbar Sampel <i>Paving Block</i>	47
4	SNI-03-0691-1996 tentang Bata Beton (<i>Paving Block</i>).....	57
5	SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.....	68
6	Surat Keterangan Pengujian.....	69



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paving block merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal dan beton. Sekarang ini banyak yang memilih *paving block* dibandingkan perkerasan lain seperti cor beton maupun aspal. Meningkatnya minat konsumen terhadap *paving block* karena konstruksi perkerasan *paving block* ramah lingkungan dimana *paving block* sangat baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaannya yang lebih cepat, mudah dalam pemasangannya dan pemeliharaannya, memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya mudah dijangkau, terlebih tren Kota wisata dan vintage city sedang gencar gencarnya dibuat oleh Pemerintah kota dan Kabupaten untuk meningkatkan pariwisata, tentunya akses jalan dengan perkerasan Paving akan lebih dipilih guna mengimplementasikan program tersebut. *Paving block* adalah komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, air dan agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari beton tersebut.

Semen adalah bahan utama yang paling berpengaruh dalam pengerasan dan pengikat pada *paving block*. Ketika semen dicampur dengan air maka proses kimia akan berlangsung yang disebut proses hidrasi. Dari reaksi kimia *trikalsium silikat* (C_3S) dan *kalsium silikat* (C_2S) semen dengan air menghasilkan *kalsium silikat hibrat* (CSH), panas, dan *kalsium hidroksida* ($Ca(OH)_2$). ($Ca(OH)_2$) yang dihasilkan akan menyebabkan larutan pori beton bersifat basa kuat dan tidak larut dalam air sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton tersebut, dan yang paling sering terjadi adalah ketika paving di aplikasikan di jalan dan kemudian dilalui kendaraan maka paving akan sangat mudah *Crack* hingga pecah

Oleh karenanya dibutuhkan inovasi untuk meningkatkan kuat tekan maupun kuat lentur pada paving, inovasi yang dimaksud adalah dengan menambahkan *Steel Fiber* bahan yang sedang naik daun digunakan untuk menambah kekuatan pada beton struktur, dan pada beton struktur banyak penelitian yang telah menyatakan bahwa penambahan steel fiber terbukti meningkatkan kuat tekan maupun tarik beton

1.2 Rumusan Masalah

Berkaitan dengan latar belakang masalah diatas, maka dapat diuraikan rumusan permasalahan dalam Tesis ini sebagai berikut :

1. Apakah pengaruh Serat baja terhadap karakteristik *paving block*? (Kuat Tekan, Kuat Lentur, Densitas & Daya Serap Air
2. Berapa variasi komposisi pencampuran Serat Baja, semen, pasir, dan air untuk menghasilkan *paving block* dengan karakteristik yang optimum?
3. Bagaimana perbedaan kualitas antara Paving Block tanpa penambahan Serat Baja dengan Paving Block yang ditambahkan Serat Baja

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh serat baja terhadap karakteristik *paving block*.
2. Untuk mengetahui variasi komposisi pencampuran bahan serat baja, bahan pasir, bahan semen, dan air dalam pembuatan *paving block* dengan spesifikasi yang optimal.
3. Mengetahui perbedaan kualitas antara Paving Block tanpa penambahan Serat Baja dengan Paving Block yang ditambahkan Serat Baja

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan informasi tentang penggunaan serat baja dalam pembuatan *paving block*.
2. Sebagai referensi dan menambah khasanah ilmu pengetahuan

1.5 Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan permasalahan penelitian ini, maka perlu dilakukan pembatasan agar fokus pada penyelesaian yang akan dibahas dalam penelitian ini, adapun keterbatasan pertanyaan penelitian ini, yaitu:

1. Steel fiber diperoleh dari PT. Findotek
2. Semen yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen berjenis *portland* tipe 1.

3. Pasir yang dipakai dalam penelitian ini yaitu pasir yang diperjual-belian.
4. Air menggunakan air yang bersih.
5. Variasi bahan-bahan pencampuran Serat Baja, semen, pasir, dengan FAS 0,5 adalah:
 - A. 0% : 30% : 70%
 - B. 1% : 30% : 69%
 - C. 2% : 30% : 68%
 - D. 2.5% : 30% : 67.5%
6. Cetakan:
 - a) Kubus (3x3x3) cm³ yang fungsinya sebagai media cetak pada sampel pengujian kuat tekanan, densitas, dan kemampuan menyerap air.
 - b) Balok (10x3x3) cm³ berguna sebagai media cetak pada sampel pengujian kekuatan lentur.
7. Sampel dipress menggunakan alat manual yang ada di laboratorium Fakultas Teknik Unissula
8. Waktu pengeringan *paving block* adalah 28 hari.
9. Karakteristik yang diterapkan pada *paving block* menggunakan uji mekanik dan fisis terhadap sampel yang sudah tercetak dan dijemur. Proses pengujian ini terdiri dari: uji kemampuan menerima tekanan, uji kemampuan melentur, densitas, dan uji kemampuan menyerap air.
10. Steel fiber diperoleh dari PT. Findotek dengan spesifikasi :
 - Panjang : 35 mm
 - Diameter : 0.55 mm
 - Aspect ratio : 65

1.6 Sistematika Penulisan

Proses penelitian ini dapat dilihat melalui sistematika penulisan yang dijabarkan berikut ini :

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi tentang Latar Belakang, Maksud dan Tujuan, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi kajian atau teori dari berbagai sumber yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai acuan menganalisis struktur.

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi tentang metode pengumpulan data, metode analisis, dan perumusan masalah.

BAB IV. PEMBAHASAN

Berisi bagian penting atau isi dari penulisan laporan yakni berupa analisis, perhitungan dan pengecekan

BAB V. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang didapat dari proses hasil-hasil penelitian. Dan berisi beberapa hal yang disarankan.

1.7 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Ida Nurmawati (2006) dalam tugas akhirnya yang berjudul “ Pemanfaatan limbah industri penggergajian serbuk kayu sebagai bahan substitusi pembuatan *paving block* ” dengan menggunakan bahan tambah berupa serbuk gergaji kayu 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %. kesimpulan dari penelitian ini adalah (1) kuat tekan *paving block* yang dihasilkan pada substitusi serbuk gergaji sampai 20 % dari berat semen rata- rata 208,619 kg/cm². Meskipun ada penurunan kuat tekan , namun masih tergolong mutu III sesuai SNI-03-0691-1996 dengan batas bawah kuat tekan sebesar 70 kg/cm². (2) *paving block* dengan penambahan serbuk gergaji kayu sebesar 20 % mengalami kenaikan pada porositasnya. (3) berdasarkan penelitian ini limbah gergaji kayu dapat

dimanfaatkan untuk pembuatan *paving block*.

2. Bakthiar A (2008) dalam penelitian yang berjudul “ Peningkatan kuat tekan *pavingblock* dengan memanfaatkan abu sekam padi ” dengan menggunakan bahan tambah abu sekam padi 0 %, 5 %, 10 %, 15 %. kesimpulan dari penelitian ini adalah dari hasil analisis penggantian semen dengan abu sekam padi sampai 10 % berat semen menunjukan peningkatan kuat tekannya. Penggantian semen dengan abu diatas 10 % menunjukan penurunan kuat tekan. Kuat tekan *paving block* akan mencapai maksimum pada penggantian semen dengan abu sekam padi sebanyak 10 %.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Paving block*

Paving block adalah material pengerasan dan penutup permukaan tanah yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, dari kebutuhan sederhana hingga aplikasi yang membutuhkan spesifikasi khusus. *Paving block* dapat digunakan untuk mengeraskan dan memperindah trotoar di perkotaan, mengaspal kawasan pemukiman, mempercantik taman, mengeraskan area parkir, area perkantoran, bahkan digunakan di area khusus seperti pelabuhan, terminal peti kemas, bandara, terminal bus, dan stasiun (Handayasari & Artiani, 2019).

Paving block sendiri merupakan produk bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, agregat dan air atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mengurangi kualitas *paving block* dan dipergunakan sebagai alternatif untuk menutupi atau mengeraskan permukaan tanah. *Paving block* juga dikenal sebagai balok beton atau balok kerucut. Sebagai bahan pengeras dan penutup permukaan tanah, *paving block* banyak digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari kebutuhan yang sederhana hingga aplikasi yang membutuhkan spesifikasi khusus. (Handayasari, Artiani, & Putri, 2018).

Klasifikasi *Paving Block* menurut (Standar, 1996) SNI 03-0691-1996, *paving Block*, diklasifikasikan menjadi 4 jenis menurut mutu dan kegunaannya, yaitu:

1. *Paving block* kualitas A: dipakai untuk jalan
2. *Paving block* kualitas B: dipakai untuk pelataran parkir
3. *Paving block* kualitas C: dipakai untuk pejalan kaki
4. *Paving block* kualitas D: dipakai untuk taman dan manfaat lainnya.

