

**PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM
SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN PADA PEMBUATAN
*PAVING BLOCK***

SKRIPSI

**PURNAMA INDAH LASE
NIM: 0705162007**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

**PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM
SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN PADA PEMBUATAN
*PAVING BLOCK***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si.)

**PURNAMA INDAH LASE
NIM: 0705162007**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Purnama Indah Lase
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705162007
Program Studi	: Fisika
Judul	: Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan <i>Paving Block</i>

Dapat disetujui untuk segera *dimunqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Medan, 18 Maret 2021 M
04 Sya'ban 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Pembimbing Skripsi II,



Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Purnama Indah Lase
Nomor Induk Mahasiswa : 0705162007
Program Studi : Fisika
Judul : Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam
Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan
Paving Block

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 18 Maret 2021



Purnama Indah Lase
NIM. 0705162007



PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: /ST/ST.V/PP.01.1/01/2021

Judul : Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam
Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan
Paving Block
Nama : Purnama Indah Lase
Nomor Induk Mahasiswa : 0705162007
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Selasa, 30 Maret 2021
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Muhammad Nuh, S. Pd., M. Pd.
NIP. 197503242007101001

Dewan Penguji,

Penguji I,

Dr. Abdul Halim Daulay, S. T., M. Si.
NIP. 1981110620050111003

Penguji II,

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

Penguji III,

Ety Jumiaty, S. Pd., M. Si.
NIB. 1100000072

Penguji IV,

Mulkan Iskandar nasution, M. Si.
NIB. 1100000120

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,



Dr. Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196609051991031002

PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan: (i) Untuk mengetahui apakah serbuk cangkang telur dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block*, (ii) Untuk mengetahui karakteristik *paving block* yang dihasilkan, dan (iii) Untuk mengetahui komposisi pencampuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir agar dihasilkan *paving block* dengan karakteristik yang optimum. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* adalah cangkang telur, semen, dan pasir. Cangkang telur yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cangkang telur ayam, semen yang digunakan adalah semen *portland*, pasir yang digunakan adalah pasir komersial, dan air yang digunakan adalah air bersih. Variasi campuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir untuk sampel A, B, C, D, dan E masing-masing adalah 0%:40%:60%, 5%:35%:60%, 10%:30%:60%, 15%:25%:60%, 20%:20%:60% dan digunakan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,56 pada semua variasi. Penjemuran *paving block* dilakukan selama 28 hari. Karakterisasi yang dilakukan terhadap benda uji yaitu karakterisasi fisis (daya serap air, densitas, dan porositas) dan karakterisasi mekanis (kuat tekan dan kuat lentur). Karakterisasi *paving block* yang dihasilkan pada nilai daya serap air dan kuat tekan pada sampel A yaitu 8,08% dan 10,56 MPa, sampel B yaitu 8,10% dan 9,92 MPa, sampel C yaitu 8,63% dan 9,44 MPa, sampel D yaitu 8,83% dan 6,85 MPa dan sampel E yaitu 9,10% dan 4,72 MPa. Sampel yang sudah memenuhi syarat mutu D pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996 adalah sampel A, B, dan C. Komposisi pencampuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir pada sampel B memberikan karakteristik yang paling optimum karena memiliki daya serap air terendah dan memiliki nilai kuat tekan yang tertinggi.

Kata-kata kunci: Cangkang Telur Ayam, Daya Serap Air, Kuat Tekan dan *Paving Block*.

**UTILIZATION OF CHICKEN EGG POWDER AS AN
ADDITIONAL MATERIAL TO PRODUCE
PAVING BLOCK**

ABSTRACT

Research aimed at: (i) To determine whether eggshell powder can be used as an additional material in making paving blocks, (ii) To determine the characteristics of the resulting paving blocks, and (iii) To determine the composition of mixing eggshell powder, cement, and sand to produce paving blocks with optimum characteristics. The materials used in making paving blocks are egg shells, cement, and sand. The eggshell used in this study is chicken egg shell waste, the cement used is Portland cement, the sand used is commercial sand, and the water used is clean water. Variations of the mixture of eggshell powder, cement, and sand for samples A, B, C, D, and E are 0%:40%:60%, 5%:35%:60%, 10%:30%:60%, 15%:25%:60%, 20%:20%:60% and a Cement Water Factor (FAS) of 0.56 was used for all variations. Paving block drying is carried out for 28 days. Characterization carried out on the specimen is physical characterization (water absorption, density, and porosity) and mechanical characterization (compressive strength and flexural strength). The resulting characterization of paving blocks on the value of water absorption and compressive strength in sample A is 8,08% and 10,56 MPa, sample B is 8,10% and 9,92 MPa, sample C is 8,63% and 9,44 MPa, sample D is 8,83% and 6,85 MPa and sample E is 9,10% and 4,72 MPa. Samples that have met the quality requirements of D on paving blocks stipulated by SNI 03-0691-1996 are samples A, B, and C. The composition of mixing eggshell powder, cement, and sand in sample B provides the most optimum characteristics because it has high power. the lowest water absorption and has the highest compressive strength value.

Keywords: *Chicken Eggshell, Water Absorption, Compressive Strength and Paving Block.*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan *Paving Block*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Penulisan proposal ini dapat diselesaikan dengan bantuan baik moril maupun materiil serta dorongan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnan, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Sekaligus Dosen Penasihat Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan saran selama penyusunan skripsi.
4. Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu memberikan ide, masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Masthura, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar serta meluangkan waktu memberikan saran dan motivasi selama penyusunan skripsi.
7. Kepada seluruh dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah banyak membantu dan meluangkan waktunya untuk membimbing dan berbagi ilmunya kepada penulis.

8. Ayah M. Idin Lase dan Ibu Khadijah Bu'ulolo selaku orang tua saya yang tercinta dan tersayang, atas dukungan dan kasih sayangnya yang tidak terbalaskan kepada Penulis dan juga terima kasih kepada seluruh Keluarga/Saudara yang telah memberi semangat, dorongan, dan motivasi kepada Penulis.
9. Keluarga Fisika Stambuk 2016 yang senantiasa memberikan tawa, semangat, dan motivasi.
10. Sahabat-sahabat tercinta (Nurmaya Sari Hsb, Selly Afrilia Nst, Dinda Fakhira, Indra Adrianto, Siti Sartika Ujyanti, Heni Puspita Sari, Haryuwanda Desgira, Eka Widya, Dinda Friskila Lubis) terima kasih atas persahabatan, motivasi, dan dukungannya dalam penulisan skripsi ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk selalu memberikan bantuan moral dan spiritual.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri.

Medan, 18 Maret 2021



Penulis,

Purnama Indah Lase

NIM: 0705162007

DAFTAR ISI

Halaman

PERSETUJUAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah.....	3
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Tujuan Penelitian.....	4
1.5.Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Paving Block</i>	5
2.1.1. Klasifikasi <i>Paving Block</i>	7
2.1.2. SNI <i>Paving Block</i>	8
2.2. Semen.....	9
2.3. Agregat.....	11
2.3.1. Agregat Kasar	11
2.3.2. Agregat Halus	12
2.4. Cangkang Telur	12
2.5. FAS (Faktor Air Semen)	14
2.6. Sifat Fisis <i>Paving Block</i>	15
2.7. Sifat Mekanis <i>Paving Block</i>	17
2.8. Penelitian yang Relevan.....	19
2.9. Hipotesis Penelitian	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.1.1. Lokasi Penelitian.....	21
3.1.2. Waktu Penelitian.....	21
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.2.1. Alat Penelitian.....	21
3.2.2. Bahan Penelitian	22
3.3. Diagram Alir Penelitian	23
3.3.1. Tahap Pembuatan Serbuk Cangkang Telur	23
3.3.2. Tahap Pembuatan dan Karakterisasi <i>Paving Block</i>	24
3.4. Prosedur Penelitian	25
3.4.1. Pembuatan Serbuk Cangkang Telur.....	25
3.4.2. Pembuatan <i>Paving Block</i>	25
3.4.3. Karakterisasi Fisis	26
3.4.4. Karakterisasi Mekanis	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Karakterisasi Sifat Fisis	29
4.1.1. Daya Serap Air.....	29
4.1.2. Densitas	31
4.1.3. Porositas	33
4.2. Karakterisasi Sifat Mekanis	35
4.2.1. Kuat Tekan	35
4.2.2. Kuat Lentur.....	37
4.3. Pembahasan Penelitian.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1.	Sifat-sifat Fisik <i>Paving Block</i>	9
2.2.	Tipe-tipe Semen	10
2.3.	Komposisi Nutrisi Cangkang Telur	14
4.1.	Data Hasil Pengukuran Daya Serap Air	29
4.2.	Data Hasil Pengukuran Densitas	31
4.3.	Data Hasil Pengukuran Porositas	33
4.4.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan	35
4.5.	Data Hasil Pengujian Kuat Lentur	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
3.1.	Tahap Pembuatan Serbuk Cangkang Telur	23
3.2.	Tahap Pembuatan dan Karakterisasi <i>Paving Block</i>	24
3.3.	Sampel <i>Paving Block</i> Untuk Uji Kuat Lentur	26
3.4.	Sampel <i>Paving Block</i> Untuk Uji Daya Serap Air, Densitas, Porositas, dan Kuat Tekan	26
4.1.	Grafik Pengukuran Daya Serap Air Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur	30
4.2.	Grafik Pengukuran Densitas Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur	32
4.3.	Grafik Pengukuran Porositas Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur	34
4.4.	Grafik Pengujian Kuat Tekan Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur	36
4.5.	Grafik Pengujian Kuat Lentur Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1.	Gambar Alat-Alat Percobaan	46
2.	Gambar Bahan Percobaan	48
3.	Gambar Sampel Uji <i>Paving Block</i>	49
4.	Data Pengukuran Daya Serap Air	50
5.	Data Pengukuran Densitas	51
6.	Data Pengukuran Porositas	52
7.	Data Pengujian Kuat Tekan	53
8.	Data Pengujian Kuat Lentur	54
9.	Surat Keterangan Penelitian	55
10.	SNI-03-0691-1996 Bata Beton <i>Paving Block</i>	56
11.	SNI-03-2847-2002	62

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengembangan sebuah negara pada zaman sekarang ini, tidak hanya bergantung pada teknologi, melainkan juga pada pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur merupakan hal yang sangat penting demi kemajuan suatu negara untuk menjalankan roda perekonomian, salah satunya adalah sarana transportasi. Sarana transportasi yang saat ini terus saja berkembang adalah perkerasan jalan. Perkerasan jalan pada saat ini umumnya masih menggunakan aspal. Akan tetapi, banyak dari masyarakat yang lebih memilih untuk menggunakan *paving block* (bata beton).

Paving block atau bata beton merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland*, air, dan juga agregat yang berupa pasir dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak akan mengurangi mutu bata beton itu sendiri (SNI-03-0691-1996). *Paving block* digunakan untuk membangun sarana prasarana pribadi maupun umum, seperti areal parkir, trotoar, taman, jalanan pemukiman atau kompleks perumahan, dan lain-lain. Selain itu, banyak dari masyarakat yang lebih menggunakan *paving block* dari bahan bangunan lainnya, karena tingkat kemudahan dalam pemasangan dan perawatan memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya yang mudah dijangkau oleh konsumen.

Pada penelitian Pratikto dan Ginanjar A (2019) yang berjudul “Pemanfaatan limbah genteng beton pada *paving block*” dalam penelitian ini didapat kesimpulan bahwa dengan pemanfaatan limbah genteng beton dapat memenuhi syarat mutu sifat tampak pada *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan limbah genteng beton juga mempunyai potensi yang cukup besar terhadap daya serap air. Pada penelitian Indra Basuki dkk., (2019) yang berjudul “*Paving block* berbasis abu gosok” didapat kesimpulan bahwa setiap komposisi menghasilkan persentase kuat tekan yang berbeda. Pada komposisi campuran 10% mengalami kenaikan persentase kuat tekan dan pada campuran 15% dan 5% mengalami penurunan pada kuat tekan.

Cangkang telur termasuk limbah yang tidak mendapat perhatian khusus, dan dibuang begitu saja tanpa adanya proses daur ulang. Oleh karena itu, untuk membantu menjaga lingkungan salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan pemanfaatan limbah. Limbah cangkang telur dapat ditemukan di berbagai tempat seperti warung nasi, martabak, dan lain-lain.

Cangkang telur adalah lapisan terluar dari telur. Lapisan ini dapat bertekstur keras maupun lunak, tergantung jenis telurnya. Menurut Umar (2000) dalam Zulfita dan Raharjo (2012), cangkang telur mengandung hampir 95,1% terdiri atas garam-garam organik, 3,3% bahan organik (terutama protein), dan 1,6% air. Sebagian besar bahan organik terdiri atas persenyawaan Kalsium karbonat (CaCO_3) sekitar 98,5% dan Magnesium karbonat (MgCO_3) sekitar 0,85%.

Dari uraian di atas, maka penulis tertarik untuk menggunakan bahan tambah pada *Paving block*. Adapun yang menggunakan bahan tambah pada pembuatan *paving block* adalah pada penelitian Ahmad Nur Ilham Yahya (2018) yang berjudul “Pengaruh variasi penambahan serat bambu ori terhadap karakteristik *paving block*” dalam penelitian ini terdapat pengaruh yang sangat besar terhadap karakteristik *paving block*. Selain itu, penambahan serat bambu ori pada campuran *paving block* dapat meningkatkan kuat tarik belah *paving block*.