Paving block yang berkualitas baik adalah yang memiliki nilai kuat tekan (satuan MPa) yang tinggi dan nilai serapan yang rendah (persentase penyerapan air) (%). Semakin tinggi nilai tekanan, semakin baik *paving block*. Untuk presentase penyerapan air (absorpsi), semakin rendah nilai absorpsi maka produk *paving block* semakin kuat. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving*

block dengan kualitas terendah (mutu D) memiliki kuat tekan minimal 8,5 MPa dan persentase penyerapan air rata-rata maksimum 10% (Nuhun, 2019).

Menurut (Wijaya C. , 2019), mengenai persyaratan kualitas *paving block*, ada beberapa hal yang perlu dipahami dalam menetapkan kualitas *paving block*. Menurut SN-03-0691-1996, persyaratan mutu yang harus dipenuhi *paving block* antara lain:

1. Sifat tampak

Paving block harus memiliki permukaan yang rata, tidak ada retak atau cacat, sudut dan rusuk tidak mudah dipatahkan oleh kekuatan jari.

2. Ukuran

Paving block harus memiliki ketebalan minimal 60 mm dengan toleransi 8%.

3. Batu bata beton harus memiliki sifat fisik seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3. Sifat-sifat fisis paving block berdasarkan SNI 03-0691-1996

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

Keterangan:

- Paving block* grade A dipakai untuk pengaspalan jalan. Kualitas sebuah bata beton di atas membutuhkan kuat tekan minimal 35 MPa dan rata-rata 40 MPa.
 - Untuk areal parkir digunakan *paving block* grade B. *Paving block* grade B di atas membutuhkan kuat tekan minimal 17 MPa dan rata-rata 20 MPa.
 - Paving block* grade C dipakai untuk trotoar. *Paving block* grade C di atas membutuhkan kuat tekan minimal 12,5 MPa dan rata-rata 15 MPa.
4. *Paving block* grade D untuk pertamanan dan sejenisnya. *Paving block* grade D di atas membutuhkan kuat tekan minimal 8,5 MPa dan rata-rata 10 MPa. penurunan berat yang dikenakan maksimal 1%.

Ada beberapa jenis *paving block* yang diproduksi, namun secara

garis besar *paving block* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. *Paving block* bentuk segiempat (*rectangular*)
- b. *Paving block* bentuk segi banyak
- c. *Paving block* persegi empat (persegi panjang)
- d. *Paving block* berbentuk persegi banyak.

Sedangkan untuk penggunaan bentuk *paving block* itu sendiri bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Baik kebutuhan konstruksi pengerasan pada jalan dengan lalu lintas sedang hingga padat (misalnya: jalan raya, kawasan industri, jalan umum lainnya), sehingga penggunaan *paving block* persegi panjang lebih cocok.

Paving block ini mempunyai ketahanan yang bervariasi dari 250 kg/cm² sampai 450 kg/cm² tergantung dari penggunaan lapisan pengerasan. Pada umumnya *Paving block* yang telah dibentuk memiliki ciri-ciri kuat tekanan antara 300 kg/cm² sampai dengan 350 kg/cm².

Dari segi ketahanan dan dampak terhadap lingkungan, terbukti *paving block* lebih ramah lingkungan, diyakini dengan memanfaatkan ruang-ruang yang ada pada susunan *conblok* terpasang sebagai resapan air dibandingkan dengan alternatif pilihan pengerasan lainnya, seperti pengaspalan jalan atau pengecoran beton. Struktur *paving block* telah dimanfaatkan di Eropa mulai tahun 1950, sedangkan di Indonesia baru dikenal pada tahun 1977, khususnya dalam pembuatan trotoar di Jalan Tharnrin dan Terminal Bus Pulo Gadung, Jakarta. Sejak itu, *paving block* telah digunakan di tempat parkir, trotoar, peralatan konstruksi, jalan masuk pada permukaan bangunan, dan trotoar di area tertentu

1. Keunggulan *Paving Block*

- a. *Paving block* memiliki daya serap air yang baik sehingga dapat mengurangi genangan air dan mencegah banjir.
- b. Pemasangan *paving block* sangat mudah, tidak menggunakan spesi pemasangan, pengikat antara masing-masing *paving block* cukup

menggunakan pasir sebagai bahan pengisi.

- c. Pemasangan *paving block* sangat mudah, tidak memakai spesifikasi pemasangan, pengikat antar masing-masing *paving block* cukup menggunakan pasir sebagai bahan pengisi.
 - d. Dapat diproduksi secara massal, kualitas tinggi membutuhkan tekanan pada saat pencetakan.
 - e. Menahan beban vertikal dan horizontal yang disebabkan oleh kecepatan kendaraan berat atau rem.
 - f. Adanya pori-pori pada *paving block* bisa meminimalkan aliran permukaan dan meningkatkan infiltrasi ke dalam tanah.
 - g. Pada saat bekelja tidak menarik gangguan kebisingan dan debu.
 - h. Memiliki nilai estetika yang unik, terutama jika dirancang dengan cara warna yang indah.
2. Kekurangan Penggunaan *Paving block*
- a. Pasangan *paving block* mudah bergelombang jika pondasi tidak dipasang dengan kuat.
 - b. *Paving block* juga tidak cocok untuk dipasang di area yang dilewati kendaraan dengan kecepatan tinggi. Oleh karena itu, *paving block* hanya cocok dipasang di lahan yang dilalui kendaraan berkecepatan rendah, misalnya di kawasan pemukiman, taman kota, tempat parkir, dan kawasan perkotaan yang padat.

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan *paving block*, maka penggunaannya harus disesuaikan dengan kebutuhan. Jika ingin memakai *paving block*, pakailah *paving block* yang berkualitas baik. *Paving block* yang baik dan layak untuk dipakai adalah *paving block* yang bentuknya sempurna, tidak retak atau melengkung, dan sudut rusuknya tidak mudah patah dengan tangan (Azwar, 2019).

2.1.1. Syarat Mutu *paving block*

Paving block untuk lantai harus memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

- Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
- Bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam leaflet mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.
- Penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai diperkenankan kurang lebih 3 mm.
- *Paving block* untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kekuatan Fisik paving block

Mutu	Kegunaan	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Perkerasan Jalan	400	350	0,0090	0,103	3
B	Tempat Parkir Mobil	200	170	0,1300	1,149	6
C	Pejalan Kaki	150	125	0,1600	1,184	8
D	Taman Kota	100	85	0,2190	0,251	10

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

- *Paving block* untuk lantai apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.

Menurut Candra (2012), persyaratan ketebalan *paving block* pada umumnya adalah sebagai berikut

1. 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan dengan frekuensi terbatas, misalnya : sepeda motor, pejalan kaki.
2. 8 cm, digunakan untuk beban lalu lintas sedang atau berat dan padat frekuensinya, misalnya : mobil, pick up, truk, dan bus.
3. 10 cm, digunakan untuk beban lalu lintas super berat, misalnya: tronton, loader.

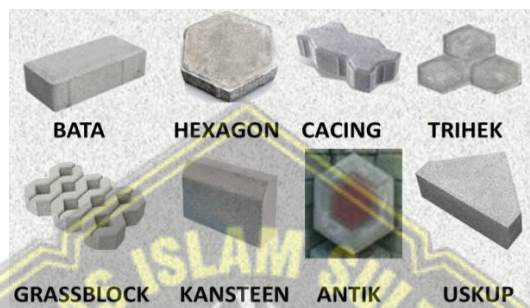
2.1.2. Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SK SNI T – 04 – 1990 – F, klasifikasi *paving block* didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan, dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain:

1. Klasifikasi berdasarkan bentuk

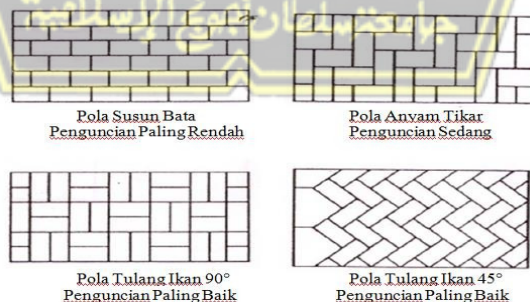
Bentuk *paving block* secara garis besar terbagi atas dua macam, yaitu :

- a. *Paving block* bentuk segi empat
- b. *Paving block* bentuk segi banyak



Gambar 2.1 Bentuk paving block

Pola pemasangan sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola yang umum dipergunakan ialah susun bata (*stretcher*), anyaman tikar (*basket weave*), dan tulang ikan (*herring bone*). Untuk perkerasan jalan diutamakan pola tulang ikan karena mempunyai kuncian yang baik. Dalam proses pemasangannya, *paving block* harus berpinggul dan pada tepi susunan *paving block* biasanya ditutup dengan pasak yang berbentuk topi uskup



Gambar 2.2 Pola Pemasangan paving block

2. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Ketebalan *paving block* ada tiga macam, yaitu :

- a. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm
- b. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm

c. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm

Pemilihan bentuk dan ketebalan dalam pemakaian harus disesuaikan dengan rencana penggunaannya dan kuat tekan *paving block* tersebut juga harus diperhatikan.

3. Klasifikasi berdasarkan kekuatan

Pembagian kelas *paving block* berdasarkan mutu betonnya adalah :

a. *Paving block* dengan mutu beton $f_c' 37,35$ MPA

b. *Paving block* dengan mutu beton $f_c' 27,0$ MPA

4. Klasifikasi berdasarkan warna

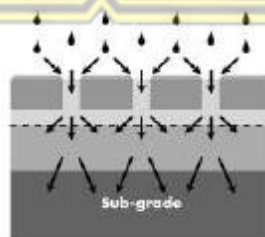
Warna yang tersedia di pasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali untuk menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain

2.1.3. *Paving Block* Sebagai Lapisan Perkerasan Permeabel.

Pada prinsipnya ada 3 jenis sistem pada penggunaan *paving block* sebagai lapisan perkerasan permeabel, yaitu :

1. Sistem Infiltrasi Total

Pada sistem ini, air yang jatuh ke perkerasan akan merembes melalui celah diantara *paving block*, melewati lapisan *sub base* kemudian masuk ke dalam tanah *sub grade*

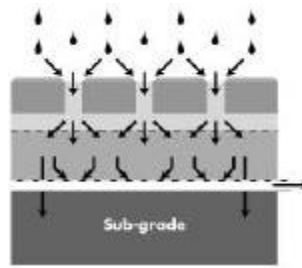


Gambar 2.3 Sistem Total Infiltrasi

2. Sistem Parsial Infiltrasi

Pada sistem ini, air yang jatuh ke perkerasan akan merembes melalui celah diantara *paving block*, melewati lapisan *sub base* kemudian sebagian akan mengalir melalui pipa berlubang dan dilepaskan pada saluran drainase, sebagian lagi masuk ke

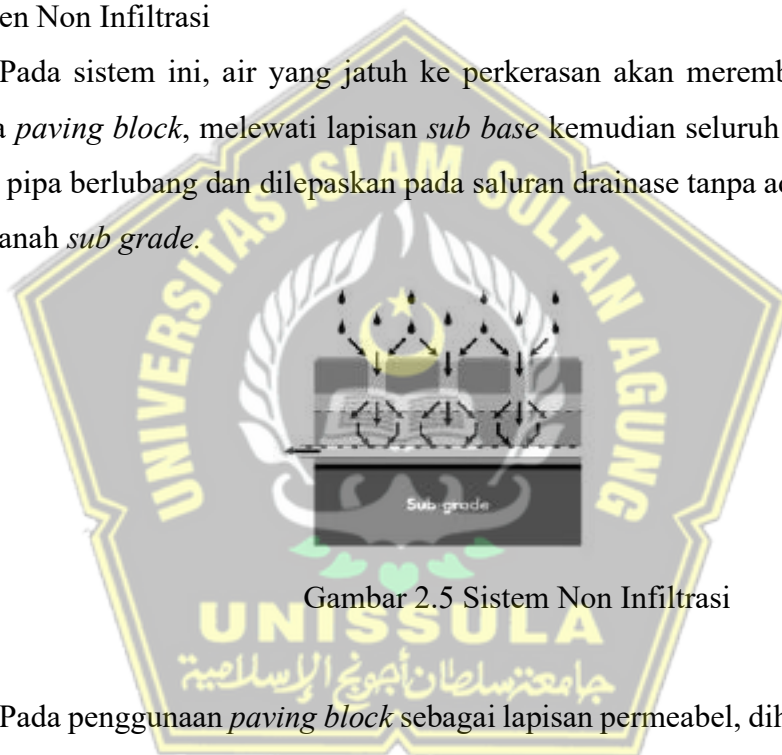
dalam tanah *sub grade*.



Gambar 2.4. Sistem Parsial Infiltrasi

3. Sisten Non Infiltrasi

Pada sistem ini, air yang jatuh ke perkerasan akan merembes melalui celah diantara *paving block*, melewati lapisan *sub base* kemudian seluruh air akan mengalir melalui pipa berlubang dan dilepaskan pada saluran drainase tanpa ada yang masuk ke dalam tanah *sub grade*.



Gambar 2.5 Sistem Non Infiltrasi

Pada penggunaan *paving block* sebagai lapisan permeabel, diharapkan air dapat masuk ke dalam tanah. Meskipun demikian hal ini harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

- Kedalaman antara permukaan perkerasan dengan muka air tanah harus lebih dari 1 meter. Kedalaman yang lebih besar dibutuhkan untuk menghasilkan tambahan saringan untuk polutan yang melewati tanah.
- Lapisan perkerasan permeabel bisa saja berdekatan dengan sungai, hal ini dapat menjadi kelemahan struktur pada daerah sekitar sungai.
- Pada daerah terlindungi seperti di daerah sumber mata air, penggunaan lapisan perkerasan yang seluruh airnya meresap ke dalam air mungkin tidak cocok karena

dapat mempengaruhi kualitas air.

2.2 Material Penyusun *Paving Block*

Material penyusun pada *paving block* yang akan digunakan antara lain, semen portland (PC), agregat halus dan air.

2.2.1. Semen Portland (PC)

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massapadat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81.

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut. Adapun sifat-sifat semen adalah sebagai berikut :

1. Sifat Kimia Semen

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1979). Sifat kimia serta komposisi semen sesuai Teknologi Beton (TriMulyono, 2004)

2. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik Semen portland yaitu :

a. Kehalusan butir

Semakin halus semen, maka permukaan butirannya akan semakin luas, sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.

Pada umumnya semen memiliki kehalusan sedemikian rupa sehingga kurang lebih 80% dari butirannya dapat menembus ayakan 44 mikron. Makin halus butiran semen, makin cepat pula persenyawaannya. Makin halus butiran semen, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar. Makin besar luas permukaan butir ini, makin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menentukan kehalusan butir semen. Cara yang paling sederhana dan mudah dilakukan ialah dengan mengayaknya.

b. Berat jenis

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara 3,10 sampai 3,30. biasanya rata-rata berat jenis ditentukan 3,15. berat jenis semen penting untuk diketahui, karena semen portland yang tidak sempurna pembakarannya dan atau dicampur dengan bubuk batuan lainnya, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah daripada angka tersebut. Untuk mengukur baik atau tidaknya atau tercampur atau tidaknya suatu bubuk semen dengan bahan lain, dipakai angka berat jenis 3,00. dengan demikian jika kita menguji semen dan hasilnya menunjukkan bahwa berat jenisnya kurang dari 3,00 kemungkinan semen itu tercampur dengan bahan lain (tidak murni) atau sebagian semen itu telah mengeras.

Berat isi (berat satuan) semen sangat tergantung pada cara pengisian semen ke dalam takaran. Jika cara mengisinya sembur (los), berat isinya rendah yaitu antara 1 kg/liter. jika pengisiannya dipadatkan, berat isinya dapat mencapai 1,5 kg/liter. Dalam praktek biasanya dipakai berat isi rata-rata yaitu antara 1,25 kg/liter.

c. Waktu pengerasan semen

Pada pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (initial setting) dan waktu pengikatan akhir (final setting). Waktu pengikatan awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga mengeras. Pengikatan awal untuk semua jenis semen harus diantara 60 – 120 menit.

d. Kekekalan bentuk

Pasta semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.

e. Pengerasan awal palsu

Adakalanya semen portland menunjukkan waktu pengikatan awal kurang dari 60 menit, dimana setelah semen dicampur dengan air segera nampak mulai mengeras (adonan menjadi kaku). Hal ini mungkin terjadi karena adanya pengikatan awal palsu, yang disebabkan oleh pengaruh gips yang dicampurkan pada semen bekerja tidak sesuai dengan fungsinya. Seharusnya fungsi gips dalam semen adalah untuk menghambat pengerasan, tetapi dalam kasus diatas ternyata gips justru mempercepat pengerasan. Hal ini dapat terjadi karena gips dalam semen telah terurai. Biasanya pengerasan palsu ini hanya mengacau saja, sedangkan pengaruh terhadap sifat semen yang lain tidak ada. Jika terjadi pengerasan palsu, adonan dapat diaduk lagi. Setelah pengerasan palsu berakhir, jika adonan diaduk lagi adonan semen akan mengeras seperti biasa.

f. Pengaruh suhu

Pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 35°C dan berjalan dengan lambat pada suhu di bawah 15°C .