Fitra Ary Winanda (2018) yang berjudul “Pengaruh penambahan pecahan cangkang siput sebagai pengganti agregat terhadap kuat tekan *paving block*” dalam penelitian ini didapat kesimpulan bahwa dengan penambahan pecahan cangkang siput sebagai pengganti agregat dapat memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 tentang penyerapan air maksimum sebesar 10%.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis mencoba memanfaatkan potensi alam yang ada dan melakukan penelitian menggunakan cangkang telur sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block* sehingga pemanfaatan limbah cangkang telur tidak terbuang sia-sia, tetapi akan memiliki nilai guna yang sangat tinggi dan sekaligus menambah kualitas *paving block*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah serbuk cangkang telur dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block*?
2. Bagaimana karakteristik *paving block* yang dihasilkan?
3. Bagaimana komposisi pencampuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir agar dihasilkan *paving block* dengan karakteristik yang optimum?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* adalah cangkang telur, semen, pasir, dan air.
2. Cangkang telur yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cangkang telur ayam, semen yang digunakan adalah semen *portland*, pasir yang digunakan adalah pasir komersial, dan air yang digunakan adalah air bersih.
3. Variasi komposisi pencampuran sebagai berikut:

Sampel	: Serbuk Cangkang Telur	: Semen	: Pasir
A	: 0%	: 40%	: 60%
B	: 5%	: 35%	: 60%
C	: 10%	: 30%	: 60%
D	: 15%	: 25%	: 60%
E	: 20%	: 20%	: 60%

dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,56.

4. Penjemuran *paving block* dilakukan selama 28 hari.
5. Ukuran cetakan *paving block* yang digunakan adalah $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ untuk cetakan sampel uji daya serap air, densitas, porositas, dan kuat tekan serta $10 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ untuk cetakan sampel uji kuat lentur.
6. Karakterisasi yang dilakukan terhadap benda uji yaitu: karakterisasi fisis (daya serap air, kerapatan/densitas, dan porositas) dan karakterisasi mekanis (pengujian kuat tekan dan kuat lentur).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui apakah serbuk cangkang telur dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block*.
2. Untuk mengetahui karakteristik *paving block* yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui komposisi pencampuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir agar dihasilkan *paving block* dengan karakteristik yang optimum.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengurangi pencemaran lingkungan, karena limbah cangkang telur telah dimanfaatkan dan tidak berserakan di mana-mana.
2. Bagi para peneliti dan mahasiswa hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu bahan informasi dan referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Paving Block*

Paving block merupakan komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland*, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton (SNI 03-0691-1996). *Paving block* sering juga disebut sebagai bata beton (*concrete block*). Pada umumnya agregat yang digunakan dalam campuran *paving block* adalah agregat halus berupa pasir. *Paving block* dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat pewarna pada komposisinya. (Arief, 2016).

Paving block biasa digunakan sebagai salah satu alternatif penutup permukaan tanah atau perkerasan. *Paving block* memiliki beragam variasi bentuk dan dapat dipakai sesuai kebutuhan. *Paving block* digunakan sesuai tingkat kebutuhannya, misalnya sebagai tempat parkir, terminal, trotoar, halaman rumah, dan juga perkerasan jalan dikomplek perumahan serta untuk keperluan lainnya. (Iqbal Maulia dkk., 2019).

Sebagaimana telah dijelaskan dalam ayat al-Qur'an QS. Al-Hijr/15:82

وَكَانُوا يُنْحِتُونَ مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا ءَامِنِينَ (٨٢)

Artinya: “dan mereka memahat rumah-rumah dari gunung-gunung batu (yang didiami) dengan aman”.

Kata (*يُنْحِتُونَ*) yanhitun yang biasa diterjemahkan manfaat dari segi bahasa bermakna memotong batu atau kayu dari pinggir atau melubanginya di tengahnya. Sementara ulama memahami kata ini dalam arti memotong batu-batu gunung untuk kemudian menjadikannya sebagai bahan bangunan, baik rumah tempat tinggal maupun benteng-benteng. Ada juga memahaminya dalam arti menjadikan sebagai gunung-gunung yang terdapat di wilayah mereka sebagai rumah-rumah tempat tinggal (gua-gua) setelah memotong dan atau melubanginya sehingga menjadi ruangan-ruangan tanpa harus membangun fondasi dan dinding-dinding.

Ayat ini menjelaskan tentang orang terdahulu membuat tempat tinggal dari bahan batu-batu gunung yang dipahat untuk dijadikan sebagai bahan bangunan dalam membuat rumahnya. Akan tetapi, di zaman sekarang ini berkat kemajuan ilmu sains banyak ditemukan bahan-bahan dari alam yang sudah tidak dipakai, seperti sampah, digunakan dalam campuran bahan bangunan untuk material bangunan. (Syarifuddin, 2018).

Beberapa dari masyarakat lebih tertarik menggunakan *paving block*, misalnya saja pada saat siang hari halaman yang menggunakan *paving block* tidak terlalu panas (lebih nyaman) jika dibandingkan dengan halaman yang menggunakan aspal atau cor beton. Pemasangan dan perawatan pada *paving block* sangat mudah. Selain itu, *paving block* juga memiliki aneka ragam bentuk variasi yang indah. (Fitra Ary Winanda, 2018).

Paving block memiliki keunggulan dan kelemahan dalam penggunaannya yaitu sebagai berikut:

1. Keunggulan *paving block* adalah sebagai berikut:
 - a. *Paving block* dapat langsung digunakan tanpa harus menunggu pengerasan seperti pada beton.
 - b. Perbandingan harganya yang lebih rendah daripada jenis perkerasan yang lain.
 - c. Penyerapan air tinggi sehingga dapat mengurangi genangan air.
 - d. Bentuk yang beragam menjadikan perkerasan yang menggunakan *paving block* mempunyai banyak pilihan bentuk, sehingga bentuk estetis perkerasan dapat diperlihatkan.
 - e. Pelaksanaannya mudah serta tidak membutuhkan alat berat, sehingga dapat diproduksi secara massal.

2. Kelemahan *paving block* adalah sebagai berikut:
 - a. Pasangan *paving block* mudah bergelombang apabila pondasinya tidak terlalu kuat.
 - b. *Paving block* kurang cocok digunakan untuk lahan yang dilalui dengan kendaraan berkecepatan tinggi dan perkotaan yang padat.

- c. Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan jalan yang tidak rata.

(Ahmad, 2018).

2.1.1. Klasifikasi *Paving Block*

Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-0691-1996) mengklasifikasi *paving block* (bata beton) dalam 4 jenis, yaitu:

- a. Bata beton mutu A, digunakan untuk jalan.
- b. Bata beton mutu B, digunakan untuk parkir.
- c. Bata beton mutu C, digunakan untuk pejalan kaki.
- d. Bata beton mutu D, digunakan untuk taman dan pengguna lain.

(Diah Larasati, 2016).

Dari klasifikasi *paving block* ini didasarkan pada bentuk, tebal, kekuatan, dan warna yaitu sebagai berikut:

1. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk.

Secara garis besar bentuk *paving block* dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. *Paving block* bentuk segi empat (*rectangular*),
- b. *Paving block* bentuk segi banyak.

Dalam hal penggunaan dari bentuk *paving block*, dapat disesuaikan dengan keperluan. Baik untuk konstruksi pengerasan pada jalan dengan lalu lintas sedang sampai berat, seperti: jalan raya, kawasan industri dan jalan umum karena bentuk segiempat lebih cocok dalam penggunaan *paving block*.

2. Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan.

Secara umum *paving block* memiliki ketebalan 60, 80, dan 100 mm. Masing-masing ketebalan yang dimiliki pada *paving block* dapat disesuaikan dengan kebutuhan sebagai berikut:

- a. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas ringan yang frekuensinya terbatas pada pejalan kaki dan kadang-kadang sedang.

- b. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas sedang yang frekuensinya terbatas pada *pick up*, truk dan bus.
 - c. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm atau lebih, diperuntukkan bagi beban lalu lintas berat seperti: *crane*, *loader*, dan alat berat lainnya. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm ini sering dipergunakan di kawasan industri dan pelabuhan.
3. Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan.

Bergantung dari penggunaan lapis perkerasan, *paving block* memiliki kekuatan berkisar antara 250 kg/cm² hingga 450 kg/cm². Secara umum, *paving block* sudah banyak diproduksi di Indonesia. *Paving block* yang sudah diproduksi, umumnya mempunyai kuat tekan karakteristik antara 300 kg/cm² hingga 350 kg/cm².
 4. Klasifikasi Berdasarkan Warna.

Selain bentuk yang beragam *paving block* juga memiliki warna, dimana dapat memperlihatkan keindahan sehingga digunakan sebagai pembatas seperti pada tempat parkir. Warna *paving block* yang ada dipasaran adalah merah, hitam, dan abu-abu. (Aslam Dani, 2019).

2.1.2. SNI *Paving Block*

Syarat mutu *paving block* dalam SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut:

- a. Sifat tampak

Paving block harus mempunyai permukaan yang rata. Tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dipecahkan dengan kekuatan jari tangan.

- b. Bentuk dan Ukuran

Berbagai bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai, terdapat di pasaran tergantung dari produsennya. Biasanya setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam *leaflet* mengenai bentuk, ukuran, dan daya dukung

serta konstruksi pemasangannya untuk lantai. *Paving block* harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi 80%.

c. Sifat fisika

Paving block harus mempunyai sifat-sifat fisik seperti pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Sifat-Sifat Fisik *Paving Block*

Jenis	Kuat Tekan (MPa)		Penyerapan air Rata-rata maks (%)
	Rerata	Min	
A	40	35	3
B	20	17	6
C	15	12,5	8
D	10	8,5	10

Sumber: SNI 03-0691-1996

Keterangan:

1. *Paving block* mutu A digunakan untuk jalan. Bata beton mutu A di atas disyaratkan kuat tekan minimal 35 MPa dan rerata 40 MPa.
2. *Paving block* mutu B digunakan untuk peralatan parkir. Bata beton mutu B di atas disyaratkan kuat tekan minimal 17 MPa dan rerata 15 MPa.
3. *Paving block* mutu C digunakan pejalan kaki. Bata beton mutu C di atas disyaratkan kuat tekan minimal 12,5 MPa dan rerata 15 MPa.
4. *Paving block* mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain. Bata beton mutu D di atas disyaratkan kuat tekan minimal 8,5 MPa dan rerata 10 MPa.

d. Ketahanan terhadap Natrium Sulfat

Paving block apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.

2.2. Semen

Semen adalah *hydraulic blinder* (perekat hidraulis) yang berarti bahwa senyawa-senyawa yang terkandung dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan.

Sifat-sifat semen pada umumnya adalah:

a. Hidrasi Semen

Hidrasi semen adalah proses yang terjadi setelah semen ditambah dengan air, reaksi ini dipengaruhi oleh kehalusan semen, jumlah semen, suhu dan sebagainya.

b. *Setting* (pengikatan) dan *Hardening* (pengerasan)

Gejala terjadinya kekakuan pada adonan yang diukur sebagai waktu mulai dari adonan terjadi hingga terjadinya kekuatan disebut pengikatan. Sedangkan pengerasan merupakan proses yang terjadi setelah pengikatan sehingga kekuatan adonan penuh tercapai. (Yusuf Amran, 2015).

Semen *portland* adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen *portland* komposit (SNI 15-7064-2004). Semen *portland* dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti, pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya. (Ratna Hidayati, 2016).

Berdasarkan SK.SNI T-15-1971-03:2, semen *portland* terbagi menjadi 5 jenis, yaitu: (Arief, 2016).

Tabel 2.2. Tipe-tipe Semen Portland

Tipe	Keterangan
I	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Biasa digunakan untuk konstruksi bangunan bertingkat tinggi, perumahan, jembatan dan jalan raya, landasan bandara, beton pratekan, bangunan irigrasi.
II	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang serta diaplikasikan pada tempat yang lebar dan luas (bendungan, dermaga, dinding penahan besar, dan lain-lain).
III	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras) dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
IV	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini dapat mencapai kekuatan tinggi

	dengan lambat dan membutuhkan pemeliharaan pengeringan lebih panjang.
V	Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat dan diaplikasikan untuk pondasi, dinding basement, terowongan, dan juga beton yang bersentuhan dengan tanah
Sumber: SK. SNI T-15-1971-03:2	

2.3. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran *paving block*. Pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting pada pembuatan *paving block*, karena agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat *paving block*. Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan ialah dengan didasarkan pada ukuran butirannya. Agregat yang memiliki ukuran butir lebih besar dari 4,80 mm disebut sebagai agregat kasar atau sering disebut kerikil, kericak, atau *split*. Sedangkan agregat yang berbutir lebih kecil dari 4,80 mm disebut sebagai agregat halus atau pasir. (Khoirur, 2018).

2.3.1. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan besar butir lebih dari 5 mm. Dalam penggunaannya, kerikil harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum menggunakannya.
- c. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- d. Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan. (Aslam Dani, 2019).

2.3.2. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut SNI.S-04-1989-F, antara lain:

- a. Butirannya tajam, kuat, dan keras.
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- d. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3, atau 4. (Mukhlis dkk., 2016).

2.4. Cangkang Telur

Salah satu limbah peternakan yang menjadi sumber masalah bagi masyarakat dan juga industri pengolahan bahan pangan yang berbahan baku telur adalah cangkang telur. Dengan jumlah konsumsi masyarakat yang meningkat, dapat mengakibatkan jumlah limbah kulit cangkang telur menjadi menumpuk dan biasanya dibuang begitu saja oleh masyarakat. Sehingga limbah cangkang telur dianggap sebagai sampah yang dapat dibuang begitu saja.

Menurut data *World Intellectual Property Organization* (2009), di Amerika Serikat ada sekitar 190.000 ton kulit telur yang terbuang dari jumlah ini sekitar 120.000 ton dihasilkan dari industri pengolahan makanan dan sekitar 70.000 ton dihasilkan dari penetasan telur. Sementara itu, di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Menurut data Direktorat Jenderal Peternakan (2013), produksi telur Indonesia tahun 2013

sebesar 1.702.773 ton. Sehingga jumlah ini akan menghasilkan limbah cangkang telur sebesar 10% dari total berat telur. (Fitriadi, 2017).

Banyaknya jumlah limbah kulit telur yang tidak dimanfaatkan oleh masyarakat, membuat satu ide untuk memanfaatkan limbah tersebut menjadi sesuatu yang berguna. Pada umumnya limbah kulit telur ini hanya dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan. Sebagaimana firman Allah dalam QS. Al-Isra' ayat 27-28 yang berbunyi:

إِنَّ الْمُبَدِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُورًا (٢٧) وَإِمَّا تُعْرِضَنَّ عَنْهُمُ
اِئْتِغَاءَ رَحْمَةٍ مِنْ رَبِّكَ تَرْجُوهَا فَقُلْ لَهُمْ قَوْلًا مَيْسُورًا (٢٨)

Artinya: “Sesungguhnya pemboros-pemboros itu adalah saudara-saudara syaitan dan syaitan itu adalah sangat ingkar kepada Tuhannya dan jika kamu berpaling dari mereka untuk memperoleh rahmat dari Tuhanmu yang kamu harapkan, Maka Katakanlah kepada mereka Ucapan yang lemah lembut”.

Ayat ini menjelaskan tentang islam yang melarang perbuatan tabdzir (pemborosan), hal ini dapat diartikan bahwa manusia harus mampu menjadi pribadi yang kreatif yakni mampu mengelola kembali sampah atau limbah rumah tangga yang tidak berguna lagi menjadi sesuatu yang mempunyai kegunaan sehingga manusia yang kreatif dan produktif tidak akan termasuk ke dalam perbuatan tabdzir. Untuk itu, kita semua harus mampu menjaga keseimbangan alam salah satunya yaitu dengan memanfaatkan limbah rumah tangga sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Pemanfaatan limbah terus dilakukan oleh para peneliti. Pemanfaatan limbah ini bertujuan untuk menjadikan suatu produk yang lebih berguna, produk yang dapat diperbaharui, produk yang dapat meningkatkan nilai jual yang ekonomis dan dapat dimanfaatkan oleh manusia. Selain itu pemanfaatan limbah juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Sebagian besar cangkang telur terdiri atas persenyawaan kalsium karbonat (CaCO₃) sekitar 90,9%. Komposisi nutrisi cangkang telur dapat secara lengkap dilihat pada tabel 2.3. (Warsy dkk., 2016).

Tabel 2.3. Komposisi Nutrisi Cangkang Telur

No.	Nutrisi	Cangkang Telur (%berat)
1.	Kalsium karbonat (CaCO ₃)	90,9
2.	Abu	89,9-91,1
3.	Kalsium	35,1-36,4
4.	Air	29-35
5.	Protein	1,4-4
6.	Arginin	0,56-0,57
7.	Alanin	0,45
8.	Magnesium	0,37-0,40
9.	Sodium	0,15-0,17
10.	Fosfor	0,12
11.	Lemak Murni	0,10-0,20
12.	Pottasium	0,10-0,13
13.	Sulfur	0,09-0,19

Sumber: Warsy dkk., 2016

2.5. FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air semen (FAS) merupakan indikator yang penting dalam perancangan *paving block*. FAS yang rendah akan menyebabkan air yang berada di antara bagian-bagian semen sedikit dan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek. Faktor Air Semen adalah berat air dibagi dengan berat semen seperti pada Persamaan 2.1. (Imron dkk., 2017)

$$FAS = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \quad (2.1)$$

Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan jika semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton akan semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton akan semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah dapat menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, seperti kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Pada umumnya, nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

(Muhammad Ikhwan dkk., 2017).

Air yang diperlukan pada pembuatan *paving block* untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat yang berupa pasir dan memberikan kemudahan

dalam pekerjaan pembuatan *paving block*. Umumnya, air yang dapat diminum biasanya dapat digunakan dalam campuran *paving block*. Air termasuk bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Selain itu, air juga berfungsi untuk pelumas antara butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. (Imron dkk., 2017).

Kualitas pada beton sangat berpengaruh terhadap kualitas air yang akan digunakan. Kekuatan beton akan menurun apabila, air yang mengandung zat-zat kimia berbahaya, mengandung garam, minyak, dan lain-lain. Air yang berlebihan dapat menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai. Dan, apabila air terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton dan sulit untuk dikerjakan. (Praktikto dkk., 2019).

Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Standar SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A):

- a) Air harus bersih.
- b) Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang, yang dapat dilihat secara visual. benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.
- c) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- d) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- e) Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

2.6. Sifat Fisis *Paving Block*

Sifat fisis yang terdapat pada *paving block* yaitu daya serap air, densitas, dan porositas.

1. Daya Serap Air

Daya serap air adalah persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam dalam air. Pori dalam butiran agregat mempunyai ukuran dengan variasi yang cukup besar. Pori-pori tersebut terdapat di seluruh butiran, beberapa merupakan pori-pori yang tertutup dalam material, beberapa yang lain terbuka terhadap permukaan butiran. Beberapa jenis agregat yang sering dipakai

mempunyai volume pori tertutup sekitar 0% sampai 20% volume butirnya. (Wahyu Wibowo, 2018).

Menurut SNI 03-0691-1996, daya serap air merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk memprediksi dan mengetahui kekuatan dan kualitas *paving block* yang dihasilkan. *Paving block* dengan kelas mutu A disyaratkan memiliki daya serap air maksimum sebesar 3%, kelas mutu B maksimum 6%, kelas mutu C maksimum 8% dan kelas mutu D maksimum 10%. Rendahnya nilai daya serap air *paving block* diharapkan dapat menjadikan *paving block* lebih kuat dan tahan lama dalam pemakaiannya. (Satya Adi dkk., 2018).

Pengujian daya serap air dilakukan pada benda uji yang telah melalui proses pembakaran untuk tiap-tiap campuran. Besar kecilnya penyerapan air pada benda uji sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga. Jika, semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam benda uji maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang. Daya serap air dirumuskan sebagai berikut: (Diah Larasati, 2016)

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

M_b = Massa basah benda uji (g)

M_k = Massa kering benda uji (g)

2. Densitas

Massa jenis (densitas) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Pada beton normal menurut SNI 03-2847-2002 memiliki densitas sekitar 2,2-2,5 g/cm³. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap *paving block* merupakan total massa *paving block* dibagi dengan total volume *paving block*. Persamaan untuk menentukan massa jenis sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.3)$$

Dengan:

ρ = Massa jenis beton (g/cm³)

m = Massa beton (g)

V = Volume beton (cm³)

3. Porositas

Porositas adalah perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total *paving block*. Besarnya kadar pori yang terdapat pada *paving block* merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan *paving block*. Pori-pori *paving block* biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler *paving block*. Kapiler *paving block* akan selalu ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan *paving block* yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan akan memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan *paving block*.

Ada dua jenis porositas yaitu porositas tertutup dan porositas terbuka. Porositas tertutup umumnya sulit untuk ditentukan pori tersebut merupakan rongga yang terjebak di dalam padatan dan serta tidak ada akses ke permukaan luar walaupun rongga tersebut ada di tengah-tengah padatan. Untuk mengukur porositas mengacu pada SNI 03-0691-1989. Persamaan untuk menentukan porositas sebagai berikut:

$$\%P = \frac{M_b - M_k}{\rho_{air} \times V_t} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dengan:

P	= Porositas (%)
M _b	= Massa basah sampel setelah direndam (g)
M _k	= Massa kering sampel setelah direndam (g)
V _t	= Volume total sampel (cm ³)
ρ _{air}	= Massa jenis air (g/cm ³)

(Aslam Dani, 2019)

2.7. Sifat Mekanis *Paving Block*

Sifat mekanis yang terdapat pada *paving block* yaitu kuat tekan dan kuat lentur.

1. Kuat Tekan

Kuat tekan *paving block* merupakan salah satu parameter kualitas mutu yang harus diperhatikan selain ketahanan aus dan daya serap air. Kuat tekan *paving block* sangat dipengaruhi oleh perbandingan bahan penyusunnya. Menurut SNI 03-1974-1990 kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan

benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Untuk pengukuran kuat tekan *paving block* mengacu pada SNI 03-0691-1996 dan dihitung dengan persamaan berikut: (Aslam Dani, 2019)

$$P = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.5)$$

Keterangan:

- P = Kuat Tekan (N/ m²)
 F_{maks} = Gaya Maksimum (N)
 A = Luas Permukaan (m²)

Kuat hancur dari *paving block* dipengaruhi oleh sejumlah faktor, yaitu:

- Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat tekan bebas beton.
- Jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan agregat.
- Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya.
- Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton meningkat dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang sama. (Rifan Wiguna, 2017).

2. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa). Menurut SNI 4431:2011 untuk menghitung nilai kuat lentur pada satu jenis beton yaitu:

$$f_r = \frac{PL}{bh^2} \quad (2.6)$$

Keterangan:

- f_r = Kuat Lentur (MPa)
 P = Beban maksimum yang terjadi (N)
 L = Panjang bentang (mm)

- b = Lebar penampang balok (mm)
h = Tinggi penampang balok (mm)

2.8. Penelitian yang Relevan

Pada penelitian Jesselin (2018). Penelitiannya yang berjudul “Pembuatan Beton Modifikasi Dengan Polimer Dari Limbah Senyawa Lateks Karet Alam Dengan Pengisi Serbuk Cangkang Telur Ayam”. Dari hasil penelitian diperoleh nilai densitas pada Limbah Senyawa Lateks Karet Alam Dengan Pengisi Serbuk Cangkang Telur Ayam mengalami penurunan di setiap penambahan variasi campuran.

Pada penelitian Fitra (2018). Penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Cangkang Siput sebagai Pengganti Agregat terhadap Kuat Tekan *Paving Block*”. Dengan campuran tersebut menghasilkan *paving block* mutu D yang dapat diaplikasikan untuk area pertamanan dengan kuat tekan yang diperoleh sebesar 17,88 MPa dan penyerapan air yang didapat sebesar 4,48%.

Pada penelitian Yulin dan Lola (2013) dengan judul “Pemanfaatan Serbuk Kayu Benuas Sisa Industri Penggergajian Sebagai Bahan Pembuatan *Paving Block*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keausan, porositas serta kuat tekan *paving block* dengan penambahan serbuk gergaji. Dari hasil penelitian diperoleh hasil antara lain yaitu *paving block* yang dihasilkan dari penambahan serbuk kayu mengalami penurunan ketahanan aus dan terjadinya peningkatan terhadap nilai porositas dan kuat tekan.

Pada penelitian Fetra dkk., (2020) dengan judul “ Analisis Mekanis Beton Busa Dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Abu Sekam Padi dan Serbuk Cangkang Telur”. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai tegangan kuat lentur balok beton busa terhadap penambahan serat sabut kelapa dengan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi. Dari hasil penelitian diperoleh hasil antara lain yaitu nilai kuat lentur beton busa yang dihasilkan dari kombinasi serat sabut kelapa dengan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi mengalami penurunan pada variasi campuran 0, 10, 15, dan 20% masing-masing secara berurut yaitu 2,25, 1,5, 1,5, dan 1,05 MPa.

2.9. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah cangkang telur dapat dijadikan sebagai alternatif bahan substitusi semen dalam pembuatan *paving block* dan penggunaan serbuk cangkang telur dalam pembuatan *paving block* akan mempengaruhi kekuatan tekan pada *paving block*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Bahan yang digunakan untuk menghasilkan *paving block* adalah semen, pasir, air, dan serbuk cangkang telur sebagai bahan tambahan. Sampel tersebut diuji untuk mengetahui hubungan karakteristik sifat fisis dan sifat mekanis dengan komposisi bahan.

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1. Lokasi Penelitian

Pembuatan dan pengujian sampel pada penelitian ini dilakukan di:

1. Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Jl. IAIN No.1. Medan.
2. Laboratorium Teknologi Hasil Hutan (THH), Fakultas Kehutanan
Universitas Sumatera Utara Medan. Jl. Tri Darma Ujung No.1. Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November hingga Desember 2020.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Lesung
Sebagai alat penghancur cangkang telur.
2. Ayakan 100 mesh
Digunakan untuk menyaring serbuk cangkang telur.
3. Jangka Sorong
Digunakan untuk pengujian ukuran tebal *paving block*.
4. Mistar/Penggaris
Digunakan untuk mengukur panjang *paving block*.

5. Wadah/Ember
Sebagai penampung utama air.
6. Sendok Semen
Digunakan untuk mengaduk campuran cangkang telur, semen, pasir, dan air.
7. Timbangan digital
Digunakan untuk mengukur massa *paving block*.
8. UTM (*Universal Testing Machine*)
Sebagai alat untuk menguji kuat tekan pada sampel.
9. Cetakan
 - a. Kubus (3x3x3) cm³ berfungsi sebagai cetakan untuk sampel uji kuat tekan, daya serap air, densitas, dan porositas.
 - b. Balok (10x3x3) cm³ berfungsi sebagai cetakan untuk sampel uji kuat lentur.
10. Gelas Ukur 100 ml
Digunakan sebagai wadah untuk takaran perbandingan volume air dengan bahan.
11. Alat press manual
Digunakan untuk menekan cetakan pada sampel.