2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,075-5 mm (SNI 03-1750-1990). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 dan tertahan pada saringan no.200. Pasir

merupakan bahan tambahan yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan, walaupun demikian kualitas pasir sangat berpengaruh pada beton. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan. Menurut SNI 03-1750-1990 untuk menghasilkan *paving block* yang baik, agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
- Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80.
- Kadar lumpur / bagian butir yang lebih kecil dari 0,075 mm maksimum 5%.
- Kadar zat organik ditentukan dengan larutan natrium hidroksida 3 %, jika dibandingkan dengan warna standar atau pembanding, tidak lebih tua daripada warna standar (sama).
- Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka, memberikan angka hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20.

2.2.3. Air

Fungsi air pada campuran *paving block* adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
- Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

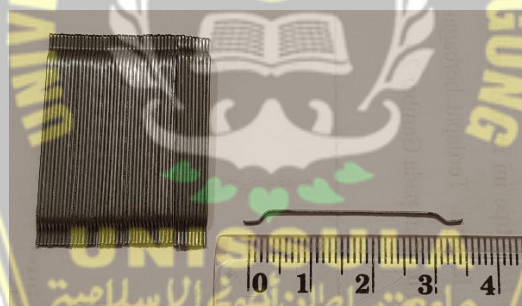
Pemakaian air pada pembuatan campuran harus pas karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan *paving block* yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan *paving block* yang dihasilkan.

2.3 *Steel Fiber*

Steel Fiber adalah serat sejenis baja kecil yang diproduksi khusus dengan teknologi tinggi. Serat ini merupakan baja kecil yang berbentuk seperti jarum dengan ukuran panjang 140 mm dan memiliki diameter $\pm 0,0279$ mm. Penggunaan serat dalam beton dapat meningkatkan mutu beton seperti meningkatkan beban kejut (impact resistance), dapat meningkatkan kekuatan lentur (flexural strength) dan meningkatkan kekuatan geser balok beton serat (Nugraha dan Antoni, 2007).

Steel fiber sudah banyak digunakan sebagai salah satu campuran pada beton. Kekakuan yang dimiliki oleh fiber tipe ini merupakan salah satu kelebihan yang tidak dimiliki oleh tipe fiber lainnya seperti serat polypropylene. Steel fiber memiliki beberapa bentuk dan ukuran seperti bulat, pipih, kerutan (crimped deformed) atau kerutan pada ujung (hook end). Pada penelitian ini steel fiber yang digunakan berbentuk hook end seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Steel fiber tersebut diproduksi oleh Bekaert yang memiliki spesifikasi seperti pada **Tabel 1**.

Gambar 1. Hook End Steel Fiber



Tabel 1. Spesifikasi *Steel Fiber*

Jenis	Panjang (l)	Diameter (d)	Aspect ratio (l/d)	Tensile strength (N/mm ²)	Jumlah fiber per kilogram
3D-6535-BG	35 mm	0.55mm	65	1345	14531

2.4 **Faktor Air Semen**

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor

air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namundemikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakintinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2004). Perbandingan f.a.s dengan kondisi lingkungan terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan

Keterangan	Jumlah Semen minimum per m ³ Beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan		
Keadaan keliling non korosif	275	0,60
Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan		
Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah		
Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,5
Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Table tersendiri	Table tersendiri

Sumber: (SK SNI T – 15 – 1990 - 03)

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5} \times x} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : f'c = Kuat tekan beton (Mpa)

x = faktor air semen, A, B = Konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat tekan betonnya, walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil

faktor air semen semakin tinggi kuat tekan beton , tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai fas minimal dan cukup untuk memberikan *workability* tertentu yang berlebihan, merupakan beton yang baik.

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan *additive cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada beton mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2 – 0,5 (ACI 211.1.89).

$$F.a.s = W (c + p) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan : F.a.s = Faktor air semen
W = Rasio total berat air (%)
c = Berat semen (kg)
p = Berat bahan tambah pengganti semen (kg)

Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

Sumber: (SK SNI T – 15 – 1990 - 03)

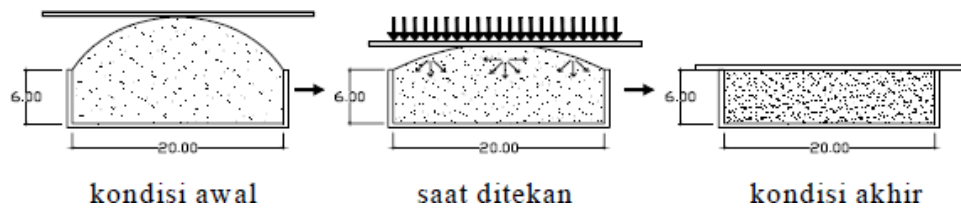
2.5 Cara Pembuatan *Paving Block*

Cara pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dalam masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu :

1. Metode Konvensional

Metode ini adalah metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat kita dan lebih dikenal dengan metode gablokan. Pembuatan *paving block* cara konvensional dilakukan dengan menggunakan alat gablokan dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakan. Metode ini banyak digunakan oleh masyarakat sebagai industri rumah tangga karena selain alat yang digunakan sederhana, juga mudah dalam proses pembuatannya sehingga dapat dilakukan oleh siapa saja. Semakin kuat tenaga orang yang mengerjakan maka akan semakin padat dan kuat *paving block* yang dihasilkan. Dilihat dari cara pembuatannya, akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan

dengan menghantamkan alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Metode Konvensional

2. Cara *press hidrolis* (mesin)

Alat *press paving* yang digerakan dengan tenaga mesin (diesel), alat *presshidrolis* dapat menghasilkan kualitas paving yang baik, karena tekanan yang diberikan pada tiap-tiap paving lebih merata dan tekanan yang diberikan juga lebih besar, sehingga *paving block* yang dibuat dengan alat *press hidrolis* lebih padat dari pada yang dibuat dengan alat *press manual*. Alat *press hidrolis* maksimal kapasitasnya 1000 buah/hari.



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Metode Mekanis

2.6 Sifat Fisis Paving Block

Sifat fisis yang terdapat pada *paving block* yaitu:

2.6.1 Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap volume benda. Pada beton normal menurut SNI 03-2847-2002 memiliki densitas sekitar 2,2-2,5 g/cm³. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi

akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bernassa sama yang

memiliki densitas lebih rendah. Massa jenis rata-rata setiap *paving block* merupakan total massa *paving block* dibagi dengan total volume *paving block*.

Densitas merupakan ukuran massa setiap volume suatu benda. Pada Beton normal menurut SNI 03-2847-2002 memiliki berat jenis sekitar 2,2-2,5 g/cm³. Semakin tinggi massa jenis (densitas) suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda adalah massa total dibagi volume total. Sebuah benda dengan massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda dengan massa yang sama yang memiliki massa jenis yang lebih rendah. Kepadatan rata-rata setiap *paving block* adalah massa total *paving block* dibagi dengan volume total *paving block*.

Untuk menghitung besarnya densitas dipergunakan persamaan sebagai berikut:

$$p = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

p = densitas

(g/cm³) m = massa

(g)

v = volume (cm³)

2.6.2 Daya Serap Air

Untuk pengujian daya serap air, semua komposisi *paving block* memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving stone*). *Paving block* dengan kualitas kelas A wajib memiliki daya serap air maksimal 3%, kualitas kelas B maksimum 6%, kualitas kelas C maksimum 8% dan kelas kualitas D maksimum 10%. Uji penyerapan air dilakukan pada benda uji utuh yang direndam dalam air selama 24 jam. Setelah direndam, ditimbang berat basahnya.

Penyerapan air dihitung sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

A = berat bata beton basah (g)

B = berat bata beton kering (g)

2.7 Sifat Mekanis *Paving Block*

Sifat mekanis yang terdapat pada *paving block* yaitu:

2.7.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Uji kuat tekan ini diatur dalam SNI 03-0691-1996. Ambil sampel UJI, masing-masing dipotong menjadi kubus, dan rusuknya sesuai dengan ukuran sampel uji. Contoh uji yang telah disiapkan ditekan hingga digerus dengan mesin press yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan pengepresan dari awal pemuatan hingga sampel uji hancur diatur ke 1 hingga 2 menit. Arah penekanan pada sampel uji disesuaikan dengan arah tekanan beban yang digunakan.

Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L} \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan:

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm²)

Kuat tekan rata-rata dari contoh bata beton dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji.