3.2.2. Bahan Penelitian

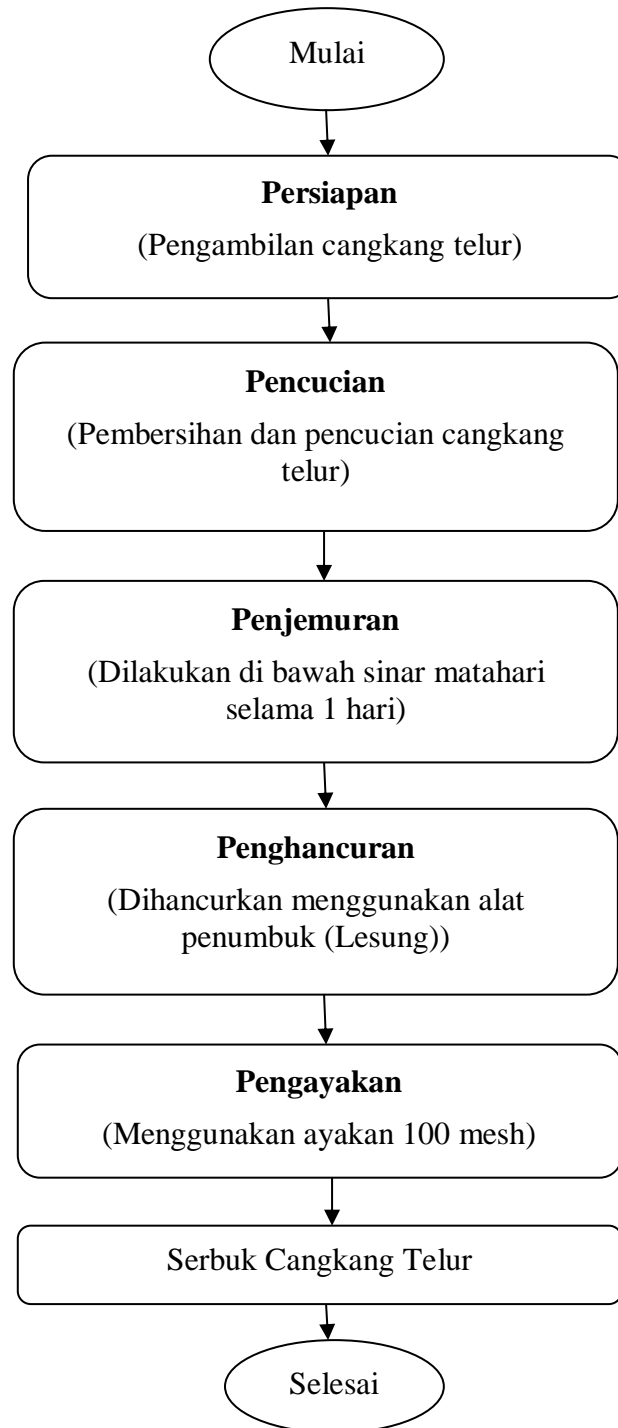
Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Serbuk cangkang telur.
2. Semen *Portland*.
3. Agregat halus (Pasir).
4. Air.

3.3. Diagram Alir Penelitian

3.3.1. Tahap Pembuatan Serbuk Cangkang Telur

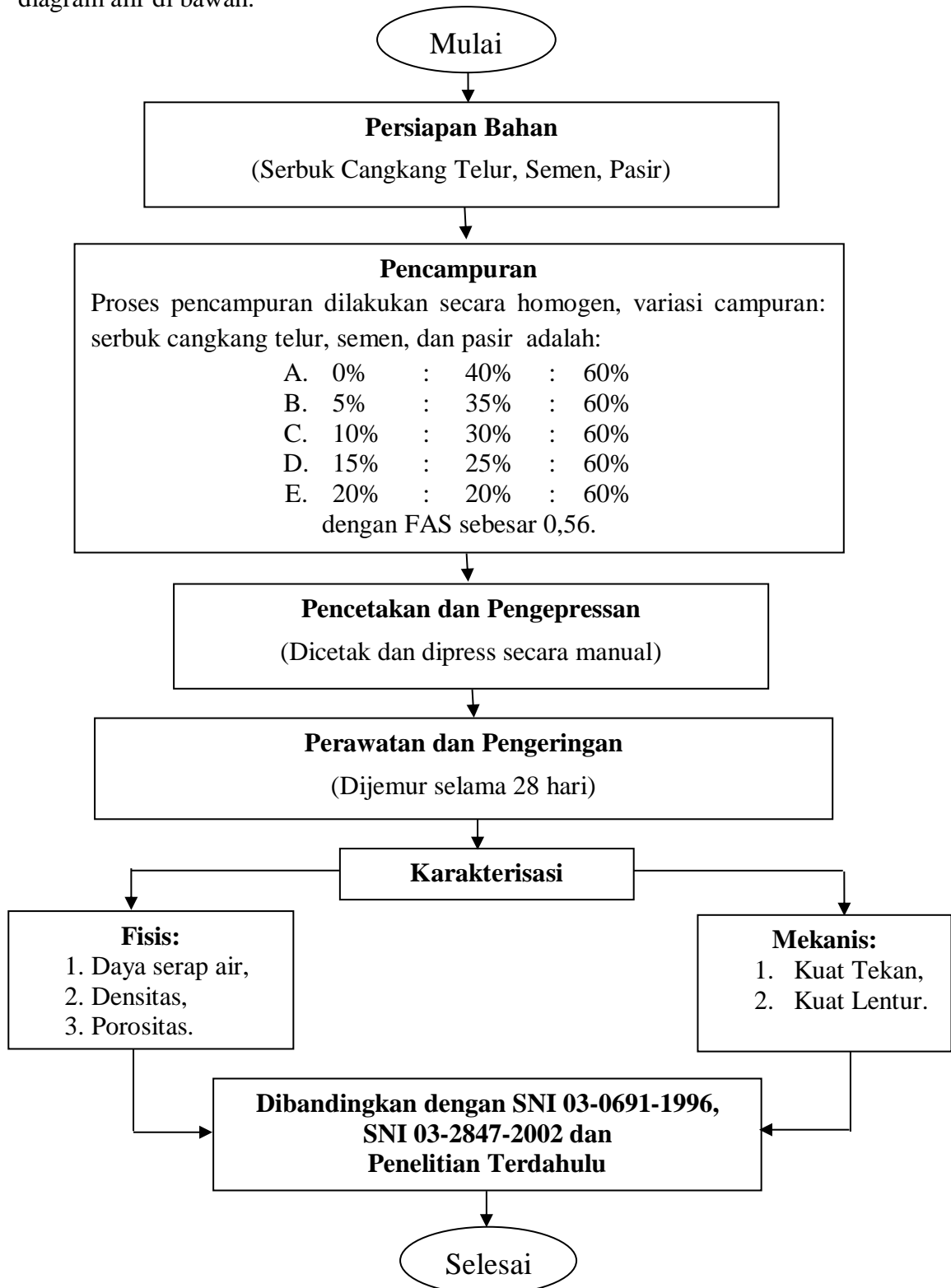
Adapun tahap pembuatan serbuk cangkang telur dapat dilihat pada diagram alir di bawah:



Gambar 3.1. Tahap pembuatan serbuk cangkang telur

3.3.2. Tahap Pembuatan dan Karakterisasi *Paving Block*

Adapun tahap pembuatan dan karakterisasi *paving block* dapat dilihat pada diagram alir di bawah:



Gambar 3.2. Tahap pembuatan dan karakterisasi *paving block*

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Pembuatan Serbuk Cangkang Telur

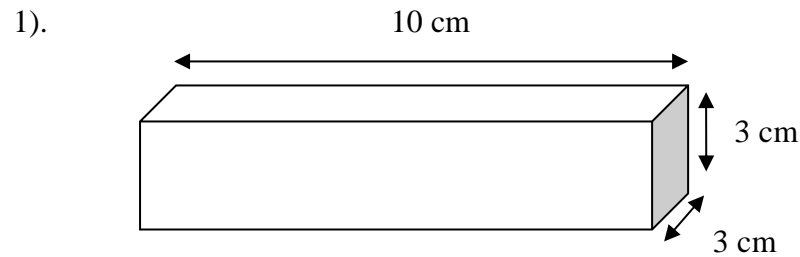
Adapun proses pembuatan serbuk cangkang telur adalah:

1. Disiapkan limbah cangkang telur.
2. Dibersihkan dan dicuci limbah cangkang telur dari kotoran yang melengket dengan menggunakan air dan sabun.
3. Selanjutnya, cangkang telur dijemur dibawah sinar matahari selama 1 hari.
4. Kemudian, cangkang telur dihancurkan dengan menggunakan alat penumbuk (lesung).
5. Kemudian, cangkang telur diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh.

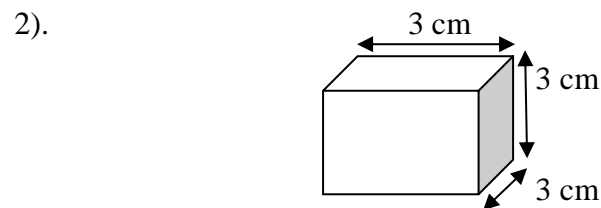
3.4.2. Pembuatan *Paving Block*

Adapun proses pembuatan *paving block* adalah:

1. Disediakan bahan campuran *paving block* yaitu serbuk cangkang telur, semen, pasir, dan air.
2. Dibersihkan semua alat yang akan digunakan agar tidak ada bahan-bahan lain yang dapat mempengaruhi campuran *paving block*.
3. Dicampurkan semua bahan campuran *paving block* (serbuk cangkang telur, semen, pasir, dan air) yang telah ditakar, kemudian aduk hingga campurannya homogen.
4. Kemudian, dituangkan adonan ke dalam cetakan yang telah tersedia.
5. Selanjutnya, dipress cetakan secara manual sekaligus meratakan permukaan cetakan *paving block*.
6. Cetakan yang telah diisi campuran bahan *paving block*, disimpan dalam ruangan perawatan selama 2 hari sampai *paving block* mengeras dan dijemur dibawah sinar matahari selama 28 hari (umur yang sudah ditentukan). Betuk cetakan sampel *paving block* sebagai berikut:



Gambar 3.3. Sampel *Paving Block* Untuk Uji Kuat Lentur



Gambar 3.4. Sampel *Paving Block* Untuk Uji Daya Serap Air, Densitas, Porositas, dan Kuat Tekan.

3.4.3. Karakterisasi Fisis

Proses pengujian karakterisasi fisis pada pembuatan *paving block* meliputi: pengujian daya serap air, densitas, dan porositas.

1. Daya Serap Air

Adapun tahapan karakterisasi fisis daya serap air adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji, wadah perendaman, dan air secukupnya.
2. Ditimbang massa benda uji kering dan dicatat hasilnya.
3. Dimasukkan air dan benda uji kedalam wadah tersebut secukupnya, kemudian benda uji direndam selama 24 jam.
4. Setelah benda uji diangkat dari wadah perendaman, kemudian dihitung massa benda uji basah.
5. Dihitung nilai daya serap air masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan .
6. Dicatat nilai daya serap air yang dihasilkan.

2. Densitas

Adapun tahapan karakterisasi fisis densitas adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji.
2. Ditimbang massa benda uji.
3. Diukur besar volume dari masing-masing variasi benda uji.
4. Dihitung nilai densitas masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
5. Dicatat besar nilai densitas yang dihasilkan.

3. Porositas

Adapun tahapan karakterisasi fisis porositas adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji, wadah perendaman, dan air secukupnya.
2. Diukur massa benda uji kering dan dicatat hasilnya.
3. Dimasukkan air dan benda uji ke dalam wadah perendaman, kemudian benda uji direndam selama 24 jam.
4. Setelah benda uji diangkat dari wadah perendaman, kemudian dihitung massa benda uji basah.
5. Dihitung nilai porositas masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
6. Dicatat nilai porositas yang dihasilkan.

3.4.4. Karakterisasi Mekanis

Proses pengujian karakterisasi mekanis pada pembuatan *paving block* meliputi: pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

1. Kuat Tekan

Adapun tahapan karakterisasi mekanis kuat tekan adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji *paving block*.
2. Diukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya.
3. Diletakkan benda uji (3x3x3) cm³ pada alat uji kuat tekan yaitu UTM.

4. Dinyalakan tombol power kemudian diamati jarum penunjuk beban, sambil memberikan beban tekan (F) dari atas perlahan demi perlahan sampai *paving block* tersebut hancur.
5. Dicatat besarnya nilai beban tekan maksimum yang terbaca pada komputer.
6. Diulangi kegiatan 3-6 dengan menggunakan sampel uji untuk kode sampel komposisi yang berbeda.

3. Kuat Lentur

Adapun tahapan karakterisasi mekanis kuat lentur adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji.
2. Diukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat lenturnya.
3. Ditimbang dan dicatat masing-masing benda uji.
4. Diletakkan benda uji (10x3x3) cm³ pada alat uji kuat lentur yaitu tensilon.
5. Dinyalakan tombol power, kemudian diamati data didalam komputer sambil memberikan beban tekan (F) pada titik pembebanan secara perlahan sampai benda uji tersebut patah.
6. Dicatat besarnya nilai beban tekan maksimum yang terbaca pada komputer.
7. Diulangi kegiatan 3-6 dengan menggunakan sampel uji untuk kode sampel komposisi yang berbeda.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Sifat Fisis

Karakterisasi sifat fisis dilakukan untuk beberapa komposisi variasi campuran melalui pengukuran daya serap air, densitas, dan porositas.