2.7.2 Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan sesuai standar SNI 03-4431-1997. Dimensi benda uji yang diperkeras diukur dengan penggaris, kemudian pembebanan diberikan pada dua titik yang membagi 3 jarak beban secara merata, pembebanan dilakukan secara terus menerus hingga terjadi keruntuhan. Untuk pengujian dimana patahan benda uji berada pada daerah tengah 1/3 jarak dari titik penempelan ke elemen tarik beton. R adalah modulus keruntuhan, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan:

R = Kuat benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji

(kg) L = Jarak bentang antara dua garis perletakan

(cm)

b = Lebar tampak lintang benda uji

(cm) d = Tinggi tampak lintang benda

uji (cm)

Tabel 2.4 Interval Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

(Sumber: Sugiono, Dr., *Statistika Untuk Penelitian*, 2002)

2.8 Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan

Beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebagai referensi tambahan yaitu :

- Penelitian “Nilai Korelasi Kuat Tekan *paving block* Pada Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari” (Wulansari, dkk. 2003). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Kuat tekan *paving block* dipengaruhi oleh umur, kebutuhan air campuran, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat.
- Penelitian “Kadar Fly Ash Optimum pada *paving block* Mutu Tinggi” (Kukandi, 2004). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut:
 - Campuran *paving block* biasa/normal terdiri dari semen, pasir, abu batu, dan air.
 - Perbandingan jumlah pasir sama dengan perbandingan jumlah abu batu pada campuran *paving block* (berdasarkan Metode DOE dan ACI).
- Penelitian "Studi Pemanfaatan Lumpur Limbah Cair B-3 yang Mengandung Pb dan Cr dari Industri percetakan sebagai Bahan Baku Tambahan Pembuatan

paving block", (Nita Anggraeni, 2004). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :

- Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimum lumpur limbah cair B-3 sebagai bahan tambahan pembuatan *paving block*, serta untuk mengetahui proses pengikatan dan karakteristiknya.
- Variasi kadar lumpur limbah cair B-3 yang digunakan ialah 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30% ; 35% ; 40%
- Penelitian ini menggunakan benda uji balok persegi (20x10x5 cm) dengan komposisi campuran pasir : semen adalah 1 : 3.
- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu kadar lumpur limbah cair B-3 yang dapat dimanfaatkan yaitu antara 10% - 30

Kadar lumpur limbah cair B-3 yang mempunyai perlakuan paling baik terdapat pada kadar 10% dengan kuat tekan 229,375 kg/cm² dan daya serap 11,334%.

- d. Penelitian "Pengaruh Perawatan (*Curing*) pada Beton dengan Limbah Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit (PKS) sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton", (FD Pardi Habeahan, Nursyamsi, 2013). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :

- Secara umum hasil penelitian menyimpulkan bahwa beton dengan perawatan rendam menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *curing* plastic. Serta *curing* kering menghasilkan kuat tekan yang paling rendah dari ketiga macam *curing*

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Pengambilan dan pengujian sampel dalam penelitian ini dilakukan di tempat-tempat berikut ini:

3.1.2 Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Unissula

3.1.3 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret sampai dengan Agustus 2023

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Jangka sorong.

Jangka sorong dipergunakan guna pengukuran tebal *paving block*.

2. Mistar/penggaris.

Mistar/penggaris dipergunakan guna mengukur panjang *paving block*.

3. Ember/wadah.

Ember dipergunakan tempat perendaman *paving block* pada tahapan uji daya serap air.

4. Sendok Semen.

Sendok semen dipergunakan guna melebur campuran semen, pasir, air,

5. Neraca Digital.

Timbangan dipergunakan guna mengukur massa *paving block*.

6. UTM (*Universal Testing Machine*).

Ini berfungsi sebagai alat untuk memeriksa kekuatan tekan dan kekuatan patah sampel.

7. Cetakan:

a. Kubus (3x3x3) cm³ dipergunakan sebagai cetakan guna

sampel pengujian kekuatan tekanan, densitas, dan kemampuan menyerap air.

- b. Balok (10x3x3) cm³ berguna sebagai pencetak sampel uji kekuatan lentur.

8. Mesin *Pres Manual*

9. Gelas ukur 500 ml

Gelas ukur digunakan sebagai tempat untuk mengukur jumlah air dan zat lainnya.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

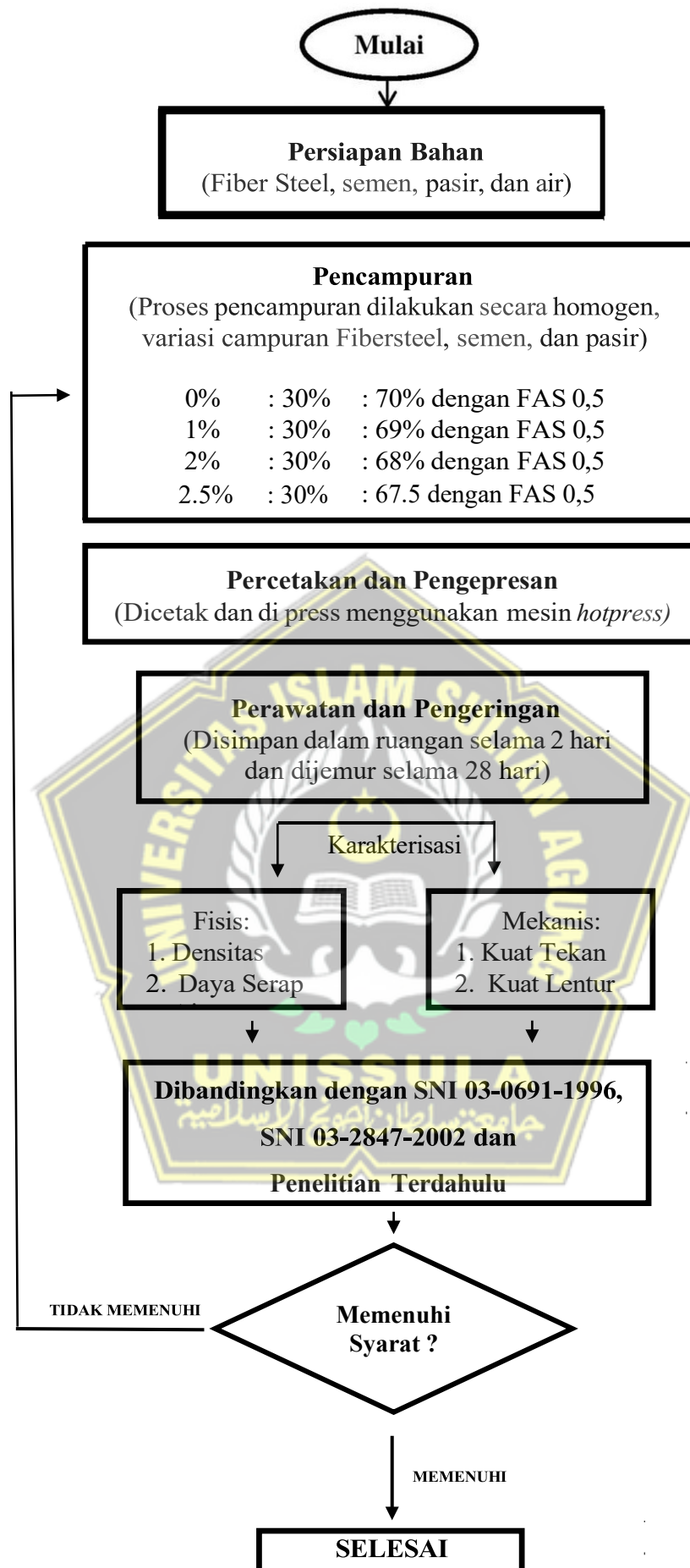
- 1. Serat Baja
- 2. Semen *Portland* tipe 1
- 3. Pasir (Agregat halus)
- 4. Air

3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Tahap Pembuatan dan Karakterisasi *Paving Block*

Diagram alir tahap pembuatan dan karakterisasi *paving block* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:





Gambar 3.2 Tahap Pembuatan dan Karakterisasi *Paving Block*

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penyiapan Serat Baja

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan *paving block* berbahan dasar pasir dengan berbagai campuran serat baja yang kemudian diuji sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996. Parameter yang diuji terdiri dari: kuat tekan, kuat lentur, densitas dan penyerapan air. Perancangan pencampuran bahan dasar dengan serat baja dapat dilihat pada 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi bahan baku pembuatan *paving block*

Kode uji sampel	<u>Komposisi pencampuran serat baja, semen, dan pasir</u>			FAS
	Serat baja	Semen	Pasir	
A	0%	30%	70%	0,5
B	1%	30%	69%	
C	2%	30%	68%	
D	2.5%	30%	67.5%	

3.4.2 Pembuatan *Paving Block*

Proses pembuatan paving stone dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Sediakan campuran *paving block* yaitu serat baja, semen, pasir dan air.
2. Bersihkan semua alat yang akan dipergunakan supaya campuran *paving block* tidak terpengaruh oleh bahan-bahan yang dapat mengurangi kualitas *paving block*.
3. Dilakukan pencampuran bahan-bahan yang telah disiapkan dan diaduk secara merata, dengan presentase bahan yang telah ditetapkan.
4. Tuang adonan ke dalam cetakan yang telah disediakan.
5. Tekan cetakan dengan alat press sambil meratakan permukaan cetakan *paving block*.

6. Cetakan yang telah diisi dengan campuran bahan *paving block* disimpan di ruang perawatan selama 2 hari sampai *paving block* mengeras dan dijemur selama 28 hari hingga kering.