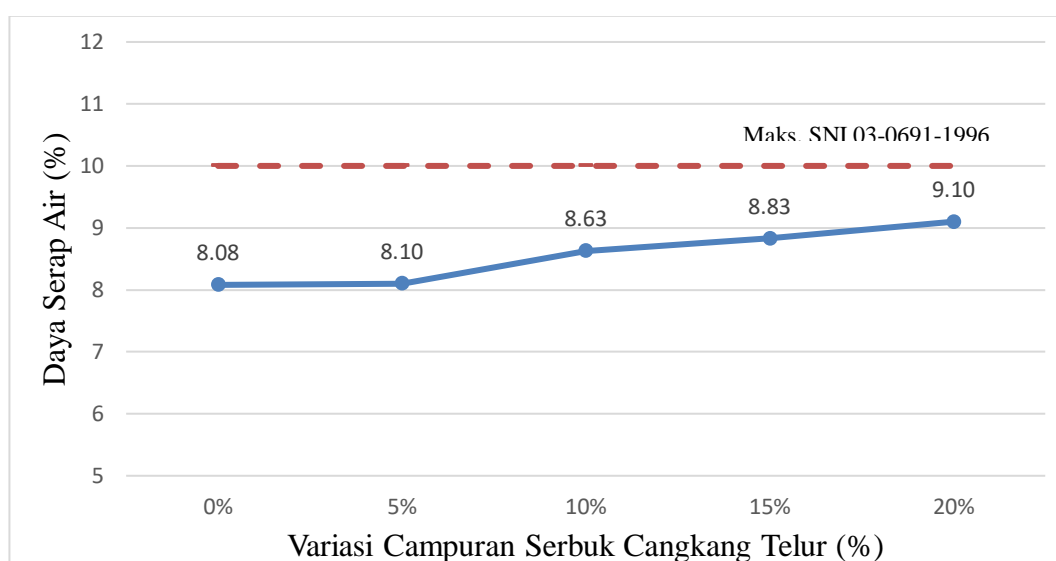
4.1.1. Daya Serap Air

Pengukuran daya serap air bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang diserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam. Dalam SNI 03-0691-1996 syarat lulus uji penyerapan air untuk *paving block* rata-rata maksimum 3% (tingkat mutu A), rata-rata maksimum 6% (tingkat mutu B), rata-rata maksimum 8% (tingkat mutu C), dan rata-rata maksimum 10% (tingkat mutu D). Dari data hasil pengukuran terhadap massa sampel kering dan massa sampel basah dapat diketahui hasil penyerapan air dengan menggunakan persamaan 2.2. maka diperoleh data seperti pada tabel 4.1. berikut:

Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran Daya Serap Air

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air rata-rata (%)	SNI 03-0691-1996 (%) Mutu D
0%	A ₁	7,54	8,08	Max 10
	A ₂	8,60		
	A ₃	8,10		
5%	B ₁	8,89	8,10	
	B ₂	7,31		
	B ₃	8,11		
10%	C ₁	7,94	8,63	
	C ₂	8,76		
	C ₃	9,19		
15%	D ₁	9,02	8,83	
	D ₂	8,01		
	D ₃	9,46		
20%	E ₁	9,64	9,10	
	E ₂	8,59		
	E ₃	9,09		

Dari tabel 4.1. di atas dapat dilihat bahwa nilai daya serap air pada variasi campuran serbuk cangkang telur 0%-20% masing-masing secara berturut yaitu 8,08, 8,10, 8,63, 8,83, dan 9,10%. Apabila dibandingkan hasil pengukuran daya serap air dengan standar SNI 03-0691-1996, maka semua variasi campuran serbuk cangkang telur sudah memenuhi standar SNI 03-0691-1996 dan masuk ke dalam mutu D yang menyatakan bahwa syarat maksimum daya serap air yaitu sebesar 10%. Berikut adalah grafik pengukuran daya serap air terhadap variasi campuran serbuk cangkang telur:



Gambar 4.1. Grafik Pengukuran Daya Serap Air Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur

Dari gambar 4.1. dapat dilihat bahwa nilai daya serap air terendah pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi campuran 5% (Sampel B) yaitu sebesar 8,10%, sedangkan nilai daya serap air tertinggi terdapat pada variasi campuran serbuk cangkang telur 20% (Sampel E) yaitu sebesar 9,10%. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa nilai daya serap air meningkat seiring bertambahnya komposisi serbuk cangkang telur yang digunakan. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena sifat penyerapan air yang dimiliki serbuk cangkang telur sangat tinggi. Menurut penelitian Gede dkk., (2019) penyerapan air yang meningkat disebabkan karena butiran serbuk cangkang telur ayam memiliki ukuran yang lebih besar daripada semen yaitu sekitar 75 mikron

sehingga menyebabkan adanya pori-pori kecil yang tidak terisi. Pori-pori yang tidak terisi tersebut akan menyebabkan penyerapan air yang lebih banyak.

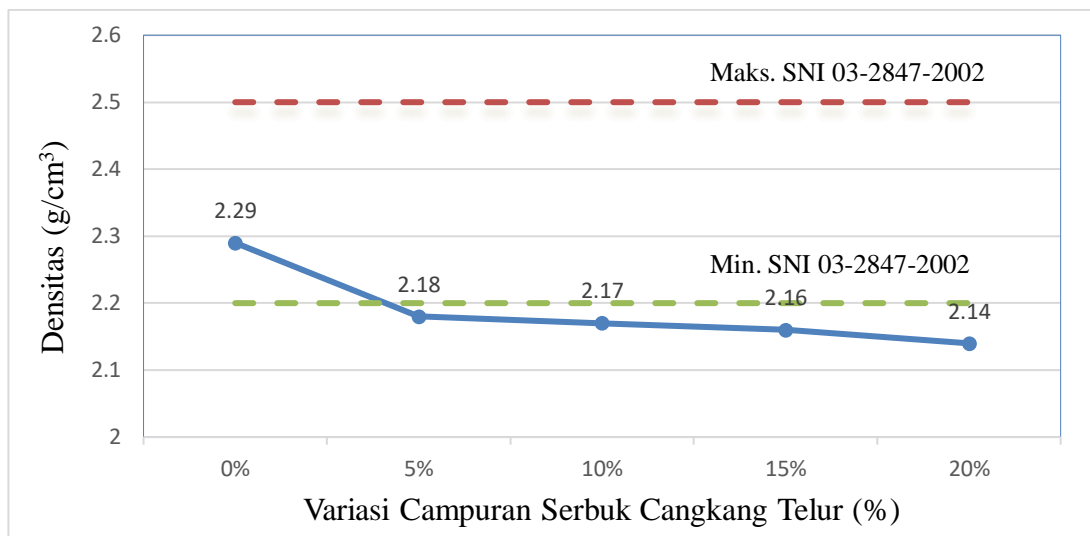
4.1.2. Densitas

Dari hasil penelitian *paving block* dengan campuran serbuk cangkang telur, maka diperoleh hasil pengukuran densitas *paving block* seperti pada tabel 4.2. berikut:

Tabel 4.2. Data Hasil Pengukuran Densitas

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Densitas (g/cm ³)	Densitas rata-rata (g/cm ³)	SNI 03-2847-2002 (g/cm ³)
0%	A ₁	2,27	2,29	2,2 – 2,5
	A ₂	2,30		
	A ₃	2,30		
5%	B ₁	2,12	2,18	
	B ₂	2,24		
	B ₃	2,20		
10%	C ₁	2,15	2,17	
	C ₂	2,19		
	C ₃	2,17		
15%	D ₁	2,15	2,16	
	D ₂	2,20		
	D ₃	2,13		
20%	E ₁	2,16	2,14	
	E ₂	2,14		
	E ₃	2,14		

Dari tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa nilai densitas *paving block* pada variasi campuran 0% (Sampel A) yaitu sebesar 2,29 g/cm³ memenuhi nilai standar yang ditetapkan SNI 03-2847-2002. Sedangkan, pada variasi campuran 5, 10, 15, dan 20% (Sampel B, C, D, dan E) dengan penambahan serbuk cangkang telur yaitu sebesar 2,18, 2,17, 2,16, dan 2,14 g/cm³ sudah mendekati nilai standar minimum yang ditetapkan SNI 03-2847-2002. Berikut adalah grafik pengukuran densitas terhadap variasi campuran serbuk cangkang telur:



Gambar 4.2. Grafik Pengukuran Densitas Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur

Dari Gambar 4.2. di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai densitas *paving block* pada variasi campuran 0-20%. Nilai densitas terbesar pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi campuran 5% (Sampel B) yaitu sebesar 2,18 g/cm³, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi campuran 20% (Sampel E) yaitu sebesar 2,14 g/cm³. Penurunan densitas ini disebabkan karena banyaknya variasi campuran serbuk cangkang telur, semakin banyak campuran serbuk cangkang telur menghasilkan nilai densitas yang kecil. Selain itu, massa jenis serbuk cangkang telur yang ringan menyebabkan *paving block* mengalami penurunan massa jenis pula. Jika dilihat secara keseluruhan, semua variasi pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur sudah mendekati standar minimum SNI 03-2847-2002.

Keterangan di atas sama halnya dengan penelitian Jesselin (2018), yaitu “Pembuatan Beton Modifikasi Dengan Polimer Dari Limbah Senyawa Lateks Karet Alam Dengan Pengisi Serbuk Cangkang Telur Ayam”, menghasilkan beton yang mengalami penurunan densitas seiring dengan penambahan persentase bahan substitusi (cangkang telur) variasi 0, 10, 20, dan 30% sebesar 2,34, 2,31, 2,22, dan 2,14 g/cm³.

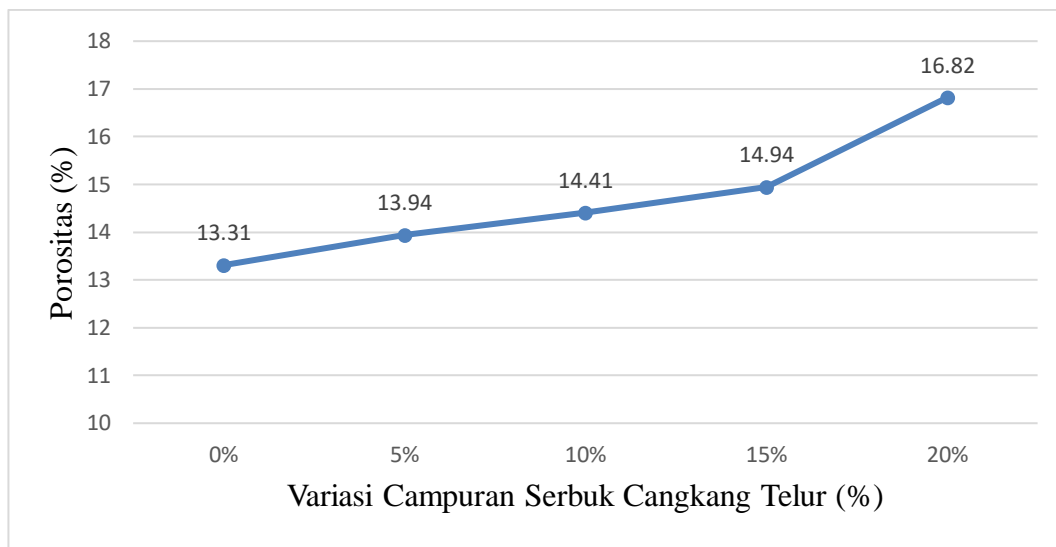
4.1.3. Porositas

Nilai porositas diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.4), maka diperoleh hasil pengukuran porositas *paving block* seperti pada tabel 4.3. berikut:

Tabel 4.3. Data Hasil Pengukuran Porositas

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Porositas (%)	Porositas rata-rata (%)	Referensi
0%	A ₁	14,01	13,31	(Yulin dan Lola (2013))
	A ₂	14,30		
	A ₃	11,62		
5%	B ₁	13,72	13,94	
	B ₂	12,13		
	B ₃	15,97		
10%	C ₁	15,36	14,41	
	C ₂	15,86		
	C ₃	12,01		
15%	D ₁	15,25	14,94	
	D ₂	18,40		
	D ₃	11,18		
20%	E ₁	16,90	16,82	
	E ₂	17,30		
	E ₃	16,26		

Dari tabel 4.3. di atas dapat dilihat bahwa nilai porositas pada variasi campuran 0-20% yaitu 13,31, 13,94, 14,41, 14,94, dan 16,82%. Nilai porositas *paving block* mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase campuran serbuk cangkang telur. Berikut adalah grafik pengukuran porositas terhadap variasi campuran serbuk cangkang telur:



Gambar 4.3. Grafik Pengukuran Porositas Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur

Gambar 4.3. menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai porositas dalam setiap penambahan serbuk cangkang telur dari 0-20%. Nilai porositas terendah pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi 5% (Sampel B) yaitu sebesar 13,31%. Sedangkan nilai porositas terbesar terdapat pada variasi 20% (Sampel E) yaitu sebesar 16,82%. Peningkatan nilai porositas ini disebabkan karena semakin banyak persentase campuran serbuk cangkang telur menyebabkan kerapatan semakin menurun sehingga pori yang ada pada sampel *paving block* cukup banyak dan menghasilkan nilai porositas yang tinggi.

Keterangan di atas sama halnya dengan penelitian Yulin dan Lola (2013), yaitu “Pemanfaatan Serbuk Kayu Benuas Sisa Industri Penggergajian Sebagai Bahan Pembuatan *Paving Block*”, menghasilkan *paving block* yang mengalami peningkatan nilai porositas seiring dengan penambahan serbuk kayu variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% sebesar 3,22%, 3,89%, 4,13%, dan 4,71%.

4.2. Karakterisasi Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis dilakukan untuk beberapa komposisi variasi campuran melalui uji kuat tekan dan uji kuat lentur.

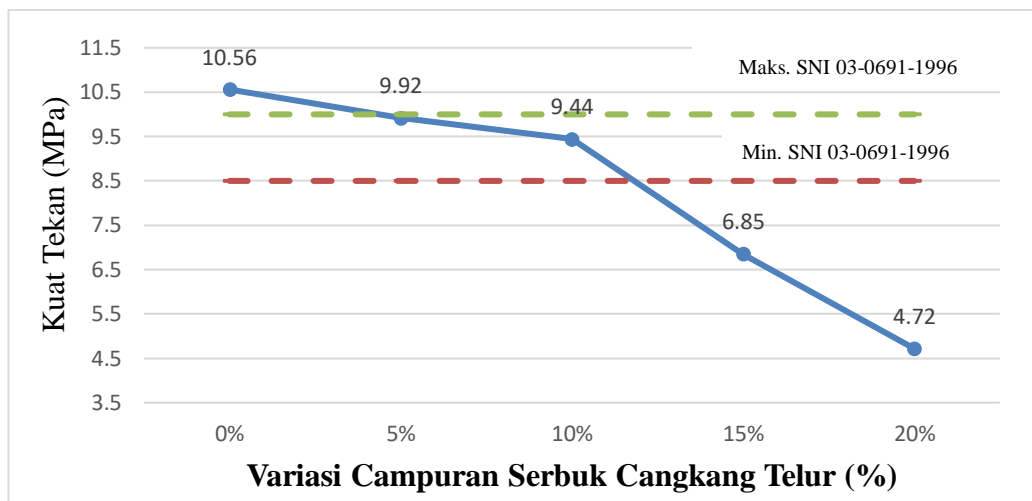
4.2.1. Kuat Tekan

Dari pengujian yang telah dilakukan, maka besarnya kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.4. berikut:

Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)	SNI 03-0691-1996 (MPa) Mutu D
0%	A ₁	9,55	10,56	Min 8,5
	A ₂	11,70		
	A ₃	10,44		
5%	B ₁	7,93	9,92	
	B ₂	10,18		
	B ₃	11,66		
10%	C ₁	5,59	9,44	
	C ₂	7,52		
	C ₃	15,21		
15%	D ₁	7,63	6,85	
	D ₂	8,17		
	D ₃	4,76		
20%	E ₁	4,76	4,72	
	E ₂	3,34		
	E ₃	6,06		

Dari tabel 4.4. di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada variasi campuran 0-20% yaitu 10,56, 9,92, 9,44, 6,85, dan 4,72 MPa. Pada variasi campuran 0, 5, dan 10% (Sampel A, B, dan C) *paving block* sudah memenuhi standar SNI 03-0691-1996 dan termasuk ke dalam mutu D. Sedangkan, untuk variasi campuran 15 dan 20% (Sampel D dan E) nilai kuat tekan yang didapat sebesar 6,85, dan 4,72 MPa belum memenuhi standar kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996. Secara keseluruhan nilai kuat tekan *paving block* mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase campuran serbuk cangkang telur. Berikut adalah grafik pengujian kuat tekan terhadap serbuk cangkang telur:



Gambar 4.4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Terhadap Komposisi Serbuk Cangkang Telur

Pada grafik 4.4. di atas dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kuat tekan *paving block* mengalami penurunan seiring bertambahnya serbuk cangkang telur. Menurut Deni (2020) campuran bahan tambah yang bereaksi sebagai pengganti semen sebagian, kandungan kalsium pada serbuk cangkang telur melebihi dari yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kuat tekan yang optimum. Sehingga, pada saat terjadi reaksi kimia antara kandungan semen dan air, terjadi kejenuhan yang disebabkan terlalu banyaknya takaran kalsium yang ditambahkan. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan yang cukup jauh dari nilai kuat tekan dengan variasi lainnya.

Kuat tekan *paving block* tertinggi pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi 5% (Sampel B) dengan nilai kuat tekan sebesar 9,92 MPa dan nilai terendah terdapat pada variasi campuran serbuk cangkang telur 20% (Sampel E) dengan nilai kuat tekan sebesar 4,72 MPa. Jika mengacu pada SNI 03-0691-1996, maka sampel B dan C termasuk ke dalam jenis mutu D yang dapat diaplikasikan untuk taman kota dan penggunaan lainnya.

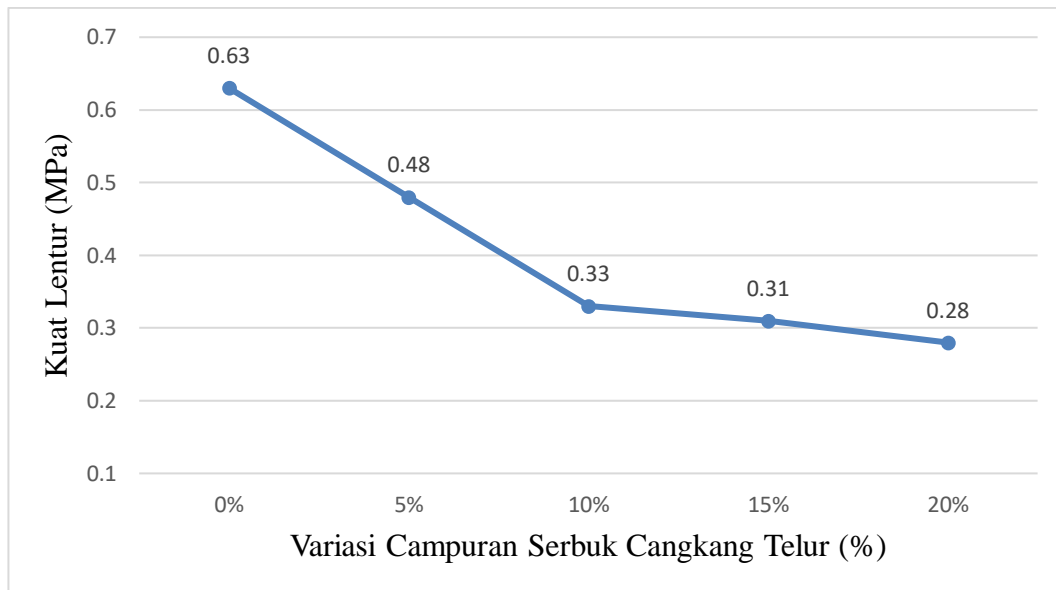
4.2.2. Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan untuk mengetahui ketahanan *paving block* terhadap pembebanan titik lentur dan untuk mengetahui elastisitas suatu bahan. Dari pengujian yang telah dilakukan, maka besarnya kuat lentur dapat dilihat pada tabel 4.5. berikut:

Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Kuat Lentur

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)	Referensi
0%	A ₁	0,50	0,63	2,25-1,05 MPa (Penelitian Fetra dkk., (2020))
	A ₂	0,77		
	A ₃	0,62		
5%	B ₁	0,59	0,48	
	B ₂	0,44		
	B ₃	0,42		
10%	C ₁	0,37	0,33	
	C ₂	0,35		
	C ₃	0,29		
15%	D ₁	0,29	0,31	
	D ₂	0,33		
	D ₃	0,32		
20%	E ₁	0,30	0,28	
	E ₂	0,27		
	E ₃	0,27		

Dari tabel 4.5 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur pada variasi campuran 0-20% yaitu 0,63, 0,48, 0,33, 0,31, dan 0,28 MPa. Berikut adalah grafik pengujian kuat lentur terhadap variasi campuran serbuk cangkang telur:



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kuat Lentur Terhadap Serbuk Cangkang Telur

Dari grafik 4.5. di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur *paving block* tertinggi pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi 5% (Sampel B) yaitu sebesar 0,48 MPa, sedangkan nilai kuat lentur terendah terdapat pada variasi campuran serbuk cangkang telur 20% (Sampel E) yaitu sebesar 0,28 MPa. Secara keseluruhan kuat lentur *paving block* mengalami penurunan seiring bertambahnya serbuk cangkang telur. Selain itu, penurunan nilai kuat lentur disebabkan karena pencampuran dan pemadatan yang kurang baik pada saat pencetakan sampel *paving block* yang dilakukan secara manual. Menurut Elisabeth (2020) hasil pengujian kuat lentur yang memiliki nilai minimum dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti takaran air yang dipakai terlalu banyak dalam campuran beton, gradasi campuran agregat, dan sifat pada bahan-bahan penyusun *paving block*.

Berdasarkan penelitian Fetra dkk., (2020) analisis mekanis beton busa dengan kombinasi serat sabut kelapa sebagai bahan tambahan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur. Dari hasil penelitian ini, diperoleh nilai kuat lentur di setiap variasi terjadi penurunan dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% sebesar 2,25 MPa, 1,5 MPa, 1,5 MPa, dan 1,05 MPa. Hal ini sejalan dengan penelitian yang penulis telah lakukan. Semakin berkurang jumlah bahan substitusi (serbuk

cangkang telur), maka akan semakin mempengaruhi nilai kuat lentur beton yaitu beton menjadi lebih bersifat getas.

4.3. Pembahasan Penelitian

Dari hasil penelitian pembuatan *paving block* dengan penambahan serbuk cangkang telur ayam menghasilkan:

Serbuk cangkang telur dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block*. Hal tersebut dapat dibuktikan dari keseluruhan nilai daya serap air dan sebagian nilai kuat tekan yang sudah memenuhi syarat mutu D pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996. Syarat maksimum pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996 untuk nilai daya serap air yaitu sebesar 10%. Sedangkan, syarat minimum pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996 untuk nilai kuat tekan yaitu sebesar 8,5 MPa.

Karakterisasi *paving block* yang dihasilkan pada pengujian daya serap air dan kuat tekan pada sampel A yaitu 8,08% dan 10,56 MPa, sampel B yaitu 8,10% dan 9,92 MPa, sampel C yaitu 8,63% dan 9,44 MPa, sampel D yaitu 8,83% dan 6,85 MPa, dan sampel E yaitu 9,10% dan 4,72 MPa. Sampel yang sudah memenuhi syarat mutu D pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996 adalah sampel A, B, dan C. Nilai daya serap air tertinggi pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi campuran 20% (sampel E) yaitu sebesar 9,10%. Sedangkan, nilai kuat tekan tertinggi pada sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur terdapat pada variasi campuran 5% (sampel B) yaitu sebesar 9,92 MPa.

Berdasarkan sampel uji yang mengandung serbuk cangkang telur, *paving block* yang sudah memenuhi syarat mutu D yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996 yaitu sampel B dan C. Komposisi pencampuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir pada sampel B memberikan karakteristik yang paling optimum karena memiliki daya serap air terendah dan memiliki nilai kuat tekan yang tertinggi.

Terjadi peningkatan nilai daya serap air pada *paving block* seiring dengan penambahan serbuk cangkang telur. Nilai pengukuran daya serap air pada *paving*

block yaitu 8,08% s.d. 9,10% dan sudah memenuhi standar SNI 03-0691-1996 dan masuk ke dalam mutu D yang menyatakan bahwa syarat maksimum daya serap air yaitu sebesar 10%.

Terjadi penurunan nilai densitas pada *paving block* seiring dengan penambahan serbuk cangkang telur. Nilai pengukuran densitas pada *paving block* yaitu 2,14 g/cm³ s.d. 2,29 g/cm³ dan sudah mendekati nilai standar minimum yang ditetapkan SNI 03-2847-2002. Hal ini disebabkan karena campuran serbuk cangkang telur memiliki nilai densitas yang kecil.

Terjadi peningkatan nilai porositas pada *paving block* seiring dengan penambahan serbuk cangkang telur. Nilai pengukuran porositas pada *paving block* yaitu 13,31% s.d. 16,82%. Hal ini disebabkan karena besarnya jumlah penambahan serbuk cangkang telur dan juga kurangnya pemadatan pada saat proses pencetakan sampel *paving block* sehingga menimbulkan pori pada *paving block*.

Terjadi penurunan nilai kuat tekan pada *paving block* seiring dengan penambahan serbuk cangkang telur. Nilai pengujian kuat tekan pada *paving block* yaitu 4,72 MPa s.d. 10,56 MPa. Pada sampel A, B, dan C *paving block* sudah memenuhi standar SNI 03-0691-1996 dan masuk ke dalam mutu D. Sedangkan, pada sampel D dan E belum memenuhi standar SNI 03-0691-1996 yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan campuran serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen melebihi dari yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kuat yang optimum.