3.5 Metode Karakterisasi Fisis

3.5.1 Densitas

Uji densitas dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

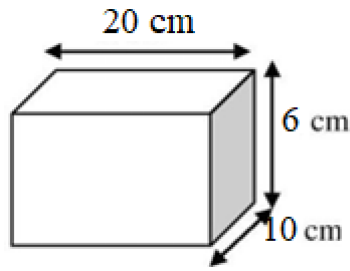
1. Siapkan benda uji.
2. Timbang massa benda uji.
3. Ukur volume setiap variasi benda uji.
4. Hitung nilai kerapatan masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
5. Catat nilai kerapatan yang dihasilkan.

3.5.2 Daya Serap Air

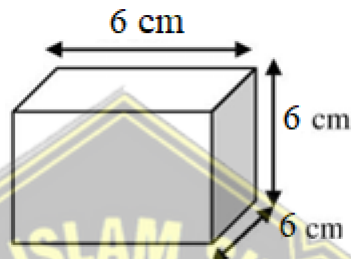
Untuk mengetahui besarnya penyerapan air, maka dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

Prosedur pengukuran penyerapan air adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan wadah berisi air dan *paving block* yang akan di uji, setelah dilakukan penjemuran selama 28 hari.
2. Diukur massa *paving block* dan catat hasilnya.
3. Dimasukkan *paving block* kedalam wadah yang berisi air tersebut dan direndam selama 24 jam.
4. Setelah *paving block* direndam selama 24 jam, *paving block* diangkat dari wadah dan dihitung massa *paving block*.
5. Hitung nilai daya serap air masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
6. Dicatat nilai daya serap air yang di hasilkan.



Gambar 3.3 Sampel *paving block* untuk uji kuat lentur



Gambar 3.4 Sampel *paving block* untuk uji daya serap air, densitas, kuat tekan

3.6 Metode Karakterisasi Mekanis

3.6.1 Pengujian Kuat Tekan

Untuk mengetahui nilai kuat tekan *paving block* maka perlu dilakukan pengujian sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji *paving block*.
2. Ukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya.
3. Masukkan benda uji (3x3x3) cm³ ke dalam alat uji kuat tekan yaitu UTM.
4. Atur jarum alat kuat tekan ke nol.
5. Nyalakan tombol power kemudian perhatikan indikator penunjuk beban, sambil memberikan tekanan (F) dari atas secara perlahan hingga *paving block* hancur.
6. Catat nilai beban kompresi maksimum yang terbaca pada jarum.
7. Ulangi kegiatan tersebut 3 kali dengan menggunakan sampel uji untuk mengkode sampel dengan komposisi yang berbeda.



Gambar 3.5 *Universal Testing Machine* (UTM)

3.6.2 Pengujian Kuat Lentur

Untuk menentukan nilai kekuatan lentur *paving block*, perlu dilakukan pengujian sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji.
2. Mengukur dan mencatat setiap benda uji.
3. Ditimbang dan dicatat setiap benda uji.
4. Tempatkan benda uji pada alas.
5. Dimuat dengan kecepatan 8 kg/cm^2 - 10 kg/cm^2 per menit.
6. Kecepatan beban berkurang sebelum menekuk benda uji.
7. Angkat benda uji yang telah selesai di uji, turunkan plat untuk meletakkan benda uji atau angkat alat pembebanan.
8. Diukur dan dicatat lebar dan tinggi penampang patahan terdekat 0,25 mm minimal pada 3 lokasi dan diambil nilai rata-ratanya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Preparasi *paving block* menggunakan Serat Baja (*Steel Fibre*) sebagai bahan campuran pada penelitian ini. Sifat fisis dan mekanik meliputi: (densitas, kadar air, kuat tekan dan kuat lentur). Data dan hasil analisis diperoleh dari pengujian yang dilakukan terhadap sampel *paving block* dengan campuran serat baja.

4.1. Karakterisasi Sifat Fisis

Sifat fisis dari komposisi yang berbeda dari campuran yang berbeda dengan mengukur massa jenis dan penyerapan air.

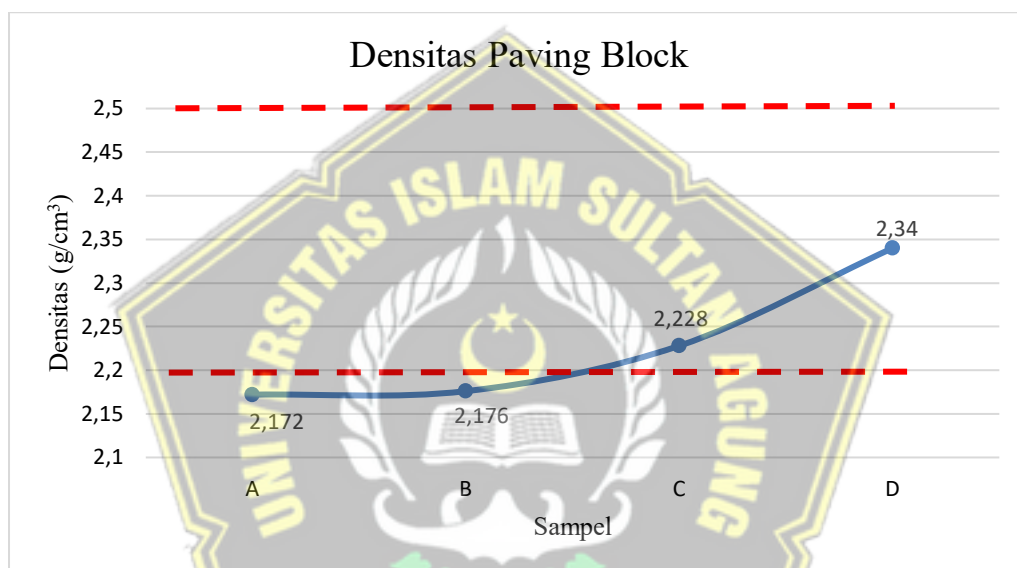
4.1.1. Densitas

Dari hasil pembuatan *paving block* dengan mencampurkan serat baja (*Steel Fibre*) diperoleh hasil pengukuran densitas *paving block* seperti pada Tabel 4.1 sebagai berikut

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Densitas *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Densitas (g/cm ³)	Densitas rata-rata (g/cm ³)	SNI 03-2847-2002 (g/cm ³)
A	A ₁	2,167	2,172	
	A ₂	2,172		
	A ₃	2,178		
	B ₁	2,145		
B	B ₂	2,174	2,176	
	B ₃	2,210		
	C ₁	2,223		
C	C ₂	2,228	2,228	2,20 – 2,50
	C ₃	2,234		
	D ₁	2,156	2,340	2,20 – 2,50
D	D ₂	2,312		
	D ₃	2,553		

Seperti terlihat pada Tabel 4.1 di atas, nilai densitas *paving block* pada campuran serat baja 0%, serat baja 1%, serat baja 2% dan serat baja 2,5% (sampel A, B, C dan D) adalah sebesar 2,172 g/cm³, 2,176 g/cm³, 2,228 g/cm³ dan 2,340 g/cm³ yang sudah memenuhi standar minimal 2,20 g/cm³ yang ditetapkan oleh SNI 03-2847-2002 adalah sample C dan D dengan kadar Fibersteel 2% dan 2,5 %. Sedangkan pencampuran 0 % dan 1 % Fibersteel belum memenuhi standart SNI 03-2847-2002 yaitu 2,20 g/cm³. Grafik pengukuran densitas untuk variasi campuran serbuk kaca disajikan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran Densitas *Paving Block*

Dari Gambar 4.1 di atas terlihat bahwa nilai densitas tertinggi pada sampel yang mengandung Fibersteel 2,5% (sampel D) adalah 2,34 g/cm³ dan nilai densitas terendah pada sampel uji yang mengandung Fibersteel 0% (sampel A), yaitu 2,172 g/cm³. Peningkatan densitas dipengaruhi oleh banyaknya variasi campuran Fibersteel. Campuran Fibersteel paling banyak, kepadatan *paving block* memenuhi standar SNI 03 - 2847 - 2002.