Terjadi penurunan nilai kuat lentur pada *paving block* seiring dengan penambahan serbuk cangkang telur. Nilai pengujian kuat lentur pada *paving block* yaitu 0,28 MPa s.d. 0,63 MPa. Hal ini disebabkan karena pencampuran dan pemadatan yang kurang baik pada saat pencetakan sampel *paving block* yang dilakukan secara manual.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Serbuk cangkang telur dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block*. Hal tersebut dapat dibuktikan dari keseluruhan nilai daya serap air dan sebagian nilai kuat tekan yang sudah memenuhi syarat mutu D pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996.
2. Karakterisasi *paving block* yang dihasilkan pada nilai daya serap air dan kuat tekan pada sampel A yaitu 8,08% dan 10,56 MPa, sampel B yaitu 8,10% dan 9,92 MPa, sampel C yaitu 8,63% dan 9,44 MPa, sampel D yaitu 8,83% dan 6,85 MPa dan sampel E yaitu 9,10% dan 4,72 MPa. Sampel yang sudah memenuhi syarat mutu D pada *paving block* yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0691-1996 adalah sampel A, B, dan C.
3. Komposisi pencampuran serbuk cangkang telur, semen, dan pasir pada sampel B memberikan karakteristik yang paling optimum karena memiliki daya serap air terendah dan memiliki nilai kuat tekan yang tertinggi.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis, maka disarankan:

1. Kepada peneliti selanjutnya sebaiknya pada saat proses pencetakan *paving block* dipress menggunakan alat *hot press* agar *paving block* yang dihasilkan lebih padat dan meminimalkan pori sehingga nilai densitas meningkat dan tentunya nilai kuat tekan juga akan semakin meningkat.
2. Kepada peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian kembali dengan variasi komposisi dengan jenis limbah yang berbeda dengan komposisi campuran yang bervariasi, karena memanfaatkan limbah sebagai alternatif cara untuk mengurangi limbah cangkang telur dan meningkat mutu *paving block*.

3. Kepada peneliti selanjutnya disarankan agar berhati-hati dalam proses pencetakan sehingga sampel yang dihasilkan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dani, Aslam. 2019. *Pembuatan Karakterisasi Paving Block Berdaya Serap Air Tinggi dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Kulit Kopi dan Batu Apung dengan Resin Polyurethane*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Fitriadi. 2017. *Optimasi Pembuatan Pakan Ternak dari Limbah Cangkang Telur untuk Peningkatan Produktivitas Pelaku UMKM Peternak Ayam Potong*. Jurnal Optimalisasi. 3 (4): 8-16.
- Hidayati, Ratna. 2016. *Peningkatan Kuat Tekan Paving Block menggunakan Campuran Tanah dan Semen dengan Alat Pemadat Modifikasi*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ikhwan, Muhammad., Satriawan, Melwita, Elda. 2017. *Pengaruh Penambahan Aditif Kalsium Klorida ($CaCl_2$) Dari Limbah Kulit Telur Terhadap Reaksi Pengerasan Semen*. Jurnal Teknik Kimia. 23 (1): 48-56.
- Larasati, Diah. 2016. *Uji Kuat Tekan Paving Block Menggunakan Campuran Tanah dan Kapur dengan Alat Pemadat Modifikasi*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Lubis, Deni Sapriandi. 2020. *Analisis Modulus Elastisitas Kombinasi Serat Kelapa Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Busa*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Maulia, Iqbal., Ismeddiyanto, Suryanita, Reni. 2019. *Sifat Mekanik Paving block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavemen)*. Jurnal Teknik. 13 (1): 9-16.

- Mustaqim, Mukhlis Iwan., Marliansyah, Juli., Rahmi, Alfi. 2016. *Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block*. Jurnal Teknik Sipil UPP. 3 (1): 1-9.
- Patrisia, Yulin dan Cassiophea, Lola. 2013. *Pemanfaatan Serbuk Kayu Benuas Sisa Industri Penggergajian Sebagai Bahan Pembuatan Paving Block*. Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan BALANGA. 1 (2): 50-61.
- Praktikto, Ginanjar A. 2019. *Pemanfaatan Limbah Genteng Beton Pada Paving Block*. Jurnal Teknik Sipil. 1 (1): 36-45.
- Rahmadina dan Efrida Pima Sari Tambunan. 2017. *Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur, Kulit Bawang Dan Daun Kering Melalui Proses Sains Dan Teknologi Sebagai Alat Alternative Penghasil Produk Yang Ramah Lingkungan*. Klorofil. 1 (1): 48-55.
- Riza, Fetra Vennya., Lubis, Deni Sapriandi., Manurung, Fira Vidia Br. 2020. *Analisis Mekanis Beton Busa Dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa Serta Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur*. Jurnal Teknik Sipil. 2 (1): 53-67
- Rizky, Khoirur. 2018. *Pemanfaatan Limbah Ban Bekas Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Pada Pembuatan Paving Block Berdasarkan Sni 03-0691-1996*. Skripsi. Universitas Negeri Jakarta.
- Rohman, Arief Khabibur. 2016. *Analisa Uji Kuat Tekan Paving Block dengan Memanfaatkan Tailing Sebagai Pengganti Sebagian Semen*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Rosadi, Imron dan Galih Damar Pandulu. 2017. *Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir Lumajang dengan Pasir Garuk terhadap Nilai Kuat Tekan Paving Block di Probolinggo*. Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia. 1 (2): 1-10.
- Sasmita, Gede Alim Jaya., Fernando, Mishiela Ratnasari., Sugiharto, Handoko. 2019. *Pengaruh Substitusi Parsial Semen Dengan Cangkang Telur Ayam dan Fly Ash Pada Karakteristik Mortar Beton*. Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil. 8 (1): 79-86.

- Satya Adi Purnama dan Tri Sudibyo. 2018. *Pengaruh Limbah Keramik dan Abu Terbang terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Bata Beton*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. 3 (3): 167-175.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*.
- Syaifuddin. 2018. *Pembuatan dan Pengujian Kuat Tekan Batako dengan Penambahan Limbah Tulang Ikan*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Tambunan, Elisabeth. 2020. *Analisis Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Paving Block Dari Campuran Limbah Cangkang Telur*. Skripsi. Universitas Pelita Bangsa.
- Warsy, Sitti Chadijah, dan Waode Rustiah. 2016. *Optimalisasi Kalsium Karbonat Dari Cangkang Telur Untuk Produksi Pasta Komposit*. Al-Kimia. 4 (2): 185-196.
- Wibowo, Wahyu. 2018. *Pengaruh Butiran Keramik Sebagai Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan dan Harga Produksi Paving Block (The Effects of Ceramic Granules As Substitution of Cement to Compressive Strength and Production Cost Of Paving Block)*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.
- Wiguna, Rifan. 2017. *Studi Pengaruh Waktu Pemeraman dan Kuat Tekan Paving Block dengan Bahan Dasar Tanah Lempung Lunak, Semen dan Kapur Menggunakan Alat Penetrasi Modifikasi*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Wijaya, Jesselin. 2018. *Pembuatan Beton Modifikasi Dengan Polimer Dari Limbah Senyawa Lateks Karet Alam Dengan Pengisi Serbuk Cangkang Telur Ayam*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Winanda, Fitra Ary. 2018. *Pengaruh Penambahan Pecahan Cangkang Siput sebagai Pengganti Agregat Terhadap Kuat Tekan Paving Block*. Skripsi. Universitas Medan Area. Medan.
- Yahya, Ahmad Nur Ilham. 2018. *Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori terhadap Karakteristik Paving Block*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.

LAMPIRAN 1
GAMBAR ALAT-ALAT PERCOBAAN

1. Lesung



2. Ayakan 100 mesh



3. Jangka Sorong



4. Mistar/Pengaris



5. Wadah perendaman



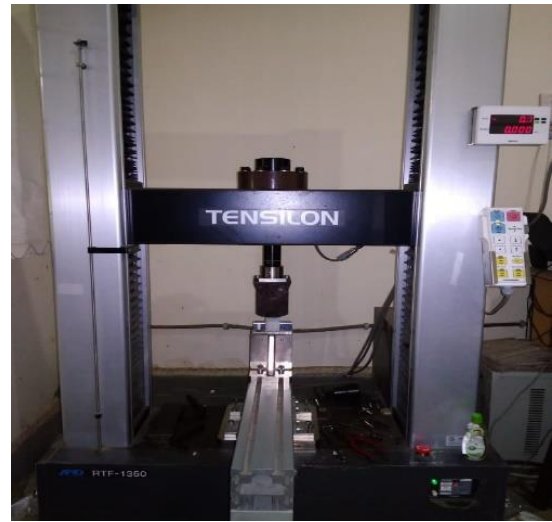
6. Sendok semen



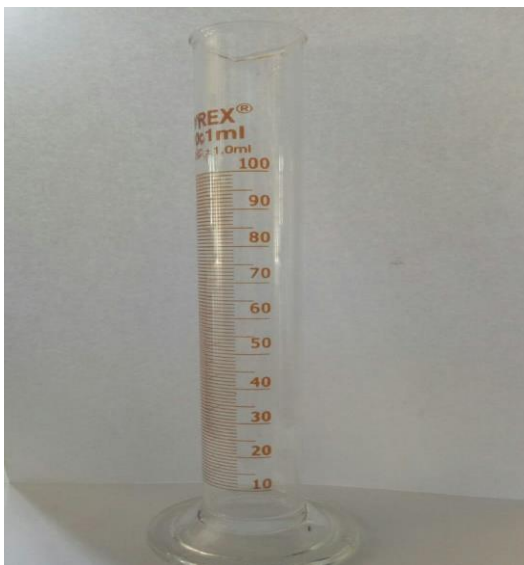
7. Neraca Digital



8. UTM (Universal Testing Machine)

9. Cetakan ukuran 3x3x3 cm³10. Cetakan ukuran 10x3x3 cm³

11. Gelas Ukur (100ml)



12. Alat Press Manual

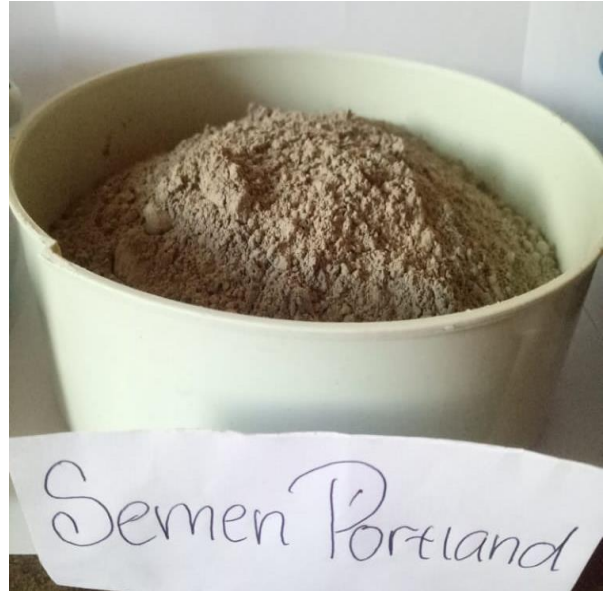


LAMPIRAN 2
GAMBAR BAHAN PERCOBAAN

1. Serbuk Cangkang Telur



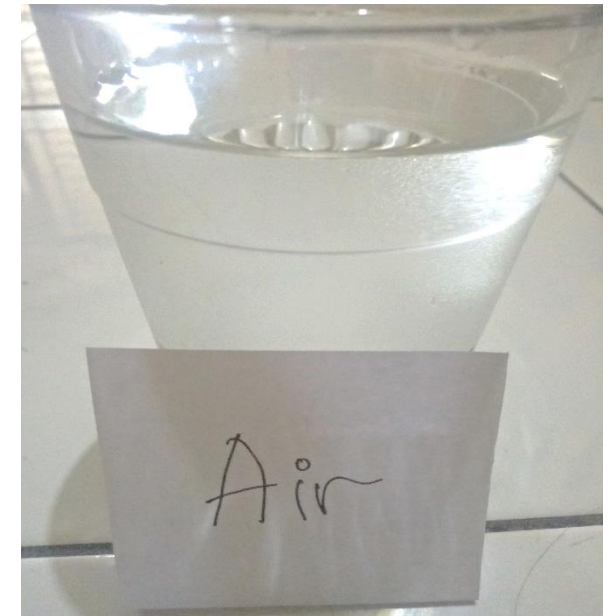
2. Semen Portland



3. Agregat Halus (Pasir)



4. Air



LAMPIRAN 3
GAMBAR SAMPEL *PAVING BLOCK*

1. Untuk pengujian daya serap air dan porositas



2. Untuk pengujian densitas dan kuat tekan



3. Untuk pengujian kuat lentur



LAMPIRAN 4
DATA PENGUKURAN DAYA SERAP AIR

Nilai daya serap air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

Dengan:

M_b = Massa basah sampel setelah direndam (g)

M_k = Massa kering sampel setelah direndam (g)

Tabel 4.6. Data Hasil Pengukuran Daya Serap Air

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
(0%)	$M_b = 64,76 \text{ g}$ $M_k = 59,53 \text{ g}$ $\%DS = 8,78\%$	$M_b = 66,07 \text{ g}$ $M_k = 60,59 \text{ g}$ $\%DS = 9,04\%$	$M_b = 66,49 \text{ g}$ $M_k = 60,71 \text{ g}$ $\%DS = 9,52\%$
(5%)	$M_b = 64,42 \text{ g}$ $M_k = 60,22 \text{ g}$ $\%DS = 6,97\%$	$M_b = 63,32 \text{ g}$ $M_k = 58,03 \text{ g}$ $\%DS = 9,11\%$	$M_b = 66,45 \text{ g}$ $M_k = 61,32 \text{ g}$ $\%DS = 8,36\%$
(10%)	$M_b = 69,58 \text{ g}$ $M_k = 63,53 \text{ g}$ $\%DS = 9,52\%$	$M_b = 69,43 \text{ g}$ $M_k = 63,54 \text{ g}$ $\%DS = 9,26\%$	$M_b = 67,47 \text{ g}$ $M_k = 63,16 \text{ g}$ $\%DS = 6,82\%$
(15%)	$M_b = 65,32 \text{ g}$ $M_k = 59,87 \text{ g}$ $\%DS = 9,10\%$	$M_b = 66,39 \text{ g}$ $M_k = 60,16 \text{ g}$ $\%DS = 10,35\%$	$M_b = 62,90 \text{ g}$ $M_k = 58,75 \text{ g}$ $\%DS = 7,06\%$
(20%)	$M_b = 68,91 \text{ g}$ $M_k = 62,80 \text{ g}$ $\%DS = 9,72\%$	$M_b = 70,04 \text{ g}$ $M_k = 64,25 \text{ g}$ $\%DS = 9,01\%$	$M_b = 69,40 \text{ g}$ $M_k = 64,05 \text{ g}$ $\%DS = 8,35\%$