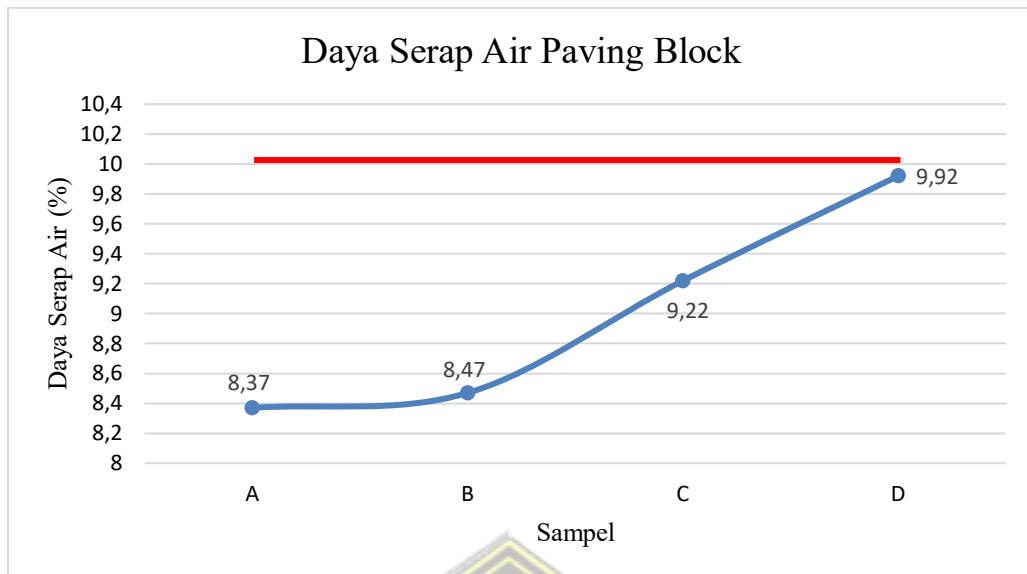
4.1.2. Daya Serap Air

Berdasarkan hasil pembuatan *paving block* dengan cara mencampur serbuk kaca diperoleh hasil pengukuran daya serap air *paving block* seperti terlihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Daya Serap Air *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air rata-rata (%)	SNI 03-0691-1996 (%) Mutu D
A	A ₁	9,57	8,47	Maks 10
	A ₂	8,04		
	A ₃	7,79		
B	B ₁	7,83	8,37	
	B ₂	8,31		
	B ₃	8,98		
C	C ₁	7,02	9,92	
	C ₂	12,96		
	C ₃	9,77		
D	D ₁	9,57	9,22	
	D ₂	9,34		
	D ₃	8,74		

Seperti terlihat pada Tabel 4.2 nilai serapan air pada variasi campuran Fibersteel 0%, Fibersteel 1%, Fibersteel 2%, Fibersteel 2,5% (sampel A, B, C dan D) adalah 8,47%, 8,37%, 9,92% dan 9,22% telah memenuhi SNI 03-0691-1996. Berikut grafik pengukuran serapan air untuk variasi campuran Fibersteel.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Daya Serap Air *Paving Block*

Dilihat dari Gambar 4.2 nilai serapan air terendah pada sampel uji yang mengandung Fibersteel 0% (sampel A) yaitu 8,37%, sedangkan nilai penyerapan air tertinggi terdapat pada variasi campuran serbuk kaca 2,5% (sampel D) yaitu sebesar 9,92%. Penurunan penyerapan air dipengaruhi variasi campuran oleh Steel Fibre tersebut. Semakin rendah presentase Fibersteel, semakin rendah daya serap airnya, dan semakin tinggi presentase Fibersteel, semakin tinggi pula daya serap airnya. Pada penelitian ini Fibersteel dengan presentase 0%, 1% 2% dan 2,5% telah sesuai dengan SNI 03-0691-1996 untuk *paving block* mutu D untuk taman dan kegunaan lainnya.

4.2. Karakteristik Sifat Mekanis

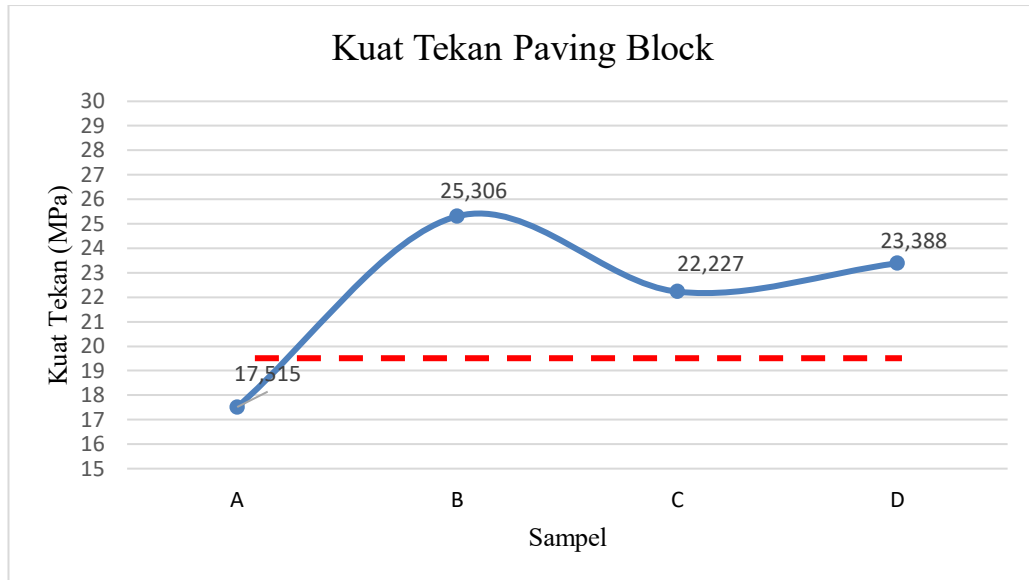
Uji kuat tekan dan kuat lentur digunakan untuk menguji sifat mekanik pada berbagai variasi atau campuran.

4.2.1. Kuat Tekan

Berdasarkan pengujian yang sudah diterapkan, besarnya kuat tekan *paving block* campuran Fibersteel dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kuat Tekan <i>Paving Block</i>				
Sampel	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	SNI 03-0691-1996 (MPa) Mutu B
A	A ₁	16,106	17,516	Min 17,0
	A ₂	15,830		
	A ₃	20,599		
B	B ₁	20,283	25,306	
	B ₂	26,576		
	B ₃	29,059		
C	C ₁	20,388	22,227	
	C ₂	26,628		
	C ₃	19,666		
D	D ₁	23,725	23,388	
	D ₂	22,503		
	D ₃	23,935		

Berdasarkan Tabel 4.3 tersebut nilai kuatnya daya tekan pada bahan campuran Fibersteel 0%, Fibersteel 1%, Fibersteel 2% & Fibersteel 2,5%, (sampel A, B, C, dan D) sebesar 9,22 MPa, 9,91 MPa, 10,12 MPa, 10,39 MPa dan 10,97 MPa sudah memenuhi standar SNI 03-0691-1996.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Kuat Tekan *Paving Block*

Seperti terlihat pada Gambar 4.3 peningkatan kuat daya tekan pada sampel dengan Fibersteel 1 %. Kuat tekan tertinggi terjadi pada sampel B dengan nilai 25,306 MPa dan kuat daya tekan terendah terjadi pada sampel A dengan nilai 17,516 MPa. Hal tersebut dapat diartikan bahwa kadar optimum Fibersteel pada 1 % diperoleh kuat tekan *paving block* optimum sehingga kualitas *paving block* meningkat.

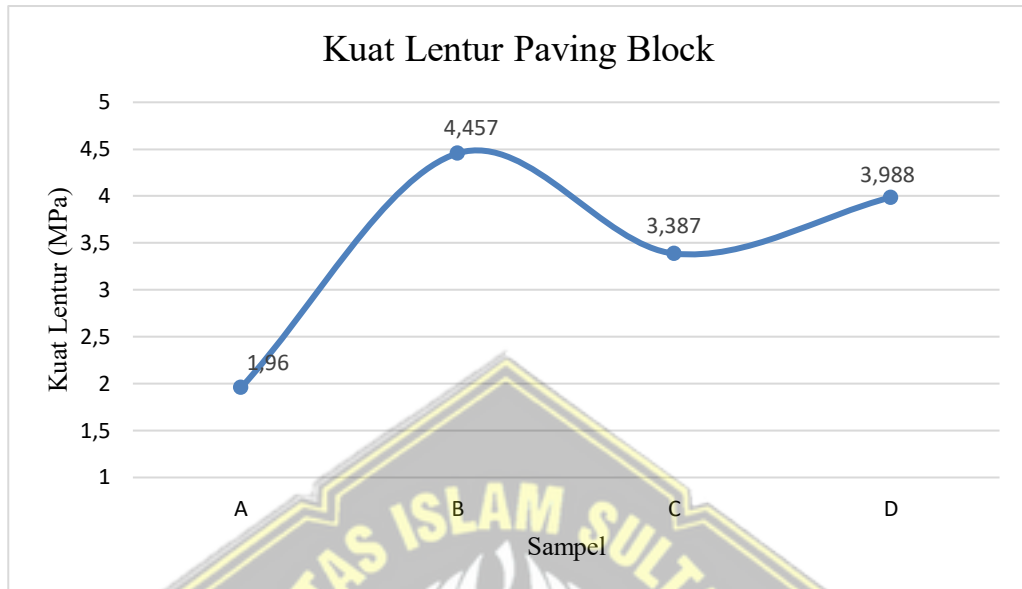
4.2.2. Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur diadakan guna untuk mengetahui ketahanan *paving block* terhadap beban lentur titik dan elastisitas material. Berdasarkan pengujian yang diadakan, besarnya kekuatan lentur ditunjukkan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Kuat Lentur *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur RataRata (MPa)
A	A ₁	0,577	1,960
	A ₂	3,149	
	A ₃	2,155	
B	B ₁	4,655	4,457
	B ₂	4,213	
	B ₃	4,504	
C	C ₁	3,798	3,837
	C ₂	3,698	
	C ₃	4,016	
D	D ₁	4,129	3,988
	D ₂	3,564	
	D ₃	4,272	

Seperti terlihat pada Tabel 4.4 di atas, nilai kuat lentur sampel campuran A, B, C, dan D sebagai fungsi dari nilai kuat lentur adalah 1,960 MPa, 4,457 MPa, 3,837 MPa, dan 3,988 MPa. Dibawah ini adalah grafik pengujian kekuatan lentur campuran Fibersteel



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Kuat Lentur *Paving Block*

Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat lentur pada sampel pada saat pencampuran 1% Fibersteel dan terjadi penurunan kuat lentur pada campuran 2% Fibersteel.

Menurut SNI 03-0691-1996 Bata Beton (*paving block*) tidak ada persyaratan kuat lentur minimum untuk setiap grade. Oleh karena itu, berdasarkan kekuatan lenturnya, perkerasan yang menggunakan campuran Fibersteel tidak termasuk dalam kategori mutu (SNI 03-0691-1996 Bata Beton/*Paving Block*).

4.3. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian produksi *paving block* dengan cara mencampurkan serat baja (Fibersteel), maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu: Serat Baja (*Fibersteel*) mampu meningkatkan kualitas paving. Hal ini dapat ditunjukkan dengan beberapa nilai serapan air memenuhi Mutu D dan beberapa nilai kuat tekan yang telah memenuhi syarat mutu B ini

untuk *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996. Persyaratan maksimum untuk *paving block* yang diatur oleh standar SNI 03-0691-1996 untuk nilai penyerapan air adalah 10%. Sementara persyaratan minimum untuk *paving block* yang ditentukan oleh standar SNI 03-0691-1996 untuk nilai kuat daya tekan adalah 17,0 MPa.

Karakterisasi *paving block* yang didapatkan melalui uji daya serap air dan kuat daya tekan sampel A sebesar 8,47% dan 17,516 MPa, sampel B sebesar 8,37% dan 25,306 MPa, sampel C sebesar 9,92% dan 22,227 MPa, sampel D sebesar 9,22% dan 23,388 MPa, Nilai serapan air tertinggi pada sampel uji yang mengandung fibersteel terdapat pada variasi campuran 2% (sampel C), yaitu 9,92%. Sedangkan nilai kuat daya tekan paling tinggi terdapat pada sampel uji yang menggunakan serbuk kaca dengan variasi campuran 1% (sampel B), yaitu sebesar 25,306 MPa.

Mengacu pada sampel uji yang menggunakan Fibersteel, maka keseluruhan *paving block* memenuhi persyaratan mutu B yang ditentukan oleh standar SNI 03-0691-1996. Bahan-bahan campuran Serat Baja (*Fibersteel*), semen, dan pasir pada sampel B memiliki ciri-ciri yang paling optimal karena daya serap airnya yang rendah dan nilai kuat tekannya yang tertinggi.

Terjadi penurunan nilai densitas pada *paving block* ketika proses pencampuran Serat Baja (*Fibersteel*). Nilai densitasnya *paving block* sebesar 2,172 g/cm³ s.d. 2,34 g/cm³ dan nilai tersebut telah mendekati batas standar minimum yang ditentukan SNI 03-2847-2002. Hal ini dikarenakan pencampuran serat baja (*fibersteel*) nilai densitasnya sangat kecil.

Terjadi penurunan hasil perhitungan daya serap air pada *paving block* seiring dengan pencampuran serat baja (*fibersteel*). Batas pengukuran daya serap air pada *paving block* yang baik pada variasi campuran 0% s.d. 2,5% dan telah sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 dan dapat dikategorikan *paving block* kualitas D yang menerangkan bahwa persyaratan maksimal daya serap air *paving block* adalah 10%.

Hasil pengujian menunjukkan adanya kenaikan nilai kuat tekan pada *paving block* seiring dengan pencampuran serat baja (*Fibersteel*). Hasil perhitungan daya kuat tekan pada *paving block* dengan kriteria 17,516 MPa s.d

25,306 MPa. Berdasarkan sampel A s.d D, kualitas *paving block* yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 03-0691-1996 dan dapat dikategorikan sebagai *paving block* kualitas B.

Nilai kekuatan lentur *paving block* dengan pencampuran *serbuk kaca* (*glass powder*) bervariasi. Hasil perhitungan daya kekuatan lentur pada *paving block* dengan kriteria pencampuran serat baja (*fibersteel*) 1% (sampel B) adalah yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan faktor banyak persentase serat baja pada *paving block* maka semakin tidak lentur.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, berbagai kesimpulan dapat ditarik dari hasil penelitian tersebut, yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh serat baja terhadap karakteristik *paving block*. Dengan bertambahnya kandungan serat baja, sehingga menyebabkan terjadi peningkatan pada densitas kuat tekan dan kuat lentur namun dalam kadar yang optimum yaitu 1%.
2. Komposisi pencampuran serat baja, semen, pasir, dan air dalam pembuatan *paving block* dengan karakteristik yang optimum adalah sampel B dengan variasi 1%:30%:69% karena pada komposisi ini *paving block* yang dihasilkan memiliki nilai daya serap air paling rendah dan nilai kuat daya tekan paling tinggi. Berdasarkan proses pelaksanaan penelitian ini ditemukan bahwa sampel B sudah memenuhi syarat mutu B pada *paving block* sebagaimana yang telah ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996.
3. Paving Block dengan variasi 1% Serat baja menunjukan kualitas yang lebih baik dibanding paving block biasa tanpa penambahan serat baja. Sedangkan variasi 0, 2 dan 2.5% tidak memenuhi dikarenakan hasil uji kuat tekan tidak memenuhi standart paving mutu tipe B

5.2. Saran

Mengacu pada temuan penelitian, pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini, maka peneliti memberikan beberapa saran atau rekomendasi, antara lain:

1. Penelitian lebih lanjut mengenai bahan serat baja dengan pembuatan komposisi yang berbeda pada *paving block* diperlukan oleh lebih banyak peneliti untuk mengoptimalkan kualitas *paving block* dan membuatnya lebih optimal.
2. Peneliti selanjutnya agar supaya dapat memberikan analisa biaya pembuatan , sehingga nantinya bila paving mutu tinggi dibuat menggunakan tambahan serat baja akan diketahui berapa tambahan biaya yang timbul terhadap penambahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Maryanto, S. Winarto, and L. D. K. 2018. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Limbah Kuningan Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-225. *Jurmateks*, vol. 1, no. 1, pp. 76–90.
- C.-K. Wang, C. G. Salmon, and B. Hariandja 1990. *Desain Beton Bertulang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- D. P. Umum, “SNI 03-1969-1990,” *Metod. Penguji. Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agreg. Kasar*, 1990.
- X. Zhang, J. Pan, and B. Yang, “Experimental Study on Mechanical Performance of Bamboo Fiber Reinforced Concrete,” vol. 177, pp. 1219–1222, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.174-177.1219.
- SNI 03-2417-1991, “Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles,” *Balitbang PU*, vol. 12, no. 12, pp. 1–5, 1991.
- R. Anggraini, “Pengaruh Penambahan Phyropilit Terhadap Kuat Tekan Beton,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 2, no. 3, pp. 163–174, 2008.
- S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “Semen portland komposit,” 2004.
- S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal , beton berat dan beton massa,” 2012.
- A. Azis, H. Parung, and R. Irmawaty, “Studi Tarik Belah Beton dengan Penambahan Dramix Steel Fiber,” *Naskah Publ.*, pp. 1–11, 2016.
- D. Johannes, K. Mangundap, H. Sugiharto, and G. B. Wijaya, “Pengaruh penambahan serat baja 4D dramix terhadap kuat tekan, tarik belah, dan lentur pada beton,” *J. Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 40–47, 2017.
- B. Witjaksana, “PENAMBAHAN FIBER STEEL PADA CAMPURAN BETON,” *JHP17 J. Has. Penelit.*, vol. 1, no. 02, 2016.
- Wijaya, C. (2019). Penentuan Komposisi Lapisan Paving Block untuk Mendapatkan Kuat Tekan Yang Optimal. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* , 17 (1), 62-69.
- Fachrurrozi Yusyaf1), Alex Kurniawandy2), Ermiyati2) (2017). Pengaruh Penambahan Steel Fibre Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal . *Jurnal Ilmiah Universitas Riau* , 17 (1), 62-69.