LAMPIRAN 5
DATA PENGUKURAN DENSITAS

Nilai densitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana:

P = Massa jenis (g/cm^3)

m = Massa (g)

V = Volume (cm^3)

Tabel 4.7. Data Hasil Pengukuran Densitas

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
(0%)	m = 62,17 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,27 \text{ g/cm}^3$	m = 63,52 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,30 \text{ g/cm}^3$	m = 63,61 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,30 \text{ g/cm}^3$
(5%)	m = 57,90 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,12 \text{ g/cm}^3$	m = 61,71 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,24 \text{ g/cm}^3$	m = 60,14 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,20 \text{ g/cm}^3$
(10%)	m = 59,31 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,15 \text{ g/cm}^3$	m = 60,54 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,19 \text{ g/cm}^3$	m = 59,23 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,17 \text{ g/cm}^3$
(15%)	m = 58,66 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,15 \text{ g/cm}^3$	m = 60,15 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,20 \text{ g/cm}^3$	m = 58,90 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,13 \text{ g/cm}^3$
(20%)	m = 59,56 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,16 \text{ g/cm}^3$	m = 58,40 g v = 27,27 cm^3 $\rho = 2,14 \text{ g/cm}^3$	m = 58,97 g v = 27,54 cm^3 $\rho = 2,14 \text{ g/cm}^3$

LAMPIRAN 6
DATA PENGUKURAN POROSITAS

Nilai porositas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%P = \frac{M_b - M_k}{\rho_{air} \times V_t} \times 100\%$$

Dengan:

- P = Porositas (%)
M_b = Massa basah sampel setelah direndam (g)
M_k = Massa kering sampel setelah direndam (g)
V_t = Volume total sampel (cm³)
ρ_{air} = Massa jenis air (1000 kg/m³ = 1 g/cm³)

Tabel 4.8. Data Hasil Pengukuran Porositas

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
(0%)	M _b = 55,31 g M _k = 51,45 g v = 27,54 cm ³ %P = 14,01%	M _b = 57,18 g M _k = 53,24 g v = 27,54 cm ³ %P = 14,30%	M _b = 56,80 g M _k = 53,63 g v = 27,27 cm ³ %P = 11,62%
(5%)	M _b = 49,05 g M _k = 45,27 g v = 27,54 cm ³ %P = 13,72%	M _b = 50,47 g M _k = 47,16 g v = 27,27 cm ³ %P = 12,13%	M _b = 54,13 g M _k = 49,73 g v = 27,54 cm ³ %P = 15,97%
(10%)	M _b = 54,57 g M _k = 50,38 g v = 27,27 cm ³ %P = 15,36%	M _b = 52,65 g M _k = 48,28 g v = 27,54 cm ³ %P = 15,86 %	M _b = 54,86 g M _k = 51,55 g v = 27,54 cm ³ %P = 12,01%
(15%)	M _b = 58,42 g M _k = 54,26 g v = 27,27 cm ³ %P = 15,25%	M _b = 56,32 g M _k = 51,25 g v = 27,54 cm ³ %P = 18,40%	M _b = 55,72 g M _k = 52,67 g v = 27,27 cm ³ %P = 11,18%
(20%)	M _b = 52,36 g M _k = 47,75 g v = 27,27 cm ³ %P = 16,90%	M _b = 52,60 g M _k = 47,88 g v = 27,27 cm ³ %P = 17,30%	M _b = 52,84 g M _k = 48,36 g v = 27,27 cm ³ %P = 16,26%

LAMPIRAN 7
DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN

Tabel 4.9. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
(0%)	A ₁	9,55	10,56
	A ₂	11,70	
	A ₃	10,44	
(5%)	B ₁	7,93	9,92
	B ₂	10,18	
	B ₃	11,66	
(10%)	C ₁	5,59	9,44
	C ₂	7,52	
	C ₃	15,21	
(15%)	D ₁	7,63	6,85
	D ₂	8,17	
	D ₃	4,76	
(20%)	E ₁	4,76	4,72
	E ₂	3,34	
	E ₃	6,06	

LAMPIRAN 8
DATA PENGUJIAN KUAT LENTUR

Tabel 4.10. Data Hasil Pengujian Kuat Lentur

Variasi Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode Sampel	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
(0%)	A ₁	0,66	0,63
	A ₂	0,80	
	A ₃	0,44	
(5%)	B ₁	0,71	0,53
	B ₂	0,59	
	B ₃	0,29	
(10%)	C ₁	0,35	0,38
	C ₂	0,29	
	C ₃	0,52	
(15%)	D ₁	0,37	0,35
	D ₂	0,37	
	D ₃	0,32	
(20%)	E ₁	0,34	0,32
	E ₂	0,32	
	E ₃	0,32	

LAMPIRAN 9



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS KEHUTANAN
LABORATORIUM TEKNOLOGI HASIL HUTAN
Jalan Tri Darma Ujung No. 1 Kampus USU Medan – 20155
Telepon. 061-8220605 Fax. 061-8201920

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
Di Tempat

Dengan hormat,

Menindaklanjuti surat Bapak/Ibu dengan pengantar surat Izin Pengujian dan Pengambilan data bagi mahasiswa Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, maka dengan ini kami sampaikan bahwa mahasiswa yang namanya tercantum dibawah ini:

Nama : Purnama Indah Lase
NIM : 0705162007

Telah menyelesaikan Pengujian dan Pengambilan Data skripsi dengan penggunaan alat Universal Testing Machine (Tensile Machine) di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan dengan judul skripsi “Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam Sebagai Bahan Tambahan Pada Pembuatan *Paving Block*”.

Demikian surat keterangan ini dibuat, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Medan, 24 Maret 2021
Ketua Laboratorium THH

Ridwanti Batubara, S.Hut, MP
NIP 197602152001122001

LAMPIRAN 10

SNI
Standar Nasional Indonesia

SNI 03-0691-1996



"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penyanggahan di web site dan tidak untuk di komersialkan"

Daftar Isi

Daftar Isi.....	1
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan	1
3 Definisi.....	1
4 Klasifikasi	1
5 Syarat mutu	1
6 Cara pengambilan contoh	2
7 Cara uji	2
8 Syarat lulus uji.....	4
9 Syarat penandaan	4



Bata beton (*Paving block*)

1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi acuan, definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat lulus uji dan syarat penandaan bata beton.

2 Acuan

SNI 03 - 0691 - 1989, Bata beton untuk lantai.

3 Definisi

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

4 Klasifikasi

Bata beton mutu A digunakan untuk jalan
 Bata beton mutu B digunakan untuk peralatan parkir
 Bata beton mutu C digunakan untuk pejalan kaki
 Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

5 Syarat mutu

5.1 Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpinkan dengan kekuatan jari tangan.

5.2 Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.

5.3 Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel 1.

Tabel 1
Sifat-sifat fisika

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/merit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata-rata	Min.	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

SNI 03-0891-1998

5.4 Ketahanan terhadap natrium sulfat

Bata beton apabila diuji dengan cara seperti pada butir

6.6 tidak boleh carat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.

6 Cara pengambilan contoh

6.1 Pengambilan contoh

Contoh harus terdiri dari satuan yang utuh. Pengambilan harus dilakukan oleh pembeli atau badan yang diberi kuasa olehnya.

Contoh harus mencerminkan jumlah seluruh satuan dari kelompok dan diambil secara acak.

Contoh diambil dari beberapa tempat di dalam kelompoknya dan di dalam semua keadaan.

6.2 Jumlah contoh

Untuk partai sampai dengan 500.000 buah bata beton, dari setiap kelompok 50.000 buah diambil contoh rata-rata sebanyak 20 buah. Untuk partai lebih dari 500.000 buah, dari setiap kelompok 100.000 buah diambil contoh sebanyak 5 buah.

7 Cara uji

7.1 Sifat tampak

Semua hal tersebut pada butir 4.1 diperiksa dengan pengamatan yang teliti. Bata disusun di atas permukaan yang rata sebagaimana pada pemasangan yang sebenarnya.

7.2 Ukuran

Digunakan peralatan kaliper atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm. Pengukuran tebal dilakukan terhadap tiga tempat yang berbeda dan diambil nilai rata-rata.

Pengujian dilakukan terhadap 10 buah contoh uji.

7.3 Kuat tekan

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

7.3.2 Contoh uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakalannya.

7.3.3 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 contoh bata beton dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji.

7.4 Ketahanan aus

7.4.1 Ambil lima buah contoh uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x

50 mm dan tebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus).

7.4.2 Sisa dari pemotongan dibuat benda uji persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm (untuk penentuan berat jenis).

7.4.3 Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03 - 0028 - 1987, Cara uji ubin semen.

7.5 Penyerapan air

7.5.1 Lima buah benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), ditimbang beratnya dalam keadaan basah.

7.5.2 Kemudian dikeringkan dalam dapur pengering selama kurang lebih 24 jam, pada suhu kurang lebih 105°C sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselesih tidak lebih dari 0,2% penimbangan yang terdahulu.

7.5.3 Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

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

Ketengan :

A = berat bata beton basah

B = berat bata beton kering

7.6 Ketahanan terhadap natrium sulfat

7.6.1 Peralatan

- Larutan jenuh garam natrium sulfat yang jenuh dengan berat jenis antara 1,151 - 1,174.
- Bejana tempat merendam contoh dalam larutan natrium sulfat

7.6.2 Prosedur

- Dua buah benda uji utuh (bekas pengujian ukuran) dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat, kemudian dikeringkan dalam dapur pengering pada suhu (105 ± 2)°C hingga berat tetap, lalu didinginkan dalam eksikator.
- Setelah dingin ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram, kemudian direndam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 sampai dengan 18 jam, setelah itu diangkat dan didiamkan dulu agar cairan yang berlebihan meniris.
- Selanjutnya masukkan benda uji ke dalam dapur pengering pada suhu 105 ± 2°C selama kurang lebih 2 jam, kemudian dinginkan sampai suhu kamar.
- Ulangi perendaman dan pengeringan ini sampai 5 kali berturut-turut.
- Pada pengeringan yang terakhir, benda uji dicuci sampai tidak ada lagi sisa-sisa garam sulfat yang tertinggal.
- Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi garam sulfat yang tertinggal, larutan pencucinya dapat diuji dengan larutan BaCl₂.
- Untuk mempercepat pencucian dapat dilakukan pencucian dengan air panas bersuhu kurang lebih 40 - 50°C.
- Setelah pencucian sampai bersih, benda uji dikeringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap (± 2-4 jam), didinginkan dalam eksikator, kemudian ditimbang lagi sampai ketelitian 0,1 gram.
- Di samping itu diamati keadaan benda uji apakah setelah perendaman dalam larutan garam sulfat terjadi/nampak adanya retakan, gugusan atau cacat-cacat lainnya.

SNI 03-0881-1998

- j) Laporkan keadaan setelah perendaman itu dengan kata-kata :
- baik/tidak cacat, bila tidak nampak adanya retak-retak atau perubahan lainnya
 - cacat/retak-retak, bila nampak adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, dan gugus dan lain-lain
- k) Apabila selisih penimbangan sebelum perendaman dan setelah perendaman tidak lebih besar dari 1% dan benda uji tidak cacat nyatakan benda-benda uji tadi baik. Bila selisih penimbangan dari 2 di antara 3 benda uji tadi lebih besar dari 1%, sedang benda uji nya baik (tidak cacat) nyatakan bahwa benda uji secara keseluruhan menjadi cacat.

8 Syarat lulus uji

8.1 Kelompok dinyatakan lulus uji, apabila contoh yang diambil dari kelompok tersebut memenuhi ketentuan butir 4.

8.2 Apabila sebagian syarat tidak dipenuhi, dapat dilakukan uji ulang dengan contoh uji sebanyak dua kali jumlah contoh semula dan diambil dari kelompok yang sama.

8.3 Apabila pada hasil uji ulang semua syarat dipenuhi kelompok dinyatakan lulus uji. Kelompok dinyatakan tidak lulus uji kalau salah satu syarat mutu tidak dipenuhi pada uji ulang.

9 Syarat penandaan

Klasifikasi dan kode pabrik harus tertera pada setiap bata beton.

LAMPIRAN 11

SNI 03 - 2847 - 2002

SNI STANDAR NASIONAL INDONESIA

**Tata Cara Perhitungan Struktur Beton
Untuk Bangunan Gedung
(Beta Version)**

Bandung, Desember 2002

3.12**beton**

campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat

3.13**beton bertulang**

beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja

3.14**beton-normal**

beton yang mempunyai berat satuan 2 200 kg/m³ sampai 2 500 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah

3.15**beton polos**

beton tanpa tulangan atau mempunyai tulangan tetapi kurang dari ketentuan minimum

3.16**beton pracetak**

elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan

3.17**beton prategang**

beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja