

TPTUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT
KELAPA TERHADAP KUAT LENTUR DAN
PERMEABILITAS GENTENG BETON BERBAHAN
LIMBAH *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN SEMEN
*(THE EFFECT OF ADDING COCONUT FIBERS ON
THE BENDING STRENGTH AND PERMEABILITY OF
CONCRETE TILES MADE FROM BOTTOM ASH
WASTE AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR CEMENT)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Zierly Mauliya As-Shofa
20511394**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT
KELAPA TERHADAP KUAT LENTUR DAN
PERMEABILITAS GENTENG BETON BERBAHAN
LIMBAH *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGANTI
SEBAGIAN SEMEN
(*THE EFFECT OF ADDING COCONUT FIBERS ON
THE BENDING STRENGTH AND PERMEABILITY OF
CONCRETE TILES MADE FROM BOTTOM ASH
WASTE AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR CEMENT*)**

Disusun Oleh

Zierly Mauliya As-Shofa
20511394

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

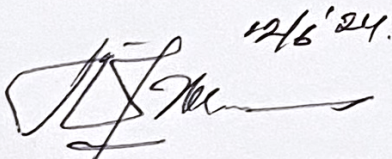
Diuji pada tanggal 6 Juni 2024

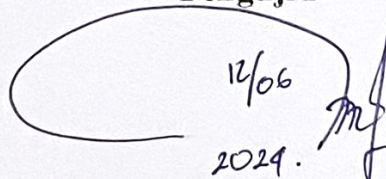
Oleh Dewan Penguji

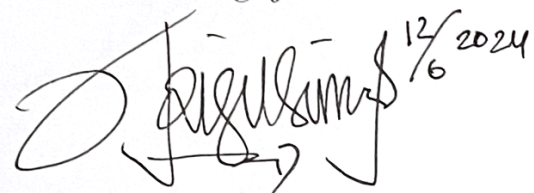
Pembimbing

Penguji I

Penguji II

 12/6 '24.

 12/06
2024.

 12/6 2024

Ir. Helmy Akbar Bale, MT.
NIK : 885110105

Jafar, S.T, MURP., M.T.
NIK : 185111305

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK : 185111304



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Yunalia Muntafi, S.T., M.T., P.hD. (Eng.), IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila ditemukan plagiasi dari laporan Tugas Akhir saya, baik sebagian maupun seluruh isinya dikemudian hari, saya bersedia untuk menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan peraturan dan undang-undang yang berlaku.

Yogyakarta, 6 Juni 2024
Yang membuat pernyataan,

(Materai 10.000)

Zierly Mauliya As-Shofa
(20511394)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahiim.

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan rezeki-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Genteng Beton Terhadap Kuat Lentur Dan Rembesan Air*. Shalawat serta salam selalu dihaturkan kepada Nabi Besar, Rasulullah Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam dengan penuh penghormatan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat beberapa hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat bantuan, bimbingan, saran, kritik, nasihat, serta dorongan semangat dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing, memberikan nasehat dan dorongan semangat selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Seluruh Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menempuh studi.

4. Bapak Azuwansyah, S.Ag., M.M., dan Ibu Ruwiyati S.Ag., M.Si., sebagai orang tua penulis yang sudah mendidik dan membesarkan penulis hingga saat ini. Terima kasih atas segala pengorbanan yang telah dilakukan baik secara material maupun spiritual.
5. Tsaqiela Nisa Bilqist, Muhammad Fiqhi Al-Farist Az, Ali Akbar Fatih Muhammad dan Indah Ayu Lestary, saudara penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk terus berjuang demi masa depan yang diharapkan.
6. Aryo Damar Hatuwe, terima kasih telah menemani penulis dalam suka dan duka, menjadi penyemangat, teman berbagi, teman berkelahi, menjadi sosok kakak yang baik dan menjadi penasihat yang baik bagi penulis. Semoga apapun yang diusahakan sesuai dengan yang diharapkan.
7. Dian Miranti, Yoan Gea Novinkan, Vanessa Adinta Marin, Hellen Cornelia Natalie, Elisa Jennifer, Arum Candani Kinasih, Revina Sefira, Amelia Dian Safira. Sahabat-sahabat penulis yang telah menemani penulis sejak sekolah dasar hingga saat ini, yang selalu menjadi tempat ternyaman bagi penulis, semoga diberikan kesehatan agar bisa menggapai cita-citanya masing-masing.
8. Ghina Indah Anwar T, sahabat penulis sejak Sekolah Menengah Pertama yang hampir tahu seluruh hal yang terjadi dalam hidup penulis, terima kasih telah menjadi sahabat yang baik dan selalu ada.
9. Keysha Alea Ratriazda, Beatrice Nauli Sidaauruk, Muhammad Fitra Ruliansyah, Muhammad Taufiq Aunillah, Avriza Sulaiman, Muhammad Chiqal Afnovinsa Putra, Fiqri Damar Mukhtarom, sahabat penulis yang pernah memberikan warna di kehidupan Sekolah Menengah Atas, terima kasih telah memberikan banyak canda tawa di dunia putih abu-abu.
10. Shafa Anugerah, Guntur Tri Widyanto, Geraldin Firyan Shandy, Ramadhika Gusti Permana, Amanda Alisya, Abrar Hibrizy, Arvien Dwi Rivaldy, Muhammad Aulia Abrar, Muhammad Rozaq, Adisti Regina, Raihan Garneta, Syawqy Al Haq, teman seperjuangan penulis selama menempuh studi di Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, terima kasih sudah berjuang bersama dengan segala dramanya.

11. Ayu Najla S, Indah Putri, Raihan Rizqullah, Rafly Putra, Irpan, Lobak, Sandy, Ibnu dan teman-teman lain grup Wacana. Terima kasih sudah menerima penulis dan menjadi teman yang baik, ditunggu trip selanjutnya.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi inovasi untuk kedepannya dan bermanfaat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membacanya.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 6 Juni 2024

Penulis,

Zierly Mauliya As-Shofa
20511394

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6

2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Perbedaan Dari Penelitian Sebelumnya	8
2.4 Keaslian Penelitian	12
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Genteng	13
3.1.1 Genteng Beton	13
3.1.2 Syarat dan Mutu	14
3.2 Semen Portland	15
3.3 Agregat Halus	17
3.4 Air	19
3.5 Bahan Tambah	19
3.5.1 <i>Bottom Ash</i>	19
3.5.2 Serat Serabut Kelapa	21
3.6 Ketahanan Genteng Beton Terhadap Rembesan Air	22
3.7 Kuat Lentur Genteng Beton	23
3.8 Penyerapan Air Genteng Beton	25
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	28
4.1 Tinjauan Umum	28
4.2 Variabel Penelitian	28
4.3 <i>Flow Chart</i> Penelitian	29
4.4 Persiapan	30
4.4.1 Studi Literatur	30
4.4.2 Rencana Penelitian	30
4.4.3 Persiapan Alat dan Bahan	32
4.5 Pengujian Material	33

4.6 Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	35
4.7 Pembuatan Benda Uji	36
4.8 Perawatan Benda Uji	38
4.9 Pengujian Benda Uji	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	42
5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	42
5.2 Analisis Saringan Agregat Halus	43
5.3 Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus	46
5.4 Uji Kadar Lumpur dalam Pasir	48
5.5 Kuat Lentur Genteng Beton	49
5.6 Penyerapan Air Genteng Beton	57
5.7 Ketahanan Genteng Beton Terhadap Rembesan Air	76
5.8 Harga Material Genteng Beton	77
5.8.1 Menghitung Harga Material Genteng Beton	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	91
6.1 Kesimpulan	91
6.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian	10
Tabel 3.1	Ukuran Bagian Genteng Beton	14
Tabel 3.2	Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal	15
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Bottom Ash	20
Tabel 3.4	Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal	24
Tabel 4.1	Kebutuhan Campuran Tiap Genteng	36
Tabel 4.2	Rincian Benda Uji	37
Tabel 5.1	Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	43
Tabel 5.2	Analisis Saringan Agregat Halus	45
Tabel 5.3	Gradasi Agregat Halus	46
Tabel 5.4	Berat Volume Gembur Agregat Halus	47
Tabel 5.5	Berat Volume Padat Agregat Halus	48
Tabel 5.6	Kadar Lumpur Dalam Pasir	48
Tabel 5.7	Kuat Lentur Variasi Campuran 0% Bottom Ash dan 0% Serat	49
Tabel 5.8	Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 2% Serat	50
Tabel 5.9	Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 3% Serat	51
Tabel 5.10	Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 4% Serat	52
Tabel 5.11	Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 5% Serat	53
Tabel 5.12	Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 6% Serat	54
Tabel 5.13	Rata-Rata Karakteristik Beban Lentur	55
Tabel 5.14	Berat Genteng Beton Variasi 0% Bottom Ash, 0% Serat	57
Tabel 5.15	Berat Genteng Beton Variasi 20% Bottom Ash, 2% Serat	60
Tabel 5.16	Berat Genteng Beton Variasi 20% Bottom Ash, 3% Serat	63
Tabel 5.17	Berat Genteng Beton Variasi 20% Bottom Ash, 4% Serat	66
Tabel 5.18	Berat Genteng Beton Variasi 20% Bottom Ash, 5% Serat	69
Tabel 5.19	Berat Genteng Beton Variasi 20% Bottom Ash, 6% Serat	72
Tabel 5.20	Rata-Rata Penyerapan Air Genteng Beton	75

Tabel 5.21 Ketahanan Genteng Beton Terhadap Rembesan Air	76
Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Harga Material Genteng Beton	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Tipe Genteng Beton	13
Gambar 3.2	Semen Portland Merk Tiga Roda 40 Kg	17
Gambar 3.3	Agregat Halus	18
Gambar 3.4	Bottom Ash	20
Gambar 3.5	Serat Serabut Kelapa	22
Gambar 3.6	Uji Ketahanan Terhadap Rembesan Air	23
Gambar 3.7	Uji Kuat Lentur	25
Gambar 3.8	Uji Penyerapan Air	27
Gambar 4.1	<i>Flow Chart</i> Penelitian	29
Gambar 4.2	Genteng Beton	37
Gambar 5.1	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus	46
Gambar 5.2	Karakteristik Beban Lentur	56
Gambar 5.3	Rata-Rata Penyerapan Air	75
Gambar 5.4	Harga Material Genteng Beton Per Buah	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Izin Peminjaman Alat	96
Lampiran 2	Surat Izin Pemakaian Laboratorium	97
Lampiran 3	Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	98
Lampiran 4	Perhitungan Karakteristik Beban Lentur Genteng Beton	105
Lampiran 5	Hasil Perhitungan Penyerapan Air Genteng Beton	107
Lampiran 6	Alat Pembuatan Genteng Beton	109
Lampiran 7	Bahan Pembuatan Genteng Beton	110
Lampiran 8	Pengujian Agregat	111
Lampiran 9	Proses Pembuatan dan Perawatan Genteng Beton	112
Lampiran 10	Uji Kuat Lentur, Rembesan Air, Penyerapan Air	113

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Al	= Alumina
B	= Berat Pycnometer (g)
Bk	= Berat Pasir Kering Mutlak (g)
Bt	= Berat Pycnometer Berisi Air (g)
<i>Brown Coir Fiber</i>	= Serabut Kelapa Coklat
Ca	= Kalsium
Cl	= <i>Clorida</i>
d	= Diameter Tabung (cm)
F	= Beban Lentur Rata-Rata (N)
FABA	= <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i>
FAS	= Faktor Air Semen
Fc	= Karakteristik Beban Lentur (N)
Fe	= Besi
Fi	= Beban Lentur Masing-Masing Benda Uji (N)
<i>Flat</i>	= rata atau datar
<i>Flexural strength</i>	= Kuat Lentur
<i>Flow chart</i>	= Urutan Langkah-Langkah dalam suatu proses atau system
<i>Frame</i>	= Kerangka Uji
HVAC	= <i>Heating, Ventilation, Air Conditioning</i>
<i>Impact load</i>	= Beban Kejut
<i>Impermeabilitas</i>	= Ketahanan Terhadap Rembesan Air
K	= Berat Genteng Dalam Keadaan Kering (g)
KMnO ₄	= <i>Kalium Permanganate</i>
<i>Mixer Concrete</i>	= Pengaduk Beton
Mg	= Magnesium
n	= Jumlah Benda Uji
PBBI	= Peraturan Beton Bertulang Indonesia
PC	= <i>Portland Cement</i>

PLTU	= Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PUBI	= Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia
Sd	= Standar Deviasi
Si	= <i>Silica</i>
SO ₃	= Sulfat
SSD	= <i>Saturated Surfaced Dry Condition</i>
t	= Tinggi Tabung (cm)
V	= Volume Tabung (cm ³)
W	= Berat Genteng Dalam Keadaan Basah (g)
W1	= Berat Tabung (g)
W2	= Berat Tabung + Agregat (g)
W3	= Berat Agregat (g)
<i>White Coir Fiber</i>	= Serabut Kelapa Putih

ABSTRAK

Genteng beton merupakan salah satu penutup atap yang memiliki beberapa kelebihan yaitu diantaranya tahan lama, tahan dari serangga, ramah lingkungan, memiliki berbagai macam pilihan dan perawatannya yang mudah, serta dapat meredam panas dan suara. Namun, saat ini tidak banyak masyarakat yang menggunakan genteng beton karena biayanya yang masih relatif mahal dan rawan terhadap keretakan. Oleh karena itu, diperlukan cara-cara tertentu untuk meningkatkan kualitas genteng beton dengan harga yang murah. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan bahan tambah (*admixture*) pada campuran genteng beton. Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini berupa *bottom ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah untuk mengurangi keretakan dalam pembuatan genteng beton. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kuat lentur, penyerapan air, ketahanan terhadap rembesan air dan nilai ekonomis genteng beton. Pengujian ini menggunakan beberapa variasi campuran, yaitu genteng beton normal dan genteng beton 20% *bottom ash* yang disubstitusikan ke dalam semen serta serat serabut kelapa sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton dengan variasi campuran 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dengan perbandingan 1PC:3PS.

Hasil dari pengujian ini didapatkan karakteristik beban lentur pada genteng beton normal, genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan 2% serat, genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat, genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan 4% serat, genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan 5% serat, serta genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan 6% serat berturut-turut adalah 858,720 N; 898,860 N; 1207,636 N; 922,274 N; 850,979 N dan 840,015 N. Pada uji karakteristik beban lentur hanya genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat yang memenuhi SNI0096:2007 dengan beban lentur minimum 1200 N. Untuk uji penyerapan air dan ketahanan terhadap rembesan air, semua variasi benda uji memenuhi persyaratan SNI 0096:2007, dimana nilai penyerapan air maksimal genteng beton <10% dan tidak terdapat tetesan air pada uji rembesan air. Pemanfaatan limbah *bottom ash* dan serat serabut kelapa juga berpengaruh terhadap nilai ekonomis genteng beton, dimana genteng beton normal memiliki harga satuan yang lebih mahal dibandingkan dengan genteng beton dengan campuran *bottom ash* dan serat serabut kelapa.

Kata kunci: Genteng Beton, *Bottom Ash*, Serat Serabut Kelapa.

ABSTRACT

Concrete tile is one of the roof coverings that has several advantages, including durable, resistant to insects, environmentally friendly, has a variety of options and easy maintenance, and can reduce heat and sound. However, currently not many people use concrete tiles because the cost is still relatively expensive and prone to cracks. Therefore, certain ways are needed to improve the quality of concrete tiles at low prices. One of the innovations that can be done is to use additives (admixture) in the concrete tile mixture. The added material used in this study is bottom ash as a substitute for some cement and coconut fiber fibers as added materials to reduce cracks in the manufacture of concrete tiles. Tests are carried out to determine the value of bending strength, water absorption, resistance to water seepage and the economic value of concrete tiles. This test uses several variations of the mixture, namely normal concrete tile and 20% bottom ash concrete tile substituted into cement and coconut fiber fiber as an added material for making concrete tile with a mixture variation of 2%, 3%, 4%, 5% and 6% with a ratio of 1PC: 3PS.

The results of this test obtained the characteristics of bending loads on normal concrete tiles, concrete tiles with a mixture of 20% bottom ash and 2% fiber, concrete tiles with a mixture of 20% bottom ash and 3% fiber, concrete tiles with a mixture of 20% bottom ash and 4% fiber, concrete tiles with a mixture of 20% bottom ash and 5% fiber, and concrete tiles with a mixture of 20% bottom ash and 6% fiber respectively is 858,720 N; 898,860 N; 1207,636 N; 922,274 N; 850,979 N dan 840,015 N. In the flexural load characteristics test, only concrete tile with a mixture of 20% bottom ash and 3% fiber meets SNI0096: 2007 with a minimum bending load of 1200 N. For water absorption and water seepage resistance tests, all variations of test objects meet the requirements of SNI 0096: 2007, where the maximum water absorption value of concrete tile is <10% and there are no water droplets in the water seepage test. The utilization of bottom ash waste and coconut fiber fibers also affects the economic value of concrete tiles, where normal concrete tiles have a more expensive unit price compared to concrete tiles with a mixture of bottom ash and coconut fiber fibers.

Keywords: Concrete Roof Tile, Bottom Ash, Coconut Fiber.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Genteng adalah penutup bagian atas dari sebuah gedung yang dapat melindungi dari hujan, sinar matahari, angin dan lain sebagainya. Dalam SNI 0096:2007 genteng beton merupakan sebuah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap, terbuat dari campuran merata antara semen Portland atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen. Syarat mutu dari genteng beton terdiri dari beberapa hal yaitu sifat tampak, ukuran, kerataan, beban lentur, penyerapan air dan ketahanan terhadap rembesan air (impermeabilitas).

Genteng beton merupakan salah satu penutup atap yang memiliki beberapa kelebihan yaitu diantaranya tahan lama, tahan dari serangga, ramah lingkungan, memiliki berbagai macam pilihan dan perawatannya yang mudah, serta dapat meredam panas dan suara. Namun, saat ini tidak banyak masyarakat yang menggunakan genteng beton karena biayanya yang masih relatif mahal jika dibandingkan dengan genteng tanah liat atau seng dan rawan terhadap keretakan. Untuk menekan nilai ekonomis genteng beton, dibutuhkan suatu bahan yang memiliki ketahanan yang sama dengan genteng konvensional, namun dengan biaya yang lebih murah. Salah satu material utama yang digunakan dalam pembuatan genteng adalah semen. Selain sebagai material utama, semen juga merupakan penyumbang gas karbondioksida yang tergolong besar di dunia. Menurut *International Energy Authority : World Energy Outlook*, jumlah karbondioksida yang dihasilkan pada tahun 1995 adalah sebesar 23,8 miliar. Dengan kata lain, produksi gas karbondioksida yang dihasilkan oleh semen akan terus bertambah seiring dengan kemajuan infrastruktur.

Bottom ash memiliki kandungan yang hampir sama dengan semen, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen yang tujuannya untuk

mengurangi kadar gas karbondioksida, mengurangi penyebaran limbah FABA dan menekan nilai ekonomis karena memanfaatkan limbah batubara berupa *bottom ash*. *Bottom ash* merupakan limbah sisa pembakaran batu bara yang tidak terbakar dengan sempurna. *Bottom ash* memiliki tekstur yang sedikit lebih kasar dari pada *fly ash*, biasanya menempel pada bagian bawah tungku pembakaran. Dalam penelitian yang dilakukan oleh PLTU Rembang, Jawa Tengah didapatkan hasil pengujian kimia *bottom ash* berupa *silika* (Si) sebesar $29,40 \pm 0,03\%$; *alumina* (Al) sebesar $0,2576 \pm 0,0001\%$; besi (Fe) sebesar $0,0590,33 \pm 0,0000,89\%$; kalsium (Ca) sebesar $14,55 \pm 6,13\%$; *magnesium* (Mg) sebesar $1,17 \pm 0,00\%$; dan senyawa lainnya. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, unsur senyawa Si dan Ca pada *bottom ash* merupakan unsur dengan prosentase kandungan yang paling besar, dimana Si dan Ca merupakan unsur utama dari semen.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zacoeb et al (2013), didapatkan hasil penelitian yaitu penggunaan *bottom ash* pada prosentase 0%-30% terjadi peningkatan nilai kuat lentur pada genteng beton, namun terjadi penurunan nilai kuat lentur yang signifikan pada prosentase 40%-50%. Sementara pada pengujian *impermeabilitas* didapatkan bahwa genteng beton normal dan genteng beton yang menggunakan *bottom ash* sama-sama tidak terdapat rembesan dengan proporsi optimum *bottom ash* adalah sebesar 19,60%. Untuk mengetahui proporsi *bottom ash* yang paling optimum, maka proporsi *bottom ash* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 20%.

Selain harus memiliki kuat lentur yang baik, genteng beton juga harus memiliki kuat tarik yang baik karena genteng beton rawan terhadap keretakan. Untuk mengantisipasi kemungkinan retak halus pada beton, umumnya menggunakan bahan tambah berupa serat. Menurut ACI *Comitee* 544 (1984), beton berserat, *fiber reinforced concrete*, adalah bahan komposit yang dibuat dari bahan semen hidrolis, agregat halus atau campuran agregat kasar ditambah dengan sejumlah serat yang disebarkan secara acak.

Penambahan serat pada beton dapat memperbaiki beberapa sifat strukturnya antara lain keliatan (*ductility*), ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*), ketahanan terhadap tarik dan lentur (*tensile and flexure strength*), ketahanan

terhadap kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*), ketahanan terhadap keausan (*abrasion*), selip (*skid*) dan fragmentasi (*fragmentation*) (Saroushian, Bayashi. 1987). Campuran serat pada beton dapat menggunakan serat alam dan serat buatan. Serat buatan yang digunakan umumnya adalah serat sintetis yang berasal dari senyawa polimer. Sedangkan serat alam yang digunakan berasal dari tumbuhan, seperti serat ijuk dan serat serabut kelapa.

Serat serabut kelapa merupakan limbah yang berasal dari buah kelapa. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rosadhan (2000) disebutkan bahwa serat serabut kelapa memiliki kandungan selulosa sebanyak 78,14%. Dimana, selulosa merupakan senyawa yang berfungsi memberikan ketegaran pada sel, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kuat lentur dalam suatu bahan. Penambahan serat serabut kelapa yang dapat meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur menyebabkan genteng beton tidak mudah mengalami keretakan, sehingga dapat meningkatkan keawetan beton. Efek penggunaan serat juga dapat membuat genteng beton mampu menahan air. Selain materialnya yang ramah lingkungan dan ringan, serat serabut kelapa merupakan limbah dari buah kelapa yang bisa didapatkan dengan mudah di Indonesia sehingga memiliki harga yang relatif murah.

Dalam penelitian ini, penulis menggabungkan bahan tambah berupa *bottom ash* dan serat serabut kelapa sebagai inoasi dalam pembuatan genteng beton karena dapat mengurangi limbah dan memiliki harga yang relatif murah. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *bottom ash* dan serat serabut kelapa pada genteng beton yang ditinjau dari nilai kuat lentur, rembesan air, penyerapan air dan nilai ekonomis harga material.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan pada latar belakang tersebut adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat serabut kelapa pada genteng beton yang semennya disubstitusi dengan *bottom ash* sebanyak 20% terhadap berat semen ditinjau dari nilai kuat lentur, rembesan air dan penyerapan air?

2. Bagaimana pengaruh penambahan serat serabut kelapa pada genteng beton yang semennya disubstitusi dengan *bottom ash* sebanyak 20% terhadap berat semen ditinjau dari nilai ekonomis harga material?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa pada genteng beton yang semennya disubstitusi dengan *bottom ash* sebanyak 20% terhadap berat semen ditinjau dari nilai kuat lentur, rembesan air dan penyerapan air.
2. Mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa pada genteng beton yang semennya disubstitusi dengan *bottom ash* sebanyak 20% terhadap berat semen ditinjau dari nilai ekonomis harga material.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperluas wawasan baik untuk penulis, maupun masyarakat terhadap pemanfaatan limbah menjadi bahan layak guna.
2. Mengurangi biaya produksi pembuatan genteng beton dengan memanfaatkan limbah *bottom ash* dan serat serabut kelapa.
3. Dapat menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya dimasa mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan dalam pengujian ini, terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari daerah Progo
2. Persentase *bottom ash* yang digunakan yaitu 20 % dari berat semen dan berasal dari PLTU Cirebon.
3. Semen yang digunakan adalah semen Portland-pozzolan jenis I dengan merk Tiga Roda.
4. Faktor Air Semen (FAS) rencana sebesar 0,47.

5. Serat serabut kelapa yang digunakan yaitu serat serabut kelapa dalam kondisi jenuh kering muka (SSD) yang sudah dibersihkan dari kotoran dengan panjang 5 cm. Serat serabut kelapa yang digunakan berasal dari Oesaka (Oemah Sabut Kelapa) Godean.
6. Persentase serat serabut kelapa yang digunakan yaitu 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dari berat pasir dengan panjang serat 5 cm.
7. Proporsi campuran semen dan pasir menggunakan 1 PC : 3 PS (1 Portland Cement : 3 Pasir) berdasarkan perbandingan berat.
8. Jenis genteng yang digunakan adalah tipe rata (*flat*) dengan dimensi 420 mm × 330 mm, dengan permukaan memiliki kerataan maksimal 3 mm.
9. Pembuatan genteng beton menggunakan metode mekanis yang bertempat di CV. Wahyu Marga Jaya, Kledokan, Selomartani, Kalasan, Sleman, Yogyakarta.
10. Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :
 - a. Pengujian kuat lentur
 - b. Pengujian rembesan air (*impermeabilitas*)
 - c. Pengujian penyerapan air
 - d. Perhitungan kalkulasi harga material
11. Benda uji sebanyak 10 buah untuk pengujian kuat lentur, 3 buah untuk pengujian rembesan air dan 10 buah untuk pengujian penyerapan air pada tiap variasi campuran (SNI 0096:2007)
12. Pengujian rembesan air berlangsung selama 20 ± 5 menit.
13. Pengujian penyerapan air dilakukan dengan cara merendam genteng dalam air selama 24 jam.
14. Pengujian dilakukan setelah genteng beton berumur 28 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan penelitian telah dideskripsikan pada BAB I. Penelitian ini membutuhkan suatu referensi yang dapat dijadikan acuan dan penunjang, sehingga dapat membantu dalam proses penelitian agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebagai acuan, referensi dan data penunjang, penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan *bottom ash* dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah genteng beton agar hasil yang didapatkan lebih akurat. Berikut ini merupakan referensi yang digunakan dalam penelitian ini.

Kamaluddin Lubis, Edy Hermanto (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul Pembuatan Genteng Beton Serat Dengan Bahan Tambah Serat Serabut Kelapa dan *Styrofoam*. Penelitian tersebut mengacu pada standar SNI 0096:2007. Terdapat variasi dari kebutuhan serat dan *Styrofoam* yang digunakan untuk membuat genteng beton yang berada pada interval 0%, 10%, 15% dan 40% dari volume pasir yang diperlukan. Hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kuat lentur masih memenuhi standar yaitu sebesar 223,5 kg dengan beban lentur minimum menurut SNI 0096:2007 adalah sebesar 150,3 kg. Pengujian rembesan air juga masih memenuhi standar SNI 0096:2007 yaitu karena tidak terdapat tetesan air atau rembesan dibawah genteng. Pada penelitian ini juga didapatkan hasil dari penambahan serat kelapa dan *Styrofoam* pada genteng beton menjadikan berat genteng beton menjadi lebih ringan. Dengan berat genteng beton sebagai berikut, penambahan 0%, 10%, 15% dan 40%, memiliki berat sebesar 4650 gram; 4450 gram; 4000 gram dan 3600 gram.

Achfas Zacoeb, Sri Murni Dewi, Imran Jamaran (2013), telah melakukan penelitian ini yang berjudul Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat lentur dan *impermeabilitas* dari genteng beton, variasi *bottom ash* yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat semen. Jumlah masing-masing variasi benda uji adalah 10 buah untuk uji kuat lentur dan 3 buah untuk uji *impermeabilitas* yang sesuai dengan SNI 0096:2007. Hasil penelitian yang didapatkan bahwa terjadi peningkatan kuat lenutr rata-rata genteng beton proporsi *bottom ash* 10%-30%, namun terjadi penurunan yang signifikan pada proporsi 40%-50% yaitu 1200 N. Untuk pengujian *impermeabilitas* genteng beton, semua variasi memenuhi standar SNI 0096:2007 yaitu tahan terhadap rembesan air.

Eli Eser A.B (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul Analisis Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Pembuatan Genteng Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suhu dalam ruangan yang dihasilkan genteng beton dan daya serap yang terjadi dengan menambahkan serat serabut kelapa dalam pembuatan genteng beton. Variasi campuran serabut kelapa yaitu 25 gram, 35 gram dan 50 gram. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serat yang digunakan pada pencampuran genteng beton, maka semakin besar pula daya serap airnya. Rata-rata suhu tertinggi yang dicapai pada pukul 16.00 WIB dengan suhu ruangan atas sebesar 35,50°C dan suhu ruangan bawah sebesar 30,60°C. Genteng beton dengan campuran serat sebesar 50 gram yang paling berpengaruh terhadap suhu ruangan. Pada uji penyerapan air, genteng beton dengan tambahan serat 50 gram yang paling banyak menyerap air.

Ita Sari M. Simbolon dan Mara Bangun Harahap (2013) telah melakukan penelitian yang berjudul Pembuatan Dan Pengujian Karakteristik Genteng Beton Dengan Penambahan Serat Serabut Kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap karakteristik genteng beton. Pada penelitian ini digunakan perbandingan persentase komposisi

campuran semen : pasir yaitu 1 : 3 dengan variasi komposisi serat sabut kelapa yaitu 0%; 1,5%; 3%; 4,5%; 6% dan 7,5%. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa semakin besar persentase serat maka kekuatan lentur genteng beton semakin menurun. Semakin besar persentase serat maka kekuatan impak semakin besar juga. Semakin besar persentase serat maka semakin besar juga daya serap air. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat sabut kelapa ke dalam adukan genteng beton dapat menghasilkan genteng beton yang memiliki daya serap air yang sesuai dengan standar SNI 0096:2007.

Adhi Sulaeman (2022) telah melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh Pemanfaatan Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serabut kelapa dalam campuran beton terhadap peningkatan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton, mengetahui persentase penambahan serabut kelapa yang optimum, mengetahui panjang serabut kelapa yang optimum yaitu antara (2 cm, 3 cm dan 4 cm) dan mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur yang maksimal. Presentase serabut kelapa yang digunakan yaitu 0%; 0,2% dan 0,3% dari berat beton normal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diketahui penambahan serabut kelapa dalam campuran beton dengan variasi panjang dan persentase tertentu dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton. Pada pengujian kuat tekan beton, variasi serabut kelapa dengan persentase 0,2% memiliki nilai kuat tekan yang lebih optimum dibandingkan dengan persentase 0,3%. Sedangkan pada pengujian kuat lentur, variasi serabut kelapa dengan persentase 0,3% memiliki nilai kuat lentur yang lebih optimum dibandingkan dengan persentase 0,2%.

2.3 Perbedaan Dari Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah *bottom ash* sebagai pengganti sebagian semen dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton ditinjau dari nilai kuat lentur, rembesan air, penyerapan air dan nilai

ekonomis pada genteng beton. Adapun perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan *bottom ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen sebesar 20% dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan genteng beton dengan prosentase 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6%. Sedangkan pada penelitian Lubis et al (2020) menggunakan serat serabut kelapa dan *Styrofoam* dengan persentase 0%, 10%, 15% dan 40% dari volume pasir.
2. Penelitian ini menggunakan *bottom ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Ita Sari et al (2013) hanya menggunakan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah untuk pembuatan dan pengujian karakteristik genteng beton. Komposisi serat sabut kelapa yang digunakan yaitu 0%; 1,5%; 3%; 4,5%; 6% dan 7,5%.
3. Pada penelitian ini hanya dilakukan pengujian terhadap kuat lentur, ketahanan terhadap rembesan air, penyerapan air dan nilai ekonomis genteng beton yang ditinjau dari harga material, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Eli Eser Anugrah Barus (2020) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suhu dalam ruangan yang dihasilkan genteng beton dan daya serap yang terjadi dengan menambahkan serat serabut kelapa dalam pembuatan genteng beton.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

Peneliti	Penelitian Terdahulu					Penelitian Yang Dilakukan
	Lubis et al (2020)	Zacoeb et al (2013)	Eli Eser (2020)	Ita Sari et al (2013)	Adhi Sulaeman (2022)	
Judul	Pembuatan Genteng Beton Serat Dengan Bahan Tambah Serat Serabut Kelapa Dan <i>Styrofoam</i>	Pemanfaatan Limbah <i>Bottom Ash</i> Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur Dan Perembesan Air	Analisis Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Pembuatan Genteng Beton	Pembuatan dan Pengujian Karakteristik Genteng Beton Dengan Penambahan Serat Serabut Kelapa	Pengaruh Pemanfaatan Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton	Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lenutr dan Permeabilitas Genteng Beton Berbahan Limbah <i>Bottom Ash</i> Sebagai Pengganti Sebagian Semen
Tujuan	Mengetahui bentuk geometris genteng beton serat yang lebih plastis, porositas rendah dan permeabilitas tinggi, serta berat yang lebih ringan jika dibandingkan dengan genteng beton biasa.	Mengetahui pengaruh pemanfaatan <i>bottom ash</i> sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat lentur dan <i>impermeabilitas</i> dari genteng beton <i>bottom ash</i> yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40 % dan 50% dari berat semen.	Mengetahui seberapa besar suhu dalam ruangan dengan menambahkan serabut kelapa pada pembuatan genteng dan daya serap air yang terjadi dengan menambahkan serabut kelapa pada pembuatannya.	Mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap karakteristik genteng beton, hasil pengujian mekanik dan fisis pada genteng beton dengan variasi campuran serat serabut kelapa terhadap massa pasir, mengetahui kualitas genteng beton dengan penambahan serat serabut kelapa dan genteng beton normal.	Mengetahui pengaruh penambahan serabut kelapa dengan prosentase rendah yang diharapkan dapat mengisi rongga-rongga kecil yang ada pada beton sehingga dapat menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat lentur yang lebih baik.	Mengetahui pengaruh <i>bottom ash</i> sebagai pengganti Sebagian semen dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan genteng beton terhadap nilai kuat lentur, rembesan air, penyerapan air dan nilai ekonomis yang ditinjau dari harga material.

Lanjutan Tabel 2.1

Peneliti	Penelitian Terdahulu					Penelitian Yang Dilakukan
	Lubis et al (2020)	Zacoeb et al (2013)	Eli Eser (2020)	Ita Sari et al (2013)	Adhi Sulaeman (2022)	
Hasil Penelitian	<p>Nilai kuat lentur yaitu sebesar 223,5 kg dengan beban lentur minimum 150,3 kg. Pengujian rembesan air memenuhi syarat karena tidak terjadi tetesan atau rembesan dibawah genteng. Dan berat genteng beton menjadi lebih ringan pada tiap persentase 0%, 10%, 15% dan 40%, yaitu sebesar 4650 gram; 4450 gram; 4000 gram dan 3600 gram.</p>	<p>Tidak terjadi penurunan kuat lentur pada proporsi <i>bottom ash</i> 10-30%, dan mengalami penurunan pada proporsi 30-50%. Untuk pengujian impermeabilitas semua benda uji memenuhi standar. Proporsi optimum <i>bottom ash</i> yaitu sebesar 19,60%.</p>	<p>Rata-rata suhu tertinggi yang dicapai ialah pada pukul 16:00 WIB dengan suhu ruangan atas 35,50°C dan suhu ruangan bawah 30,6°C. Genteng beton dengan campuran serabut kelapa sebanyak 50 gram yang paling banyak menyerap air.</p>	<p>Semakin besar prosentase serat maka kekuatan lentur semakin menurun. Semakin besar prosentase serat maka semakin besar juga daya serap air. Penambahan serat serabut kelapa kedalam adukan genteng beton dapat menghasilkan genteng beton yang berkualitas dibandingkan dengan genteng beton normal.</p>	<p>Kenaikan nilai kuat tekan optimum terdapat pada beton dengan variasi panjang 3 cm dengan kadar 0,2% dari berat beton normal yaitu sebesar 31,94 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 27,76% dari kuat tekan rencana yaitu sebesar 25 MPa. Kenaikan kuat lentur optimum terdapat pada beton dengan variasi panjang 3 cm dengan kadar 0,3% dari berat beton normal yaitu sebesar 4,348 MPa.</p>	<p>Tidak terjadi penurunan kuat lentur genteng beton pada proporsi serabut 0%-3%, namun terjadi penurunan pada proporsi 4%-6%. Hanya genteng dengan proporsi 20% <i>bottom ash</i> dan 3% serat yang memiliki karakteristik yang memenuhi SNI 0096:2007 yaitu sebesar 1208,793 N. Sedangkan pada uji penyerapan air dan rembesan air semua variasi benda uji memenuhi SNI 0096:2007.</p>

2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sampai saat ini, peneliti belum menemukan penelitian yang menggunakan bahan serupa. Penelitian ini menggunakan *bottom ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah untuk pembuatan genteng beton. Prosentase *bottom ash* sebesar 20% sebagai variabel tetap dan serat serabut kelapa menggunakan prosentase dengan interval 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% sebagai variabel bebas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat lentur, rembesan air, penyerapan air dan nilai ekonomis yang ditinjau dari harga material genteng beton.

Keaslian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan dan menjunjung tinggi kejujuran, kerationalan, keobjektifan dan keterbukaan. Dengan demikian, keaslian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan, baik secara ilmiah dan keilmuan.

BAB III

LANDASAN TEORI

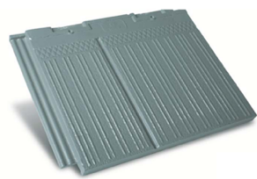
3.1 Genteng

Genteng adalah salah satu unsur penting dalam sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penutup atap. Fungsi utama dari genteng yaitu untuk melindungi rumah dari panas matahari dan hujan. Sebagai salah satu unsur penting dalam sebuah bangunan, genteng harus memiliki sifat mekanis yang baik seperti kekuatan tekan, kuat lentur dan harus memiliki daya serap air yang baik.

Seiring dengan kemajuan teknologi, saat ini sudah banyak jenis genteng yang digunakan, diantaranya adalah genteng atap sirap, genteng tanah liat, genteng keramik, genteng metal, genteng aspal dan genteng beton. Dalam proses pembuatannya, genteng beton tidak memerlukan proses pembakaran seperti genteng keramik karena terdapat kandungan semen yang dapat mengeras bila bereaksi dengan air.

3.1.1 Genteng Beton

Genteng beton merupakan sebuah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap, terbuat dari campuran merata antara semen Portland atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen (SNI 0096:2007). Menurut Dwiyono (2000), genteng beton dibuat dengan cara mencampur pasir dan semen ditambah air, kemudian diaduk sampai homogen lalu dicetak. Genteng beton yang beredar di pasaran memiliki dua tipe, yaitu tipe rata (*flat*) dan tipe bergelombang. Berikut ini adalah gambar genteng tipe rata (*flat*) dan genteng tipe bergelombang.



(a) Genteng Tipe Rata (*flat*)



(b) Genteng Tipe Bergelombang

Gambar 3.1 Tipe Genteng Beton

3.1.2 Syarat dan Mutu

Dalam pembuatan genteng beton, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan mutu dari genteng beton yang sesuai dengan SNI 0096:2007. Berikut merupakan syarat dan mutu pembuatan genteng beton.

1. Sifat Tampak

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian.

2. Ukuran

Ukuran bagian genteng beton dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Ukuran Bagian Genteng Beton

Bagian yang diuji	Satuan	Persyaratan
- Tebal :		
Bagian yang rata	mm	Min. 8
Penumpangan	mm	Min. 6
- Kaitan :		
Panjang	mm	Min. 30
Lebar	mm	Min. 12
Tinggi	mm	Min. 9
- Penumpangan :		
Lebar	mm	Min. 25
Kedalaman alur	mm	Min. 3
Jumlah alur	mm	Min. 1

(sumber : SNI 0096:2007)

3. Kerataan

Kerataan maksimal 3 mm.

4. Beban lentur

Genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimal seperti Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal

Tinggi profil (mm)	Genteng interlok						Genteng non interlok
	Profil				Rata		
	t > 20		20 ≥ t ≥ 5		t < 5		
Lebar penutup (mm)	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	-
Beban lentur (N)	2000	1400	1400	1000	1200	800	550

(sumber : SNI 0096:2007)

5. Penyerapan air

Penyerapan air maksimal 10%.

6. Ketahanan terhadap rembesan air

Tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam $\pm$ 5 menit.

3.2 Semen Portland

Semen merupakan suatu zat kimia yang sering digunakan untuk merekatkan material bangunan konstruksi. Salah satu jenis semen yang banyak ditemukan di pasaran adalah semen Portland. Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain.

Semen Portland termasuk kedalam semen hidrolik, yang berarti bahwa semen Portland memiliki kemampuan untuk mengikat air dan mengeras ketika dicampur dengan air. Contoh semen hidrolik yaitu kapur hidrolik, semen Portland-pozzolan, semen Portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif. Contoh lainnya yaitu semen Portland putih, semen warna dan semen untuk keperluan khusus (Tri,Mulyono.2004).

Terdapat beberapa jenis dan penggunaan semen Portland menurut SNI 15-2049-2004, diantaranya :

1. Jenis I – yaitu semen Portland yang biasa digunakan untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II – yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III – yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV – yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V – yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen Portland-pozzolan adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dan pozzolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen Portland dan bubuk pozzolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 6% sampai dengan 40% massa semen Portland pozzolan (SNI 15-0302-2004). Pozzolan sendiri merupakan suatu bahan yang memiliki kandungan silika dan alumina. Pozzolan tidak mempunyai sifat yang mengikat air seperti halnya semen, akan tetapi karena bentuknya yang halus dan ditambah dengan air, senyawa dalam pozzolan akan bereaksi dengan kalsium hidroksida sehingga membentuk senyawa yang memiliki sifat seperti semen. Adapun semen Portland yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Semen Portland Merk Tiga Roda 40 Kg

3.3 Agregat Halus

Dalam SNI 1970:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus dijelaskan bahwa agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar yaitu 4,75 mm (no. 4). Pasir memiliki peran penting dalam dunia konstruksi, salah satunya sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. Pasir atau agregat halus dalam pembuatan genteng beton berfungsi untuk menjaga stabilitas dan daya tahan terhadap tekanan. Selain itu, pasir berfungsi sebagai bahan pengisi yang dapat membentuk mortar. Agar menghasilkan genteng beton dengan mutu tinggi, pasir yang digunakan harus memenuhi standar. Adapun syarat mutu agregat halus berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTI 1971 N.I-2) adalah sebagai berikut.

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat harus dicuci.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak.

4. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - a. Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% dari berat;
 - b. Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% dari berat;
 - c. Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80 % dan 95% dari berat;
5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Selain hal di atas, untuk mengetahui karakteristik, sifat dan kualitas agregat yang akan digunakan pada penelitian terdapat beberapa pengujian yang harus dilakukan. Adapun pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yang mengacu pada SNI 03-1970-1990.
2. Pengujian Analisa saringan untuk agregat halus yang mengacu pada SNI 03-4804-1998.
3. Pengujian lolos saringan no.200, berupa uji kandungan lumpur pada agregat halus yang mengacu pada SNI 03-4142-1996.

Adapun agregat halus atau pasir yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Agregat Halus

3.4 Air

Air merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan genteng beton. Air berfungsi untuk memicu proses kimiawi dengan semen. Air yang digunakan untuk campuran genteng beton harus memenuhi syarat-syarat seperti, air harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak genteng atau tulangan. Terdapat persyaratan penambahan air yang perlu diperhatikan dalam pembuatan beton yang ditentukan dalam Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1970 N-I 3) adalah sebagai berikut.

1. Air tawar yang dapat diminum.
2. Air sungai yang tidak mengandung lumpur yang cepat mengendap.
3. Air yang tidak mengandung minyak dan benda-benda yang mengapung.
4. Air yang bereaksi netral terhadap kertas lakmus.
5. Air yang tidak mengandung :
 - a. Sulfat, lebih dari 5 g/liter, dihitung sebagai SO_3 .
 - b. Clorida, lebih dari 15 g/liter, dihitung sebagai Cl.
6. Air yang tidak memerlukan kalium permanganate (KMnO_4) lebih dari 1000 mg/liter untuk mengoksidasi benda-benda organik di dalamnya.

3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan pada campuran genteng beton yang berfungsi untuk meningkatkan mutu genteng beton dengan mengubah karakteristik dari genteng beton itu sendiri sesuai dengan mutu yang direncanakan.

3.5.1 *Bottom Ash*

Fly Ash dan *Bottom Ash* (FABA) merupakan limbah padat hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Sekitar 55%-80% abu yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara tersebut berupa *fly ash* dan sisanya berupa *bottom ash*. *Bottom ash* memiliki tekstur yang sedikit lebih kasar jika dibandingkan dengan *fly ash*, biasanya menempel pada bagian bawah tungku pembakaran. Limbah batu bara dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk pengganti semen. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Setyawan A., dkk (2009;2) disebutkan bahwa pemanfaatan limbah batu bara sebagai bahan bangunan non-

struktural seperti batako, *paving block*, atau bata pres dan juga sebagai substitusi parsial semen dalam pembuatan beton telah dilakukan oleh industri.

Bottom ash memiliki kandungan yang hampir sama dengan semen, hal itu dapat dilihat berdasarkan hasil pengujian *bottom ash* yang dilakukan oleh PLTU Rembang. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Hasil Pengujian *Bottom Ash*

Parameter	<i>Bottom Ash</i> (%)	Semen (%)
Si	$29,40 \pm 0,03$	23,13
Al	$0,2576 \pm 0,0001$	8,76
Fe	$0,0590,33 \pm 0,0000,89$	4,62
Mg	$1,17 \pm 0,00$	0,9
Ca	$14,55 \pm 6,13$	58,66

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, unsur senyawa Si dan Ca pada *bottom ash* merupakan unsur dengan prosentase kandungan yang paling besar. Si dan Ca merupakan unsur utama dari semen, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa sifat kimia dari *bottom ash* memiliki kandungan yang sama dengan semen. Adapun *bottom ash* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 *Bottom Ash*

3.5.2 Serat Serabut Kelapa

Serat serabut kelapa merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh buah kelapa. Serat serabut kelapa atau biasa dikenal sebagai *coco fiber*, *coir fiber*, *coir yarn*, *coir mats* dan *rugs*, adalah produk yang dihasilkan dari pengolahan serabut kelapa. Sabut kelapa memiliki sifat yang tahan lama, ulet, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, tahan terhadap air, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama serta tidak dihuni oleh rayap (Isroful,2009). Pada dasarnya serat serabut kelapa dibedakan menjadi dua jenis, yaitu serat serabut kelapa putih (*white coir fiber*) dan serat serabut kelapa coklat (*brown coir fiber*).

Serat serabut kelapa putih (*white coir fiber*) diperoleh dengan cara merendam sabut didalam air garam selama 6 sampai 12 bulan. Sedangkan *brown coir fiber* diperoleh dari proses ekstraksi sabut kering secara mekanis, baik dalam kondisi basah maupun kering dengan cara direndam dalam air tawar selama 1 sampai 4 minggu. Serat serabut kelapa banyak dimanfaatkan di berbagai industri, salah satunya industri konstruksi. Penambahan serat dalam dunia konstruksi dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan ketahanan beton terhadap beban kejut (*impact load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan beton.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rosadhan (2000), serat serabut kelapa merupakan limbah yang berasal dari buah kelapa. Serat serabut kelapa memiliki kandungan selulosa sebanyak 78,14%, dimana selulosa berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel sehingga dapat meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur suatu bahan. Kuat tarik dan kuat lentur menyebabkan genteng beton tidak mudah mengalami keretakan, sehingga dapat meningkatkan keawetan beton. Efek penggunaan serat juga dapat membuat genteng beton mampu menahan air. Adapun serat serabut kelapa yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Serat Serabut Kelapa

3.6 Perencanaan Campuran Genteng Beton

Berdasarkan beberapa referensi yang diambil dari penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini ditetapkan memakai perbandingan PC:PS = 1:3. Selanjutnya perbandingan ini di konversikan ke dalam perbandingan volume. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui jumlah perencanaan kebutuhan campuran bahan pembuatan genteng beton tiap variasinya. Kebutuhan serat serabut kelapa yang digunakan dalam penelitian ini pada tiap variasinya adalah 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dari volume pasir. Sedangkan kebutuhan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 20%.

3.7 Ketahanan Genteng Beton Terhadap Rembesan Air

Rembesan air dalam genteng beton merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan genteng beton yang dilewati oleh air melalui rongga dan pori-pori. Genteng beton dengan kualitas yang baik, merupakan genteng beton yang memenuhi syarat yang sesuai dengan SNI 0096:2007. Salah satu syarat mutu pembuatan genteng beton yaitu memiliki ketahanan terhadap rembesan air. Dalam SNI 0096:2007 disebutkan bahwa genteng beton dapat dikatakan memiliki ketahanan terhadap rembesan air apabila tidak ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam $\pm$ 5 menit. Adapun uji ketahanan genteng beton terhadap rembesan air dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Uji Ketahanan Terhadap Rembesan Air

3.8 Kuat Lentur Genteng Beton

Kuat lentur atau *flexural strength* adalah sifat mekanis yang menunjukkan ukuran kekakuan dari suatu bahan material. Dalam pembuatan genteng beton, untuk menciptakan genteng beton yang memiliki ketahanan dan kekuatan yang baik, dibutuhkan kuat tarik dan kuat lentur yang baik pula. Serat yang memiliki kandungan selulosa berperan dalam mencegah keretakan dan meningkatkan kekuatan struktural genteng. Serat-serat tersebut membantu menyebarkan tegangan secara merata ke seluruh struktur genteng, sehingga mencegah terjadinya retak pada genteng. Genteng beton dengan campuran *bottom ash* dan serat serabut kelapa cenderung memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan genteng beton normal. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmad W. (2020) et al. yang berjudul *Effect of Coconut Fiber Length and Content on Properties of High Strength Concrete*, terdapat beberapa mekanisme yang terlibat diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Distribusi tegangan

Serat kelapa memiliki kemampuan untuk mendistribusikan tegangan secara merata di seluruh elemen beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan lentur secara keseluruhan.

2. Pencegahan retak

Serat kelapa mampu menahan dan menghambat keretakan yang dapat meningkatkan daya tahan struktural. Genteng beton dengan tambahan serat kelapa memiliki daya rekat yang kuat sehingga apabila genteng beton terkena beban desak, genteng tersebut tidak akan mudah patah dan retak.

3. Efek penggandaan

Serat kelapa dapat meningkatkan daya tahan lentur beton dengan cara menggandakan efek matriks, dimana matriks pada beton dapat menciptakan pengikatan antara beton dan serat kelapa itu sendiri.

4. Penahanan energi

Serat kelapa juga dapat menyerap energi selama deformasi struktural, sehingga dapat membantu meningkatkan daya tahan terhadap beban lentur dan mengurangi risiko kegagalan secara tiba-tiba.

Dengan demikian, genteng beton yang diperkuat dengan serat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban. Beban lentur dalam genteng beton harus memenuhi persyaratan yang ada pada SNI 0096:2007, dimana genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimum seperti pada tabel berikut.

Tabel 3.4 Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal

Tinggi profil (mm)	Genteng interlok						Genteng non interlok
	Profil				Rata		
	t > 20		20 ≥ t ≥ 5		t < 5		
Lebar penutup (mm)	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	-
Beban lentur (N)	2000	1400	1400	1000	1200	800	550

(sumber : SNI 0096:2007)

Karakteristik beban lentur pada genteng beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1.

$$F_c = F - 1,64 \times S_d \quad (3.1)$$

Dengan :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n - 1}}$$

F_c adalah karakteristik beban lentur, N

F adalah beban lentur rata-rata, N

F_i adalah beban lentur masing-masing benda uji, N

S_d adalah standar deviasi

n adalah jumlah benda uji

Adapun uji kuat lentur genteng beton dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Uji Kuat Lentur

3.9 Penyerapan Air Genteng Beton

Selain harus memiliki ketahanan yang baik terhadap rembesan air, parameter lain yang dapat menentukan apakah genteng beton tersebut memiliki kualitas yang baik dapat dilihat dari tingkat penyerapan air maksimal oleh genteng beton. Mekanisme serapan air pada genteng beton sendiri terdiri dari beberapa faktor, diantaranya seperti porositas genteng beton, tekstur permukaan, kandungan air, sifat hidrofobik dan beberapa faktor lainnya. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Shreeshail, B. H. et al (2014) yang berjudul *Effects of Coconut Fibers on The Properties of Concrete* terdapat mekanisme penyerapan air pada beton akibat pengaruh serat adalah sebagai berikut.

1. Perubahan struktur porositas

Serat kelapa dapat mempengaruhi struktur porositas beton dimana terjadi perubahan dalam distribusi dan ukuran pori dapat mempengaruhi kemampuan genteng beton untuk menyerap air.

2. Daya rekat serat dan matriks beton

Serat kelapa memiliki daya rekat yang baik sehingga dapat membantu mengisi atau menutup sebagian pori pada genteng beton dan mampu mengurangi daya serap air.

3. Perlindungan terhadap retakan

Serat kelapa dapat membantu mencegah terjadinya retakan pada permukaan genteng beton. Pencegahan retakan pada genteng beton dapat mengurangi penyerapan air.

4. Kandungan serat dan distribusi serat

Jumlah dan distribusi serat dalam genteng beton dapat mempengaruhi daya serap air. Semakin merata serat yang terdistribusi, semakin baik pula daya serap airnya.

5. Pengaruh sifat hidrofobik serat

Serat kelapa memiliki sifat hidrofobik (tahan air), dimana sifat tersebut dapat membantu mengurangi penyerapan air oleh genteng beton.

6. Pengaruh ukuran dan panjang serat

Ukuran dan panjang serat kelapa dapat mempengaruhi kemampuannya untuk menahan air.

7. Kondisi pori

Kondisi pori pada genteng beton, seperti ukuran dan distribusi porinya, dapat dipengaruhi oleh serat kelapa. Ukuran pori yang beragam berpengaruh pada daya serap air genteng beton.

Genteng beton memiliki struktur yang terdiri dari berbagai pori dan celah. Semakin tinggi porositasnya, semakin banyak air yang dapat diserap oleh genteng tersebut. Ukuran pori dalam genteng beton memiliki peran yang penting untuk menyerap air, dimana pori-pori yang lebih besar cenderung menyerap lebih banyak air dari pada pori-pori yang lebih kecil. Berdasarkan SNI 0096:2007 tingkat

penyerapan air maksimal genteng beton adalah 10%. Hal tersebut berarti bahwa apabila tingkat penyerapan air lebih dari 10%, maka genteng beton dianggap tidak memenuhi syarat. Adapun penyerapan air genteng beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \% \quad (3.2)$$

Dengan :

W = Berat Genteng Basah (gr)

K = Berat Genteng Kering (gr)

Adapun uji penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8 Uji Penyerapan Air

3.10 Perhitungan Harga Material

Penelitian ini hanya terfokus pada harga satuan material tanpa memperhitungkan upah tenaga kerja dan biaya peralatan. Analisa bahan suatu pekerjaan adalah menghitung banyaknya atau volume yang dibutuhkan pada masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang harus dikeluarkan. Harga satuan bahan atau material dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas, kuantitas dan lokasi asal material.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang pembuatan sampelnya dilakukan di CV.Wahyu Marga Jaya, sedangkan pengujian sampel dilaksanakan di Lab. BKT Universitas Islam Indonesia. Pembuatan sampel menggunakan mesin *press* genteng beton hidrolik yang terdapat di CV.Wahyu Marga Jaya, sedangkan pengujian sampel menggunakan alat uji lentur, oven dan timbangan yang terdapat di Lab. BKT Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan mensubstitusikan *bottom ash* dengan semen dan memodifikasi kadar bahan tambah berupa serat serabut kelapa pada campuran genteng beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi serat serabut kelapa sebagai bahan tambah genteng beton yang semennya disubstitusi dengan *bottom ash* sebanyak 20% terhadap kuat lentur, ketahanan terhadap rembesan air, penyerapan air dan nilai ekonomis yang ditinjau dari harga material pada genteng beton.

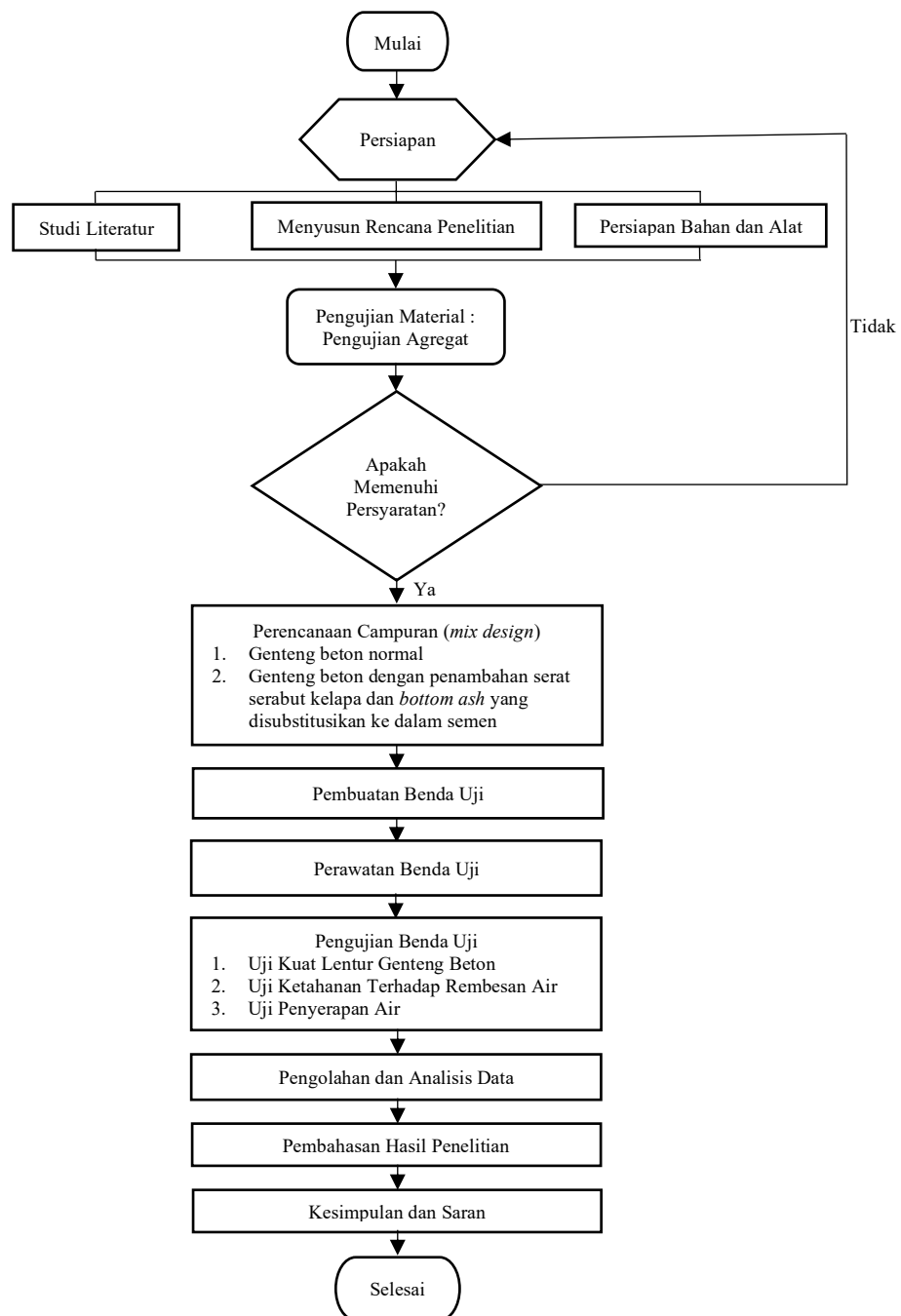
4.2 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas, adalah prosentase serat serabut kelapa dengan interval 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dari berat pasir.
2. Variabel tetap, berupa *bottom ash* dengan persentase 20% dari berat semen.
3. Variabel terikat, meliputi kuat lentur genteng beton, ketahanan terhadap rembesan air, penyerapan air dan nilai ekonomis yang ditinjau dari harga material.

4.3 Flow Chart Penelitian

Adapun *flow chart* penelitian pada Laporan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Flow Chart Penelitian

4.4 Persiapan

Pada persiapan penelitian, dimulai dengan studi literatur, menyusun rencana penelitian, serta melakukan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Melakukan persiapan bahan di Pusat Inovasi Universitas Islam Indonesia dan akan dipindahkan ke CV.Wahyu Marga Jaya jika sudah mendekati waktu pembuatan sampel. Hal pertama yang dilakukan dalam persiapan bahan yaitu menghitung kebutuhan material yang akan digunakan, seperti kebutuhan semen, agregat halus, air, *bottom ash* dan serat serabut kelapa. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian agregat, untuk memastikan semua bahan yang akan digunakan sudah memenuhi syarat. Untuk memastikan alat yang akan digunakan berada dalam kondisi yang baik dan proses pembuatan sampel dapat berjalan dengan lancar, persiapan alat pembuatan genteng beton seperti mesin *press* genteng beton hidrolik, *mixer* beton dan bak perendam dilakukan di CV.Wahyu Marga Jaya, sedangkan untuk persiapan alat pengujian genteng beton yang meliputi alat uji lentur, oven, timbangan dan bak perendam dilakukan di Lab BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

4.4.1 Studi Literatur

Sebelum memulai suatu penelitian, hal yang pertama dilakukan adalah studi literatur. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi topik dan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Digunakan data akademis, jurnal ilmiah atau perpustakaan digital untuk mencari sumber-sumber yang relevan dengan topik penelitian yang akan diambil. Dalam proses studi literatur, peneliti menetapkan kriteria jurnal atau data akademis yang spesifik terhadap fokus penelitian yang akan dilakukan. Setelah sumber-sumber sudah teridentifikasi, dilanjutkan dengan mengevaluasi metode penelitian yang akan digunakan dalam literatur, hal tersebut dilakukan agar peneliti dapat memahami kekuatan dan kelemahan setiap metode yang ingin dilakukan.

4.4.2 Rencana Penelitian

Pada point ini, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan langkah penelitian yang akan digunakan. Kemudian, dilanjutkan dengan menentukan urutan kegiatan. Urutan kegiatan dimulai dengan melakukan pemeriksaan ketersediaan

alat dan material yang digunakan. Alat yang digunakan untuk pembuatan genteng beton berupa mesin *press* hidrolik, *mixer* beton dan bak perendaman yang terdapat di CV. Wahyu Marga Jaya. Sedangkan untuk pengujian kuat lentur genteng beton, alat yang digunakan berupa mesin uji lentur, untuk pengujian penyerapan air menggunakan oven, timbangan dan bak perendam yang terdapat di Lab. BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, sementara untuk uji rembesan air menggunakan seng/plat alumunium, lem *silicon*, cermin dan batu bata. Material yang digunakan berupa *bottom ash* yang berasal di PLTU Cirebon, serat serabut kelapa yang didapatkan dari Oesaka (Oemah Sabut Kelapa) Godean, semen Tiga Roda dan pasir progo. Selanjutnya, melakukan pengadaan dan pengkondisian material ke tempat pembuatan genteng beton yaitu di CV. Wahyu Marga Jaya. Setelah semua alat dan material tersedia, dilanjutkan dengan pembuatan genteng beton di CV. Wahyu Marga Jaya sebanyak 138 sampel dengan enam variasi.

Setelah pembuatan genteng beton dilakukan, dilanjutkan dengan perawatan benda uji dengan membiarkan genteng beton di tempat terbuka selama 12 jam hingga mengering. Kemudian, genteng beton yang sudah kering dimasukkan ke dalam bak perendam selama 24 jam. Genteng beton yang sudah direndam selama 24 jam, selanjutnya dikeluarkan dan diletakkan di ruangan terbuka selama 28 hari atau sampai waktu pengujian dilaksanakan. Pada saat sudah mendekati waktu pengujian, genteng beton dipindahkan dari CV. Wahyu Marga Jaya ke Lab BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Setelah benda uji sampai di tempat pengujian (Lab BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia), dilanjutkan dengan menyiapkan alat mesin uji lentur, oven, bak perendam, seng/plat alumunium, lem *silicon*, timbangan dan batu bata.

Untuk uji kuat lentur genteng beton, menggunakan mesin uji lentur dengan jumlah sampel sebanyak 60 buah yang masing-masing variasi campurannya sebanyak 10 buah. Pada uji penyerapan air, genteng beton ditimbang dan dicatat beratnya, lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, dengan jumlah sampel sebanyak 60 buah yang masing-masing variasi campurannya sebanyak 10 buah. Genteng beton yang sudah dikeringkan di dalam oven selama 24 jam, selanjutnya direndam di bak perendaman selama 24 jam,

kemudian di lap menggunakan lap lembab lalu ditimbang dan dicatat beratnya. Pengujian rembesan air menggunakan seng/plat alumunium yang dibentuk menjadi persegi panjang dengan panjang 20 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15cm. Kemudian, seng/plat alumunium yang sudah di bentuk persegi panjang di tempel di atas permukaan genteng beton menggunakan lem *silicon*. Lalu, batu bata disusun sebanyak 3 buah yang digunakan sebagai penyangga genteng beton di kedua sisinya, kemudian cermin diletakkan di bawah genteng beton tersebut. Pengujian ini menggunakan 18 sampel dengan masing-masing variasi campurannya sebanyak 3 buah. Selanjutnya, genteng beton yang telah di tempel dengan seng/plat alumunium dituangkan air setinggi 10 cm, pengujian ini dilakukan selama 20 jam.

4.4.3 Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap persiapan alat dan bahan, hal yang dilakukan adalah mencari ketersediaan alat dan bahan penelitian, melakukan pengadaan dan pengkondisian. Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa *bottom ash*, serat serabut kelapa, semen dan pasir. *Bottom ash* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Cirebon yang diperoleh dengan membayar biaya kirim dari Cirebon ke Yogyakarta. Untuk melakukan pengadaan bahan, *bottom ash* yang akan digunakan di kirim dari PLTU Cirebon ke Yogyakarta. *Bottom ash* yang datang berada dalam kondisi lembab di dalam karung. Selanjutnya *bottom ash* tersebut dipindahkan ke tempat pembuatan genteng beton yaitu di CV. Wahyu Marga Jaya untuk dilakukan pengkondisian. Pada tahap pengkondisian, *bottom ash* dipindahkan dari karung ke atas tampah dan diangin-anginkan, hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan *bottom ash* dengan kondisi yang SSD. *Bottom ash* dikatakan dalam kondisi SSD apabila jika digenggam tidak menggumpal.

Serat serabut kelapa yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dengan membeli dari Oesaka (Oemah Sabut Kelapa) di daerah Godean. Untuk melakukan pengadaan bahan, serat serabut kelapa diambil dari Oesaka lalu dipindahkan ke tempat pembuatan genteng beton. Serat serabut kelapa diambil dalam kondisi sudah bersih dari kotoran dan serbuknya. Selanjutnya, serat serabut kelapa tersebut di potong-potong sepanjang 5 cm. Kemudian, serat tersebut direndam di dalam air lalu

dikeringkan menggunakan lap di atas tampah/papan panjang dan diangin-anginkan untuk mendapatkan kondisi SSD. Serat serabut kelapa dalam kondisi SSD yaitu dimana permukaan luar serat kering namun bagian dalamnya tetap lembab.

Agregat halus atau pasir yang digunakan berupa pasir progo yang berasal dari tempat pembuatan genteng beton itu sendiri, yaitu CV. Wahyu Marga Jaya. Pengkondisian pasir dilakukan dengan cara menyiapkan pasir yang akan digunakan, lalu diangin-anginkan dan di lap dengan cara ditepuk-tepuk untuk mendapatkan hasil yang SSD. Pasir yang sudah dalam kondisi SSD ketika di genggam, pasir tersebut tidak menggumpal.

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen Portland-Pozzolan jenis I merk Tiga Roda. Semen tersebut didapatkan dengan cara membeli di toko bangunan terdekat. Setelah itu, dilakukan pemindahan bahan ke CV. Wahyu Marga Jaya untuk dilakukan pengkondisian. Semen yang datang berada di dalam karung yang tertutup rapat, tidak lembab dan tidak menggumpal. Pengkondisian semen dilakukan dengan cara menyiapkan semen yang akan di pakai ke dalam ember sebelum dimasukkan ke dalam *mixer*.

Pada persiapan alat, hal pertama yang dilakukan adalah mengecek ketersediaan alat yang akan digunakan. Alat yang akan digunakan untuk pembuatan genteng beton berupa mesin *press* pembuat genteng hidrolik, *mixer* beton, ember dan papan panjang/tampah dan bak perendam. Alat yang digunakan untuk pembuatan sampel ini sudah tersedia di tempat pembuatan benda uji yaitu di CV. Wahyu Marga Jaya. Setelah melakukan pengecekan ketersediaan alat, selanjutnya adalah memastikan bahwa alat yang digunakan berada dalam kondisi baik dan siap dipakai untuk pembuatan sampel.

4.5 Pengujian Material

Pada pengujian material, material yang diuji adalah agregat halus atau pasir. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu dilakukan pengkondisian pasir dengan cara mengambil sampel pasir dari CV. Wahyu Marga Jaya dan di bawa ke Lab. BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, pengujian analisis

saringan agregat halus, pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus, serta pengujian kandungan lumpur dalam pasir atau uji lolos saringan No.200.

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, hal pertama yang dilakukan yaitu mengeringkan benda uji berupa pasir ke dalam oven, lalu direndam dalam air selama 24 jam. Kemudian air tersebut dibuang dan agregat dikeringkan sampai kondisinya SSD. Agregat dinyatakan SSD jika permukaan luar kering dan bagian dalamnya lembab dan apabila digenggam tidak menggumpal. Selanjutnya, benda uji sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer dan diisi dengan air, lalu piknometer tersebut diguncangkan agar tidak ada gelombang udara didalamnya. Kemudian piknometer tersebut direndam dalam air untuk penyesuaian suhu. Jika sudah, piknometer yang berisi benda uji di timbang. Lalu, benda uji dikeluarkan dari piknometer dan dikeringkan dalam oven. Benda uji yang sudah dingin dan piknometer yang berisi air di timbang. Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus didapatkan data berupa berat pasir kering mutlak (gram), berat pasir kondisi SSD (gram), berat piknometer berisi pasir dan air (gram), serta berat piknometer berisi air (gram).

Pada pengujian analisis saringan agregat halus, menggunakan benda uji berupa pasir yang dikeringkan dalam oven. Lalu, benda uji dikeluarkan dan didinginkan pada suhu ruangan untuk pengkondisian. Benda uji yang kering oven di timbang sebanyak 2000 gram. Kemudian dilanjutkan dengan menyusun satu set saringan agregat ukuran 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,6 mm (No.30); 0,3 mm (No.50); 0,15 mm (No.100) dan 0,075 mm (No.200) lalu diayak selama 15 menit. Setelah itu, benda uji yang tertahan pada saringan di catat. Pada pengujian Analisa saringan agregat halus didapatkan data berupa berat tertinggal (gram) pada lubang ayakan dari satu set saringan ukuran 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,6 mm (No.30); 0,3 mm (No.50); 0,15 mm (No.100) dan 0,075 mm (No.200).

Pada pengujian berat volume padat dan berat volume gembur agregat halus menggunakan benda uji dengan keadaan SSD. Untuk menguji berat volume padatnya, menggunakan silinder lalu memasukkan benda uji per 1/3 bagian dan

ditumbuk 25 kali sampai volumenya penuh. Untuk berat volume gembur benda uji dimasukkan ke dalam silinder tanpa pemadatan. Kemudian berat silinder yang berisi benda uji di timbang. Pada pengujian berat volume padat dan berat volume gembur agregat halus didapatkan data berupa berat tabung (gram), berat tabung + agregat kering oven (gram), berat agregat (gram) dan volume tabung (cm^3) yang digunakan.

Pada pengujian kandungan lumpur dalam pasir atau uji lolos saringan No. 200, menggunakan benda uji yang kering oven. Kemudian benda uji tersebut diletakkan dalam saringan dan di aliri air sampai bagian kasar tertinggal di saringan dan dilakukan sampai airnya jernih. Jika sudah, benda uji dikeringkan dalam oven setelah itu di timbang. Pada pengujian kandungan lumpur dalam pasir atau uji lolos saringan No.200 didapatkan data berupa berat agregat kering oven (gram) dan berat agregat kering oven setelah di cuci (gram).

4.6 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Metode perencanaan campuran beton (*mix design*) yang digunakan pada penelitian ini menggunakan perbandingan berat. Proporsi campuran semen dan pasir yang digunakan yaitu 1 PC : 3 PS (1 Portland Cement : 3 Pasir). Penggunaan semen sebagai pengikat campuran beton disubstitusikan dengan *bottom ash* sebanyak 20% dari berat semen. Bahan tambah yang digunakan berupa serat serabut kelapa yang telah dibersihkan dari sabutnya dalam kondisi jenuh kering muka (SSD) sepanjang 5 cm. Variasi serat serabut kelapa yang digunakan yaitu 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% terhadap berat pasir. Benda uji yang digunakan adalah genteng beton tipe *flat* dengan dimensi 420 mm × 330 mm × 3 mm. Kebutuhan campuran genteng beton yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Kebutuhan Campuran Tiap Genteng

Kebutuhan Campuran Tiap Genteng (gr)						
Kadar <i>bottom ash</i>	Kadar serat	Semen	Pasir	<i>Bottom Ash</i>	Serat	Air
0%	0%	1000	3000	0	0	956,52
20%	2%	800	2940	200	60	956,52
20%	3%	800	2910	200	90	956,52
20%	4%	800	2880	200	120	956,52
20%	5%	800	2850	200	150	956,52
20%	6%	800	2820	200	180	956,52

4.7 Pembuatan Benda Uji

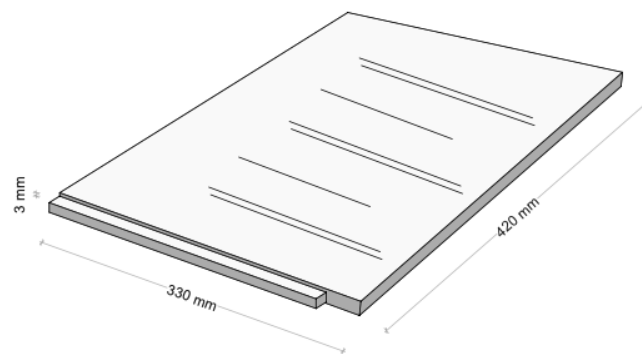
Pada tahap pembuatan benda uji terdapat dua jenis benda uji, yaitu genteng beton normal tanpa bahan tambah apapun serta genteng beton dengan mensubstitusikan *bottom ash* ke dalam semen dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan genteng beton. Benda uji berupa genteng beton dengan tipe *flat* berdimensi 420 mm × 330 mm × 3 mm yang diuji kuat lentur, rembesan air dan penyerapan air maksimum pada umur 28 hari. Prosentase *bottom ash* yang digunakan yaitu sebanyak 20% terhadap berat semen. Sedangkan untuk variasi serat serabut kelapa yang digunakan adalah 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% terhadap berat pasir.

Menurut SNI 0096:2007, jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur terdiri dari 10 sampel benda uji pada tiap variasi yang digunakan, 3 sampel benda uji pada tiap variasi yang digunakan untuk pengujian rembesan air dan 10 sampel benda uji pada tiap variasi yang digunakan untuk pengujian penyerapan air. Jumlah rincian benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Rincian Benda Uji

Kadar <i>bottom ash</i>	Kadar serat serabut kelapa	Jenis pengujian dan jumlah benda uji						Umur benda uji (hari)	Total samp el
		Jenis uji	Jml sampel	Jenis uji	Jml sampel	Jenis uji	Jml sampel		
0%	0%	Kuat Lentu r	10	Remb esan Air	3	Penye rapan Air	10	28	23
20%	2%		10		3		10	28	23
20%	3%		10		3		10	28	23
20%	4%		10		3		10	28	23
20%	5%		10		3		10	28	23
20%	6%		10		3		10	28	23
Total Keseluruhan Benda Uji									138

Adapun genteng beton tipe *flat* dengan dimensi 420 mm × 330 mm × 3 mm dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Genteng Beton

Dalam pembuatan genteng beton, terdapat sedikit perbedaan antara genteng beton normal dan genteng beton dengan campuran. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan genteng beton adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Menimbang bahan yang digunakan sesuai dengan *mix design* rencana.
3. Agregat halus yang digunakan berada dalam kondisi SSD.
4. Memasukkan bahan penyusun seperti semen dan pasir ke dalam *mixer* beton dalam keadaan kering, sambil menambahkan air sedikit demi sedikit sampai homogen ketika mesin sedang bekerja. Untuk genteng beton dengan campuran

bottom ash, menambahkan *bottom ash* sebanyak 20% dari berat semen lalu masukkan air sedikit demi sedikit.

5. Memindahkan campuran dari *mixer* beton ke dalam pengaduk yang ada pada mesin cetakan.
6. Melapisi bagian atas dan bagian bawah mesin press dengan oli sebelum meletakkan campuran ke dalam mesin press agar genteng yang dikeluarkan tidak lengket. Untuk genteng beton dengan campuran serabut kelapa, campuran dituang ke dalam cetakan sebanyak $\frac{1}{2}$ bagian cetakan, lalu variasi serat serabut kelapa disebarkan secara merata ke seluruh permukaan. Variasi campuran serat serabut kelapa yang digunakan sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton adalah 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dari berat pasir. Lalu dilanjutkan dengan mengisi $\frac{1}{2}$ bagian cetakan berikutnya dengan campuran beton.
7. Campuran genteng beton yang berada dalam cetakan dipress sampai air yang ada pada campuran berhenti mengalir, lalu genteng beton dikeluarkan dari cetakan.
8. Genteng beton yang dikeluarkan dari cetakan, dibiarkan di udara terbuka sampai kering selama 12 jam, kemudian genteng beton yang kering dimasukkan ke dalam bak perendam selama 24 jam.
9. Mengeluarkan genteng beton yang sudah direndam selama 24
10. Melakukan perawatan genteng beton selama 28 hari atau sampai waktu pengujian.

4.8 Perawatan Benda Uji

Metode perawatan genteng beton dilakukan dengan meletakkan genteng di ruangan terbuka dengan suhu normal. Genteng beton yang berumur satu hari setelah pencetakan akan direndam di dalam bak yang berisi air selama 12 jam, kemudian genteng beton akan diletakkan di ruangan terbuka sampai waktu pengujian. Alat yang digunakan pada perawatan benda uji berupa bak besar yang berisi air untuk merendam genteng beton.

4.9 Pengujian Benda Uji

Pada tahap ini, pengujian genteng beton yang dilakukan adalah menguji kekuatan lentur genteng beton, ketahanan genteng beton terhadap rembesan air dan penyerapan air genteng beton. Pengujian dilakukan ketika genteng beton berumur 28 hari. Pengkondisian benda uji dilakukan dengan memindahkan benda uji dari CV. Wahyu Marga Jaya ke Lab. BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia untuk dilakukan pengujian. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur genteng beton menggunakan mesin uji lentur yang memiliki ketelitian 1%. Pada pengujian kuat lentur didapatkan data berupa besar beban lentur yang diterima masing-masing variasi benda uji dalam satuan kgf yang kemudian diubah ke dalam satuan N (Newton). Pada pengujian ini, terdapat 60 sampel benda uji yang terdiri dari 6 variasi dengan masing-masing variasi sebanyak 10 buah. Adapun langkah-langkah pengujian kuat lentur pada genteng beton adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan benda uji sebanyak 10 buah tiap variasi.
- b. Menimbang benda uji, lalu dicatat beratnya.
- c. Meletakkan benda uji diatas penyangga pada mesin uji. Lalu, Pisau pembebanan diletakkan di tengah-tengah penyangga dengan jarak tumpu $\frac{2}{3}$ dari panjang genteng.
- d. Meletakkan bantalan karet diantara pisau pembebanan dan genteng beton yang dapat dilihat pada Gambar 3.6 Landasan Teori.
- e. Melakukan pembebanan dengan kecepatan maksimum 108 N/detik hingga benda uji patah.
- f. Mencatat kuat lentur maksimum yang dihasilkan benda uji.

Alat yang digunakan pada pengujian kuat lentur berupa papan penyangga dan pisau pembebanan yang terbuat dari kayu dan memiliki permukaan bulat dengan diameter 10mm – 20 mm, bantalan karet dengan lebar 20 mm dan tebal $10 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, timbangan, serta mesin uji lentur.

2. Pengujian Ketahanan Terhadap Rembesan Air

Pengujian ini didapatkan data berupa ada atau tidak adanya tetesan air yang jatuh pada permukaan cermin. Adapun langkah kerja dari pengujian ketahanan terhadap rembesan air adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan benda uji sebanyak 3 buah pada masing-masing variasi.
- b. Menempelkan seng/plat alumunium di atas permukaan benda uji menggunakan lem *silicon*.
- c. Meletakkan benda uji pada rangka uji (penyangga batu bata).
- d. Meletakkan cermin di bawah benda uji yang sudah diletakkan di atas penyangga.
- e. Mengisi benda uji yang sudah ditempel seng/plat alumunium dengan air setinggi 10 cm.
- f. Pengujian berlangsung selama 20 jam.
- g. Mencatat ada atau tidak adanya tetesan air yang jatuh pada permukaan cermin.

Alat yang digunakan pada uji ketahanan terhadap rembesan air berupa kerangka uji (*frame*) yang terbuat dari bata yang ditumpuk tiga, pasta penambal berupa lem silicon, cermin, dan seng/plat alumunium.

3. Pengujian Penyerapan Air

Pada pengujian penyerapan air didapatkan data berupa berat genteng beton kering oven (gram) dan berat genteng beton basah setelah perendaman (gram).

Alat yang digunakan pada pengujian penyerapan air berupa bak perendam, timbangan dan lap lembab yang tersedia di Lab. BKT Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Adapun langkah kerja dari pengujian penyerapan air adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan benda uji sebanyak 10 buah pada masing-masing variasi.
- b. Mengeringkan genteng beton di dalam oven pada suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- c. Mengeluarkan benda uji yang sudah dikeringkan dari dalam oven.
- d. Menimbang benda uji, lalu dicatat beratnya.
- e. Merendam benda uji kering oven di dalam air selama 24 jam.

- f. Mengeringkan permukaan benda uji menggunakan lap untuk menghilangkan air pada permukaan benda uji.
- g. Mengukur dan mencatat berat benda uji setelah perendaman.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1. Adapun perhitungan detail berat jenis dan penyerapan air agregat halus adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \\ &= \frac{489}{(855+500-1157)} \\ &= 2,46\end{aligned}$$

2. Berat Jenis Jenuh Kering Muka

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis jenuh kering muka} &= \frac{500}{(B+500-Bt)} \\ &= \frac{500}{(855+500-1157)} \\ &= 2,53\end{aligned}$$

3. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \\ &= \frac{489}{(855+489-1157)} \\ &= 2,61\end{aligned}$$

4. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan air} &= \frac{(500-Bk)}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{(500-489)}{489} \times 100\% \\ &= 2,25\%\end{aligned}$$

Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	489,00	gram
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	gram
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1157,00	gram
Berat piknometer berisi air, gram (B)	855,00	gram
Berat Jenis Curah, Bk / (B+500-Bt)	2,46	gram
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD), 500 / (B+500-Bt)	2,53	gram
Berat Jenis semu, Bk / (B+Bk-Bt)	2,61	gram
Penyerapan Air (500-Bk)/Bk x 100%	2,25	%

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus diperoleh berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,53 gram dan penyerapan air sebesar 2,25%. Oleh karena itu, hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus tersebut telah sesuai dengan SNI 1970-1990, dimana nilai penyerapan air agregat halus berkisar antara 2% - 3%.

5.2 Analisis Saringan Agregat Halus

Dari pengujian analisa saringan agregat halus, diperoleh data berat tertinggal yang dapat dilihat pada Tabel 5.2. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Persentase Berat Tertinggal

$$\text{Persentase berat tertinggal} = \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\Sigma \text{Berat Tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= \frac{9}{2000} \times 100\% \\ &= 0,45 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= \frac{104}{2000} \times 100\% \\ &= 5,2 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= \frac{197}{2000} \times 100\% \\ &= 9,85 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= \frac{537}{2000} \times 100\% \\ &= 26,85 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= \frac{847}{2000} \times 100\% \\
 &= 42,35 \% \\
 \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= \frac{221}{2000} \times 100\% \\
 &= 11,05 \% \\
 \text{Pan} &= \frac{85}{2000} \times 100\% \\
 &= 4,25 \%
 \end{aligned}$$

2. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= 0,45 \% \\
 \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 0,45\% + 5,25\% \\
 &= 5,65\% \\
 \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 5,65\% + 9,85\% \\
 &= 15,5\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= 15,5\% + 26,85\% \\
 &= 42,35\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= 42,35\% + 42,35\% \\
 &= 84,7\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 84,7\% + 11,05\% \\
 &= 95,75\% \\
 \text{Pan} &= 95,75\% + 4,25\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

3. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= 100\% - 0,45 \% \\
 &= 99,55\% \\
 \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 100\% - 5,65\% \\
 &= 94,35\% \\
 \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 100\% - 15,5\% \\
 &= 84,5\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= 100\% - 42,35\% \\
 &= 57,65\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= 100\% - 84,7\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 15,3\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 100\% - 95,75\% \\
 &= 4,25\% \\
 \text{Pan} &= 100\% - 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Analisis Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	9	0,4500	0,4500	99,5500
2,40	104	5,2000	5,6500	94,3500
1,20	197	9,8500	15,5000	84,5000
0,60	537	26,8500	42,3500	57,6500
0,30	847	42,3500	84,7000	15,3000
0,15	221	11,0500	95,7500	4,2500
Sisa	85	4,2500	100	0
Jumlah	2000			

Dari hasil pengujian analisa saringan didapatkan nilai modulus halus butir yang dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

4. Modulus Halus Butir (MHB)

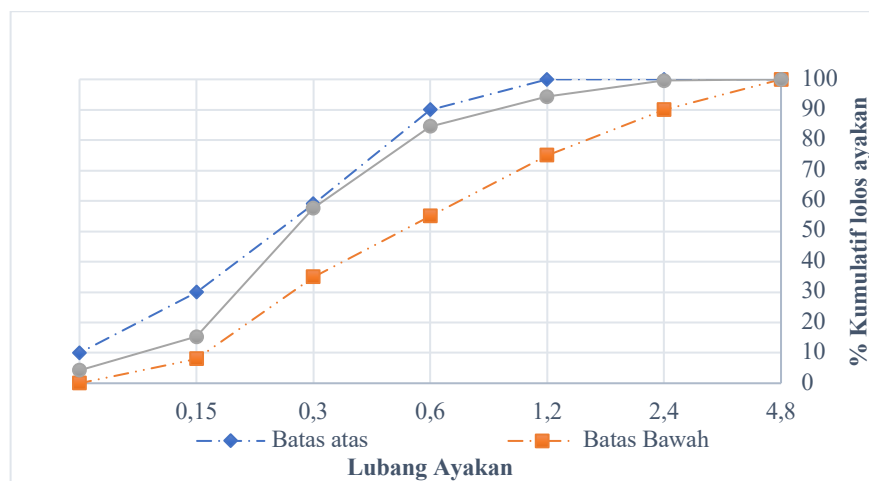
$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \text{Presentase berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{244,4}{100} \\
 &= 2,44
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, nilai modulus halus butir agregat halus adalah 1,5 – 3,8. Nilai modulus halus butir agregat halus pada pengujian ini adalah sebesar 2,44. Sehingga nilai modulus halus butir agregat halus pada pengujian ini telah memenuhi persyaratan. Hasil analisa saringan agregat halus ini juga digunakan untuk menentukan gradasi agregat yang didasarkan oleh tabel gradasi pada SNI 2834-2000 dan akan dibuat kurva gradasi agregat halus. Adapun tabel gradasi agregat halus dan kurva gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.1 berikut ini.

Tabel 5. 3 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SNI 2834-2000

**Gambar 5.1 Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus**

Berdasarkan kurva gradasi agregat halus, maka agregat halus yang digunakan termasuk dalam daerah II (pasir agak kasar).

5.3 Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus

Pada pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus digunakan tabung dengan diameter 14,95 cm dan tinggi 30,23 cm. Adapun data pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5. Adapun perhitungan berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus adalah sebagai berikut.

1. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 19765 - 12384 \\
 &= 7381 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 14,96^2 \times 30,23 \\
 &= 5305,94 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7381}{5305,94} \\
 &= 1,39 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

2. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 20495 - 12384 \\
 &= 8545 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 14,96^2 \times 30,23 \\
 &= 5305,94 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{8545}{5305,94} \\
 &= 1,61 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Tabung (W1)	12384	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19765	gram
Berat Agregat (W3)	7381	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,23	cm
Volume Tabung (V)	5305,94	cm ³
Berat Volume Gembur	1,39	gram/cm ³

Tabel 5.5 Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Tabung (W1)	12384	gram
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	20495	gram
Berat Agregat (W3)	8545	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,23	cm
Volume Tabung (V)	5305,94	cm ³
Berat Volume Padat	1,61	gram/cm ³

Dari hasil pengujian, didapatkan berat volume gembur agregat halus adalah sebesar 1,39 gram/cm³ dan berat volume padat agregat halus adalah sebesar 1,61 gram/cm³. Berdasarkan SNI 4804-1998 diketahui bahwa berat volume gembur agregat halus berkisar antara 1,3 – 1,4 gram/cm³ dan berat volume padat agregat halus berkisar antara 1,6 – 1,7 gram/cm³. Dengan demikian, pengujian berat volume gembur dan berat volume padat yang dilakukan telah memenuhi persyaratan SNI 4804-1998.

5.4 Uji Kadar Lumpur dalam Pasir

Pengujian kandungan lumpur dalam pasir menggunakan saringan No 200. Data pengujian kandungan lumpur dalam pasir yang lolos saringan No.200 dapat dilihat pada Tabel 5.6. Adapun perhitungan kadar lumpur dalam pasir adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lumpur dalam pasir} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 489}{500} \times 100\% \\
 &= 2,2 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Kadar Lumpur Dalam Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Agregat Kering Oven (W1)	500	gram
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2)	489,0	gram
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	2,2	%

Dari hasil pengujian didapatkan kadar lumpur dalam pasir yang lolos saringan No.200 adalah sebesar 2,2%. Dalam SNI 4142-1996 diketahui bahwa syarat lolos uji kadar lumpur dalam pasir apabila kadar lumpur dalam pasir adalah $< 5\%$. Dengan demikian, berdasarkan pengujian yang dilakukan, uji kadar lumpur dalam pasir memenuhi persyaratan, yaitu $2,2\% < 5\%$.

5.5 Kuat Lentur Genteng Beton

Pengujian kuat lentur dilakukan setelah umur genteng beton mencapai 28 hari. Perhitungan detail karakteristik beban lentur genteng beton menggunakan rumus yang telah tercantum pada BAB III Landasan Teori persamaan no 3.1. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Variasi campuran : 0% *bottom ash* dan 0% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 0% *bottom ash* dan 0% serat dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 7 Kuat Lentur Variasi Campuran 0% *Bottom Ash* dan 0% Serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Fi)	Satuan
1	77,5	Kgf
2	85	Kgf
3	85	Kgf
4	82,5	Kgf
5	95	Kgf
6	87,5	Kgf
7	90	Kgf
8	115	Kgf
9	117,5	Kgf
10	97,5	Kgf
Rata-rata (F)	93,25	Kgf

Adapun untuk perhitungan karakteristik beban lentur pada variasi campuran 0% *bottom ash* dan 0% serat adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{77,5+85+85+82,5+95+87,5+90+115+117,5+97,5}{10}$$

$$= 93,25 \text{ Kgf}$$

$$n = 10$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum (77,5-93,25)^2 + (85-93,25)^2 + (85-93,25)^2 + (82,5-93,25)^2 + (95-93,25)^2 + (87,5-93,25)^2 + (90-93,25)^2 + (115-93,25)^2 + (117,5-93,25)^2 + (97,5-93,25)^2}{10-1}}$$

$$= 3,467$$

$$F_c = 93,25 - 1,64 \times 3,467$$

$$= 87,565 \text{ Kgf}$$

Dikonversikan kedalam satuan Newton menjadi :

$$F_c = 87,565 \text{ Kgf} \times 9,8067$$

$$= 858,720417 \text{ N}$$

2. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 2% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran

20% *bottom ash* dan 2% serat dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 2%

Serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Fi)	Satuan
1	115	Kgf
2	87,5	Kgf
3	130	Kgf
4	97,5	Kgf
5	95	Kgf
6	70	Kgf
7	87,5	Kgf
8	105	Kgf
9	92,5	Kgf
10	100	Kgf
Rata-rata (F)	98	Kgf

Adapun untuk perhitungan karakteristik beban lentur pada variasi campuran

20% *bottom ash* dan 2% serat adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{115+87,5+130+97,5+95+70+87,5+105+92,5+100}{10}$$

$$= 98 \text{ Kgf}$$

$$n = 10$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum (115-98)^2 + (87,5-98)^2 + (130-98)^2 + (97,5-98)^2 + (95-98)^2 + (70-98)^2 + (87,5-98)^2 + (105-98)^2 + (92,5-98)^2 + (100-98)^2}{10-1}}$$

$$= 3,867$$

$$F_c = 98 - 1,64 \times 3,867$$

$$= 91,658 \text{ Kgf}$$

Dikonversikan kedalam satuan Newton menjadi :

$$F_c = 91,658 \text{ Kgf} \times 9,8067$$

$$= 898,869046 \text{ N}$$

3. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 3% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 3%

Serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Fi)	Satuan
1	122,5	Kgf
2	123	Kgf
3	124,5	Kgf
4	125	Kgf
5	122,5	Kgf
6	124	Kgf
7	125,5	Kgf
8	126	Kgf
9	121,5	Kgf
10	123,5	Kgf
Rata-rata (F)	123,8	Kgf

Adapun untuk perhitungan karakteristik beban lentur pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{122,5+123+124,5+125+122,5+124+125,5+126+121,5+123,5}{10}$$

$$= 123,8 \text{ Kgf}$$

$$n = 10$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Fi - F)^2}{n-1}}$$

=

$$\sqrt{\frac{\sum (122,5-123,8)^2 + (123-123,8)^2 + (124,5-123,8)^2 + (125-123,8)^2 + (122,5-123,8)^2 + (124-123,8)^2 + (125,5-123,8)^2 + (126-123,8)^2 + (121,5-123,8)^2 + (123,5-123,8)^2}{10-1}}$$

$$= 0,4$$

$$Fc = 123,8 - 1,64 \times 0,4$$

$$= 123,144 \text{ Kgf}$$

Dikonversikan kedalam satuan Newton menjadi :

$$Fc = 123,144 \text{ Kgf} \times 9,8067$$

$$= 1207,63626 \text{ N}$$

4. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 4% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 4% serat dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 4% Serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Fi)	Satuan
1	105	Kgf
2	92,5	Kgf
3	92,5	Kgf
4	140	Kgf
5	112,5	Kgf
6	100	Kgf
7	97,5	Kgf
8	100	Kgf
9	77,5	Kgf
10	85	Kgf
Rata-rata (F)	105	Kgf

Adapun untuk perhitungan karakteristik beban lentur pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 4% serat adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{105+92,5+92,5+140+112,5+100+97,5+100+77,5+85}{10}$$

$$= 105 \text{ Kgf}$$

$$n = 10$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n-1}}$$

$$=$$

$$\sqrt{\frac{\sum (105-105)^2 + (92,5-105)^2 + (92,5-105)^2 + (140-105)^2 + (112,5-105)^2 + (100-105)^2 + (97,5-105)^2 + (100-105)^2 + (77,5-105)^2 + (85-105)^2}{10-1}}$$

$$= 3,783$$

$$F_c = 105 - 1,64 \times 3,783$$

$$= 94,0453 \text{ Kgf}$$

Dikonversikan kedalam satuan Newton menjadi :

$$F_c = 94,0453 \text{ Kgf} \times 9,8067$$

$$= 922,27437 \text{ N}$$

5. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 5% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 5% serat dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 5%

Serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Fi)	Satuan
1	95	Kgf
2	90	Kgf
3	117,5	Kgf
4	85	Kgf
5	72,5	Kgf
6	85	Kgf
7	102,5	Kgf
8	97,5	Kgf
9	87,5	Kgf
10	85	Kgf
Rata-rata (F)	91,75	Kgf

Adapun untuk perhitungan karakteristik beban lentur pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 5% serat adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{95+90+117,5+85+72,5+85+102,5+97,5+87,5+85}{10}$$

$$= 91,75 \text{ Kgf}$$

$$n = 10$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Fi-F)^2}{n-1}}$$

$$=$$

$$\sqrt{\frac{\sum(105-91,75)^2+(92,5-91,75)^2+(92,5-91,75)^2+(140-91,75)^2+(112,5-91,75)^2+(100-91,75)^2+(97,5-91,75)^2+(100-91,75)^2+(77,5-91,75)^2+(85-91,75)^2}{10-1}}$$

$$= 3,033$$

$$Fc = 91,75 - 1,64 \times 3,033$$

$$= 86,7753 \text{ Kgf}$$

Dikonversikan kedalam satuan Newton menjadi :

$$Fc = 86,7753 \text{ Kgf} \times 9,8067$$

$$= 850,979661 \text{ N}$$

6. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 6% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 6% serat dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Kuat Lentur Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 6%

Serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Fi)	Satuan
1	87,5	Kgf
2	85	Kgf
3	90	Kgf
4	82,5	Kgf
5	107,5	Kgf
6	90	Kgf
7	87,5	Kgf
8	92,5	Kgf
9	80	Kgf
10	82,5	Kgf
Rata-rata (F)	80	Kgf

Adapun untuk perhitungan karakteristik beban lentur pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 6% serat adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{87,5+85+90+82,5+107,5+90+87,5+92,5+80+82,5}{10}$$

$$= 80 \text{ Kgf}$$

$$n = 10$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Fi-F)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum (87,5-80)^2+(85-80)^2+(90-80)^2+(82,5-80)^2+(107,5-80)^2+(90-80)^2+(87,5-80)^2+(92,5-80)^2+(80-80)^2+(82,5-80)^2}{10-1}}$$

$$= 1,733$$

$$Fc = 80 - 1,64 \times 1,733$$

$$= 85,6573 \text{ Kgf}$$

Dikonversikan kedalam satuan Newton menjadi :

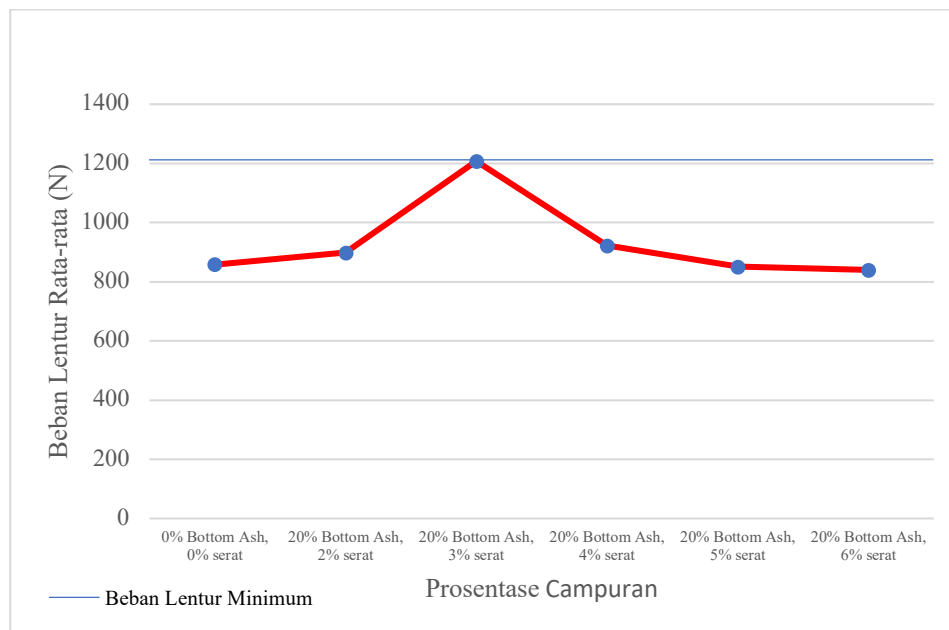
$$Fc = 85,6573 \text{ Kgf} \times 9,8067$$

$$= 840,015771 \text{ N}$$

Rekapitulasi karakteristik beban lentur tiap benda uji pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Lampiran 4. Adapun hasil perhitungan rata-rata karakteristik beban lentur dan grafik rata-rata karakteristik beban lentur dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 13 Rata-Rata Karakteristik Beban Lentur

No	Prosentase Campuran	Rata-rata Karakteristik Beban Lentur (N)
1	0% Bottom ash, 0% serat	858,720
2	20% Bottom ash, 2% serat	898,869
3	20% Bottom ash, 3% serat	1207,636
4	20% Bottom ash, 4% serat	922,274
5	20% Bottom ash, 5% serat	850,979
6	20% Bottom ash, 6% serat	840,016



Gambar 5.2 Karakteristik Beban Lentur

Berdasarkan Tabel 5.13 dan Gambar 5.2 diketahui bahwa nilai rata-rata karakteristik beban lentur yang memenuhi SNI 0096:2007 terjadi pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat sebesar 1207,636N. Sedangkan nilai rata-rata karakteristik beban lentur terkecil terjadi pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 6 % serat sebesar 840,016N. Penambahan serat serabut kelapa pada genteng beton menyebabkan terbentuknya ikatan atau jaringan pada permukaan beton dan apabila genteng beton mengering maka jaringan-jaringan tersebut akan terikat rapat dan kuat, sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi kuat lentur yang dihasilkan oleh genteng beton tersebut.

Serat serabut kelapa memiliki sifat efek penggandaan dimana serat serabut kelapa dapat meningkatkan daya tahan lentur beton dengan cara menggandakan efek matriks. Efek matriks pada beton dapat menciptakan pengikatan antara beton dan serat kelapa itu sendiri, namun jika penambahan serat serabut kelapa terlalu banyak maka semakin banyak pula pori-pori yang dihasilkan, sehingga dapat mengurangi volume pada beton yang menyebabkan genteng beton menjadi kurang padat dan kuat lenturnya menjadi turun. Pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat lentur genteng beton pada variasi serat 2% dan 3%, namun terjadi penurunan kuat lentur pada variasi serat 4%, 5% dan 6%. Penurunan kuat

lentur yang terjadi pada variasi serat 4%, 5% dan 6% akibat komposisi serat yang semakin banyak sehingga pori-pori yang dihasilkan genteng semakin banyak pula. Hal tersebut dapat mengurangi volume pada beton sehingga genteng beton menjadi kurang padat dan kuat lenturnya menurun. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan nilai karakteristik beban lentur optimum pada genteng beton adalah variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat.

5.6 Penyerapan Air Genteng Beton

Pengujian penyerapan air dilakukan ketika kondisi benda uji telah dikeringkan di dalam oven pada suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap dan kemudian benda uji direndam dalam air selama 24 jam. Penelitian ini menggunakan cetakan genteng beton yang berdimensi $420 \text{ mm} \times 330 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ yang terdiri dari 10 buah benda uji pada setiap variasinya. Untuk perhitungan penyerapan air genteng beton menggunakan rumus yang telah tercantum pada BAB III Landasan Teori persamaan no 3.2. Adapun perhitungan detail penyerapan air genteng beton adalah sebagai berikut.

1. Variasi campuran : 0% *bottom ash* dan 0% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 0% *bottom ash* dan 0% serat dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5. 14 Berat Genteng Beton Variasi 0% *Bottom Ash*, 0% Serat

Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)
1	4489 gr	4094 gr
2	4634 gr	4275 gr
3	4551 gr	4235 gr
4	4445 gr	4121 gr
5	4735 gr	4363 gr
6	4483 gr	4175 gr
7	4513 gr	4079 gr
8	4325 gr	4211 gr
9	4327 gr	4006 gr
10	4411 gr	4128 gr
Rata-rata		4168,7 gr
		4,1687 kg

Adapun untuk perhitungan penyerapan air pada proporsi campuran 0% *bottom ash* dan 0% serat adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

a. Benda uji 1

$$W = 4489 \text{ gr}$$

$$K = 4094 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4489-4094}{4094} \times 100 \% \\ &= 9,648 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

b. Benda uji 2

$$W = 4634 \text{ gr}$$

$$K = 4275 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4634-4275}{4275} \times 100 \% \\ &= 8,397 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Benda uji 3

$$W = 4551 \text{ gr}$$

$$K = 4235 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4551-4235}{4235} \times 100 \% \\ &= 7,462 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

d. Benda uji 4

$$W = 4445 \text{ gr}$$

$$K = 4121 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4445-4121}{4121} \times 100 \% \\ &= 7,862 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Benda uji 5

$$W = 4735 \text{ gr}$$

$$K = 4363 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4735-4363}{4363} \times 100 \% \\ &= 8,526 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

f. Benda uji 6

$$W = 4483 \text{ gr}$$

$$K = 4175 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4483-4175}{4175} \times 100 \% \\ &= 7,377 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

g. Benda uji 7

$$W = 4413 \text{ gr}$$

$$K = 4079 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4413-4079}{4079} \times 100 \% \\ &= 8,188 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

h. Benda uji 8

$$W = 4325 \text{ gr}$$

$$K = 4211 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4325-4211}{4211} \times 100 \% \\ &= 2,707 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

i. Benda uji 9

$$W = 4327 \text{ gr}$$

$$K = 4006 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4327-4006}{4006} \times 100 \%$$

$$= 8,013 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

j. Benda uji 10

$$W = 4411 \text{ gr}$$

$$K = 4128 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4411-4128}{4128} \times 100 \%$$

$$= 6,885 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan penyerapan air genteng beton dengan variasi campuran 0% *bottom ash* dan 0% serat telah memenuhi SNI 0096:2007, yaitu < 10% dengan rata-rata penyerapan air sebesar 7,503729172 %.

2. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 2% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 2% serat dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5.15 Berat Genteng Beton Variasi 20% *Bottom Ash*, 2% Serat

Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)
1	4508 gr	4108 gr
2	4424 gr	4099 gr
3	4330 gr	4179 gr
4	4393 gr	4085 gr
5	4214 gr	3989 gr
6	4094 gr	3987 gr
7	4217 gr	4001 gr
8	4357 gr	4108 gr
9	4311 gr	3976 gr
10	4457 gr	4059 gr
Rata-rata		4059,1 gr
		4,0591 kg

Adapun untuk perhitungan penyerapan air pada variasi campuran 0% *bottom ash* dan 0% serat adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

a. Benda uji 1

$$W = 4508 \text{ gr}$$

$$K = 4108 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4508-4108}{4108} \times 100 \% \\ &= 9,737 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

b. Benda uji 2

$$W = 4424 \text{ gr}$$

$$K = 4099 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4424-4099}{4099} \times 100 \% \\ &= 7,928 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Benda uji 3

$$W = 4330 \text{ gr}$$

$$K = 4179 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4330-4179}{4179} \times 100 \% \\ &= 3,613 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

d. Benda uji 4

$$W = 4393 \text{ gr}$$

$$K = 4085 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4393-4085}{4085} \times 100 \% \\ &= 7,539 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Benda uji 5

$$W = 4214 \text{ gr}$$

$$K = 3989 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4214-3989}{3989} \times 100 \%$$

$$= 5,640 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

f. Benda uji 6

$$W = 4094 \text{ gr}$$

$$K = 3987 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4094-3987}{3987} \times 100 \%$$

$$= 2,683 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

g. Benda uji 7

$$W = 4217 \text{ gr}$$

$$K = 4001 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4217-4001}{4001} \times 100 \%$$

$$= 5,398\% < 10 \% \text{ (OK)}$$

h. Benda uji 8

$$W = 4357 \text{ gr}$$

$$K = 4108 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4357-4108}{4108} \times 100 \%$$

$$= 6,061 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

i. Benda uji 9

$$W = 4311 \text{ gr}$$

$$K = 3976 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4311-3976}{3976} \times 100 \%$$

$$= 8,425 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

j. Benda uji 10

$$W = 4457 \text{ gr}$$

$$K = 4059 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4457-4059}{4059} \times 100 \% \\ &= 9,805 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan penyerapan air genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 2% serat telah memenuhi SNI 0096:2007, yaitu $< 10\%$ dengan rata-rata penyerapan air sebesar 6,683409742%.

3. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 3% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.16 Berat Genteng Beton Variasi 20% *Bottom Ash*, 3% Serat

Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)
1	4226 gr	3971 gr
2	4133 gr	3923 gr
3	4231 gr	3896 gr
4	4257 gr	3904 gr
5	4213 gr	4053 gr
6	4319 gr	3911 gr
7	4105 gr	3885 gr
8	4223 gr	4092 gr
9	4097 gr	3977 gr
10	4156 gr	4044 gr
Rata-rata		3965,6 gr
		3,9656 kg

Adapun untuk perhitungan penyerapan air pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

a. Benda uji 1

$$W = 4226 \text{ gr}$$

$$K = 3971 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4226-3971}{3971} \times 100 \% \\
 &= 6,422 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Benda uji 2

$$W = 4133 \text{ gr}$$

$$K = 3923 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4133-3923}{3923} \times 100 \% \\
 &= 5,353 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Benda uji 3

$$W = 4231 \text{ gr}$$

$$K = 3896 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4231-3896}{3896} \times 100 \% \\
 &= 8,598 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Benda uji 4

$$W = 4257 \text{ gr}$$

$$K = 3904 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4257-3904}{4904} \times 100 \% \\
 &= 9,04\% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

e. Benda uji 5

$$W = 4213 \text{ gr}$$

$$K = 4053 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4213-4053}{4053} \times 100 \% \\
 &= 3,947 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Benda uji 6

$$W = 4219 \text{ gr}$$

$$K = 3911 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4219-3911}{3911} \times 100 \% \\ &= 9,716 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

g. Benda uji 7

$$W = 4105 \text{ gr}$$

$$K = 3885 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4105-3885}{3885} \times 100 \% \\ &= 5,663 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

h. Benda uji 8

$$W = 4223 \text{ gr}$$

$$K = 4092 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4223-4092}{4092} \times 100 \% \\ &= 3,201 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

i. Benda uji 9

$$W = 4097 \text{ gr}$$

$$K = 3977 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4097-3977}{3977} \times 100 \% \\ &= 3,017 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

j. Benda uji 10

$$W = 4156 \text{ gr}$$

$$K = 4044 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4156-4044}{4044} \times 100 \%$$

$$= 5,773 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan penyerapan air genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 3% serat telah memenuhi SNI 0096:2007, yaitu $< 10\%$ dengan rata-rata penyerapan air sebesar 5,773011049%.

4. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 4% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 4% serat dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5. 17 Berat Genteng Beton Variasi 20% *Bottom Ash*, 4% Serat

Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)
1	3956 gr	3661 gr
2	4007 gr	3795 gr
3	4287 gr	3877 gr
4	4491 gr	4121 gr
5	4178 gr	4090 gr
6	3951 gr	3681 gr
7	4117 gr	3887 gr
8	4103 gr	3940 gr
9	4151 gr	4067 gr
10	3879 gr	3773 gr
Rata-rata		3889,2 gr
		3,8892 kg

Adapun untuk perhitungan penyerapan air pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 4% serat adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

a. Benda uji 1

$$W = 3956 \text{ gr}$$

$$K = 3661 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{3956-3661}{3661} \times 100 \%$$

$$= 8,058 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

b. Benda uji 2

$$W = 4007 \text{ gr}$$

$$K = 3795 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4007-3795}{3795} \times 100 \% \end{aligned}$$

$$= 5,586 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

c. Benda uji 3

$$W = 4187 \text{ gr}$$

$$K = 3877 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4187-3877}{3877} \times 100 \% \end{aligned}$$

$$= 7,995 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

d. Benda uji 4

$$W = 4491 \text{ gr}$$

$$K = 4121 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4491-4121}{4121} \times 100 \% \end{aligned}$$

$$= 8,978\% < 10 \% \text{ (OK)}$$

e. Benda uji 5

$$W = 4178 \text{ gr}$$

$$K = 4090 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4178-4090}{4090} \times 100 \% \end{aligned}$$

$$= 2,151 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

f. Benda uji 6

$$W = 3951 \text{ gr}$$

$$K = 3681 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{3951-3681}{3681} \times 100 \% \\
 &= 7,335 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

g. Benda uji 7

$$W = 4117 \text{ gr}$$

$$K = 3887 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4117-3887}{3887} \times 100 \% \\
 &= 5,917 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

h. Benda uji 8

$$W = 4103 \text{ gr}$$

$$K = 3940 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4103-3940}{3940} \times 100 \% \\
 &= 4,137 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

i. Benda uji 9

$$W = 4151 \text{ gr}$$

$$K = 4067 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4151-4067}{4067} \times 100 \% \\
 &= 2,065 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

j. Benda uji 10

$$W = 3879 \text{ gr}$$

$$K = 3773 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{3879-3773}{3773} \times 100 \% \\
 &= 2,809 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan penyerapan air genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 4% serat telah memenuhi SNI 0096:2007, yaitu $< 10\%$ dengan rata-rata penyerapan air sebesar 5,503408994%.

5. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 5% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 5% serat dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5. 18 Berat Genteng Beton Variasi 20% *Bottom Ash*, 5% Serat

Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)
1	4005 gr	3713 gr
2	3998 gr	3667 gr
3	4115 gr	3801 gr
4	3987 gr	3610 gr
5	4006 gr	3690 gr
6	3920 gr	3781 gr
7	3897 gr	3745 gr
8	3756 gr	3581 gr
9	3895 gr	3779 gr
10	3681 gr	3589 gr
Rata-rata		3695,6 gr
		3,6956 kg

Adapun untuk perhitungan penyerapan air pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 5% serat adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

a. Benda uji 1

$$W = 4005 \text{ gr}$$

$$K = 3713 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4005-3713}{3713} \times 100 \% \\ &= 7,864 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

b. Benda uji 2

$$W = 3998 \text{ gr}$$

$$K = 3667 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{3998-3667}{3667} \times 100 \% \\ &= 9,026 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Benda uji 3

$$W = 4115 \text{ gr}$$

$$K = 3801 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4115-3801}{3801} \times 100 \% \\ &= 8,261 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

d. Benda uji 4

$$W = 3887 \text{ gr}$$

$$K = 3610 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{3887-3610}{3610} \times 100 \% \\ &= 7,673\% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Benda uji 5

$$W = 4006 \text{ gr}$$

$$K = 3690 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4006-3690}{3690} \times 100 \% \\ &= 8,563 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

f. Benda uji 6

$$W = 3920 \text{ gr}$$

$$K = 3781 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{3920-3781}{3781} \times 100 \%$$

$$= 3,676 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

g. Benda uji 7

$$W = 3897 \text{ gr}$$

$$K = 3745 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4897-3745}{3745} \times 100 \%$$

$$= 4,058 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

h. Benda uji 8

$$W = 3756 \text{ gr}$$

$$K = 3581 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{3756-3581}{3581} \times 100 \%$$

$$= 4,886 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

i. Benda uji 9

$$W = 3895 \text{ gr}$$

$$K = 3779 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{4895-3779}{3779} \times 100 \%$$

$$= 3,069 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

j. Benda uji 10

$$W = 3681 \text{ gr}$$

$$K = 3589 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

$$= \frac{3681-3589}{3589} \times 100 \%$$

$$= 2,563 \% < 10 \% \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan penyerapan air genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 5% serat telah memenuhi SNI

0096:2007, yaitu $< 10\%$ dengan rata-rata penyerapan air adalah sebesar 5,96434201 %.

6. Variasi campuran : 20% *bottom ash* dan 6% serat

Diketahui perolehan nilai kuat lentur genteng beton dengan proporsi campuran 20% *bottom ash* dan 6% serat dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5. 19 Berat Genteng Beton Variasi 20% *Bottom Ash*, 6% Serat

Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)
1	4005 gr	3713 gr
2	3998 gr	3667 gr
3	4115 gr	3801 gr
4	3987 gr	3610 gr
5	4006 gr	3690 gr
6	3920 gr	3781 gr
7	3897 gr	3745 gr
8	3756 gr	3581 gr
9	3895 gr	3779 gr
10	3681 gr	3589 gr
Rata-rata		3639,4 gr
		3,6394 kg

Adapun untuk perhitungan penyerapan air pada variasi campuran 20% *bottom ash* dan 6% serat adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan Air Genteng} = \frac{W-K}{K} \times 100 \%$$

a. Benda uji 1

$$W = 3921 \text{ gr}$$

$$K = 3615 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{3921-3615}{3615} \times 100 \% \\ &= 8,465 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

b. Benda uji 2

$$W = 3768 \text{ gr}$$

$$K = 3505 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{3768-3505}{3505} \times 100 \% \\
 &= 7,503 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Benda uji 3

$$W = 3985 \text{ gr}$$

$$K = 3777 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{3985-3777}{3777} \times 100 \% \\
 &= 5,507 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Benda uji 4

$$W = 3773 \text{ gr}$$

$$K = 3524 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{3773-3524}{3524} \times 100 \% \\
 &= 7,066 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

e. Benda uji 5

$$W = 3980 \text{ gr}$$

$$K = 3687 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{3980-3687}{3687} \times 100 \% \\
 &= 7,94 \% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Benda uji 6

$$W = 4031 \text{ gr}$$

$$K = 3689 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\
 &= \frac{4031-3689}{3689} \times 100 \% \\
 &= 9,271\% < 10 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

g. Benda uji 7

$$W = 4015 \text{ gr}$$

$$K = 3716 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{4015-3716}{3716} \times 100 \% \\ &= 8,046 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

h. Benda uji 8

$$W = 3891 \text{ gr}$$

$$K = 3680 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{3891-3680}{3680} \times 100 \% \\ &= 5,734 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

i. Benda uji 9

$$W = 3765 \text{ gr}$$

$$K = 3578 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{3765-3578}{3578} \times 100 \% \\ &= 5,226 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

j. Benda uji 10

$$W = 3871 \text{ gr}$$

$$K = 3623 \text{ gr}$$

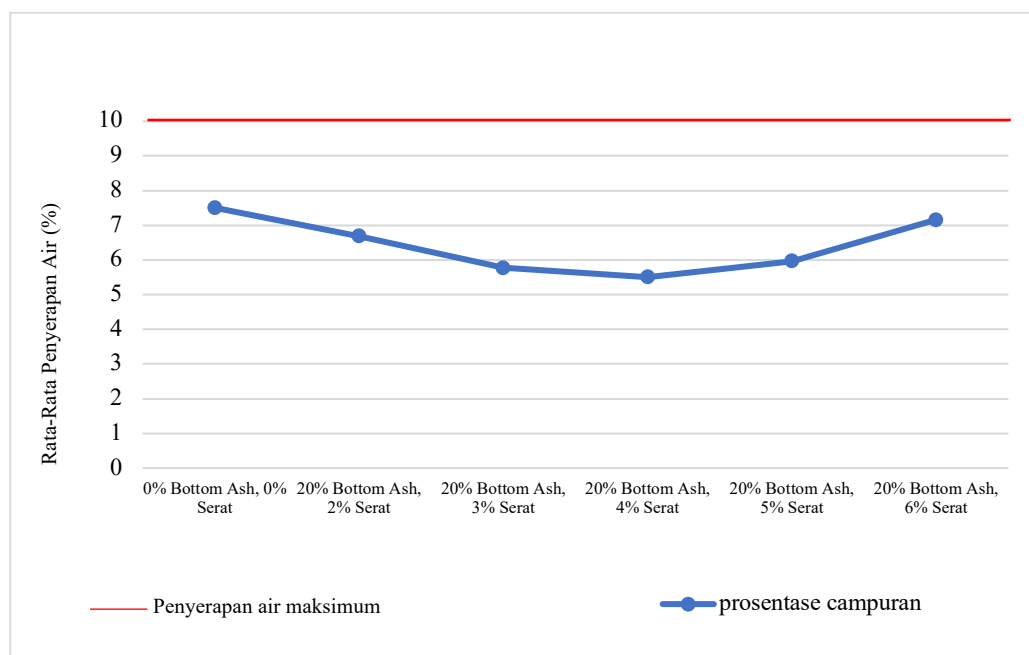
$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air Genteng} &= \frac{W-K}{K} \times 100 \% \\ &= \frac{3871-3623}{3623} \times 100 \% \\ &= 6,845 \% < 10 \% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan penyerapan air genteng beton dengan variasi campuran 20% *bottom ash* dan 6% serat telah memenuhi SNI 0096:2007, yaitu $< 10\%$ dengan rata-rata penyerapan air sebesar 7,1610314 %.

Rekapitulasi penyerapan air genteng beton dapat di lihat pada Lampiran 5. Adapun rata-rata penyerapan air genteng beton dan grafik rata-rata penyerapan air genteng beton dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.3 berikut ini.

Tabel 5.20 Rata-Rata Penyerapan Air Genteng Beton

No	Variasi Campuran	Rata-rata Penyerapan Air (%)
1	0% <i>Bottom ash</i> , 0% serat	7,504
2	20% <i>Bottom ash</i> , 2% serat	6,683
3	20% <i>Bottom ash</i> , 3% serat	5,773
4	20% <i>Bottom ash</i> , 4% serat	5,503
5	20% <i>Bottom ash</i> , 5% serat	5,964
6	20% <i>Bottom ash</i> , 6% serat	7,161



Gambar 5.3 Rata-Rata Penyerapan Air

Berdasarkan Tabel 5.20 dan Gambar 5.3, didapatkan rata-rata penyerapan air pada variasi campuran serat 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% secara berturut-turut adalah 7,504%; 6,683%; 5,773%; 5,503%; 5,964% dan 7,161%. Dari hasil pengujian tersebut dapat dibuktikan bahwa semakin banyak serat yang digunakan

maka semakin padat genteng yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan serat merupakan material ringan yang memiliki banyak pori, sehingga besar kecilnya penyerapan air yang dihasilkan pada genteng beton dipengaruhi oleh pori atau rongga yang terdapat pada genteng beton tersebut. Meskipun demikian, penambahan dari keenam variasi serat tersebut masih memenuhi persyaratan SNI 0096:2007, yaitu penyerapan air maksimum tidak melebihi 10%.

5.7 Ketahanan Genteng Beton Terhadap Rembesan Air

Pada pengujian ketahanan terhadap rembesan air diketahui bahwa seluruh benda uji telah memenuhi SNI 0096:2007, dimana pada tiap proporsi campuran tidak terdapat tetesan air yang jatuh pada permukaan cermin. Adapun hasil uji rembesan air pada genteng beton dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Ketahanan Genteng Beton Terhadap Rembesan Air

0% <i>Bottom ash</i>, 0% serat		20% <i>Bottom ash</i>, 4% serat	
Benda Uji	Rembesan Air	Benda Uji	Rembesan Air
1	Tidak Terjadi Rembesan	1	Tidak Terjadi Rembesan
2	Tidak Terjadi Rembesan	2	Tidak Terjadi Rembesan
3	Tidak Terjadi Rembesan	3	Tidak Terjadi Rembesan
20% <i>Bottom ash</i>, 2% serat		20% <i>Bottom ash</i>, 5% serat	
Benda Uji	Rembesan Air	Benda Uji	Rembesan Air
1	Tidak Terjadi Rembesan	1	Tidak Terjadi Rembesan
2	Tidak Terjadi Rembesan	2	Tidak Terjadi Rembesan
3	Tidak Terjadi Rembesan	3	Tidak Terjadi Rembesan
20% <i>Bottom ash</i>, 3% serat		20% <i>Bottom ash</i>, 6% serat	
Benda Uji	Rembesan Air	Benda Uji	Rembesan Air
1	Tidak Terjadi Rembesan	1	Tidak Terjadi Rembesan
2	Tidak Terjadi Rembesan	2	Tidak Terjadi Rembesan
3	Tidak Terjadi Rembesan	3	Tidak Terjadi Rembesan

Berdasarkan Tabel 5.21 di atas dapat dilihat bahwa tidak terjadi rembesan pada masing-masing variasi campuran yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan sifat serat serabut kelapa yang mudah menyerap air menyebabkan partikel-partikel air yang masuk kedalam pori-pori genteng beton tertahan oleh serat sehingga

mengakibatkan tidak terjadi rembesan pada genteng beton. Hasil tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 0096:2007 karena tidak terdapat rembesan air yang jatuh pada permukaan cermin selama 20 jam.

5.8 Harga Material Genteng Beton

Pada proses pembuatan genteng beton, terdapat beberapa material yang digunakan sebagai bahan pembuatan genteng beton. Kebutuhan campuran menggunakan perbandingan 1PC:3PS dengan jumlah sampel yang dibutuhkan pada masing-masing variasi sebanyak 23 buah. Berikut adalah perhitungan harga satuan genteng yang diuraikan di bawah ini.

5.8.1 Menghitung Harga Material Genteng Beton

Harga material genteng beton tiap variasi dihitung berdasarkan data yang didapat dari CV. Wahyu Marga Jaya dan harga pasaran material yang berada di wilayah Yogyakarta. Adapun perhitungan harga material genteng beton tiap variasi dirincikan sebagai berikut.

1. Genteng Beton Variasi Campuran 0% *Bottom Ash* dan 0% Serat

a. Jumlah sampel genteng beton yang dibutuhkan = 23 buah

b. Menghitung kebutuhan material

1) Kebutuhan pasir = 69 kg

Harga pasir /m³ = Rp 200.000

Volume pasir 1m³ = 1.000.000 cm³

Berat isi gembur = 1,39 gram/cm³

Berat pasir = volume pasir × berat isi gembur

= 1.000.000 cm³ × 1,39 gram/cm³

= 1.390.000 gram

= 1390 kg

Harga pasir per kg = $\frac{\text{Harga Pasir per } m^3}{\text{Berat Pasir}}$

= $\frac{Rp 200.000}{1390}$

= Rp 144 / kg

Biaya pasir = Kebutuhan pasir × Harga pasir per kg

$$= 69 \text{ kg} \times \text{Rp } 144$$

$$= \text{Rp } 9.928$$

$$2) \text{ Kebutuhan PPC} = 23 \text{ kg}$$

$$\text{Harga PPC (Tiga Roda)} = \text{Rp } 52.000/\text{zak}$$

$$\text{Berat PPC} = 40 \text{ kg/zak}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga PPC per kg} &= \frac{\text{Harga PPC 1 zak}}{\text{Berat PPC 1 zak}} \\ &= \frac{\text{Rp } 52.000}{40} \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 1.300/\text{kg}$$

$$\text{Biaya PPC Tiga Roda} = \text{Kebutuhan PPC} \times \text{Harga PPC 1 zak}$$

$$= 23 \text{ kg} \times \text{Rp } 1.300$$

$$= \text{Rp } 29.900$$

$$3) \text{ Kebutuhan Bottom Ash} = 0$$

$$4) \text{ Kebutuhan Serat} = 0$$

$$5) \text{ Biaya total material} = \text{Biaya pasir} + \text{biaya PPC}$$

$$= \text{Rp } 9.928 + \text{Rp } 29.900$$

$$= \text{Rp } 39.828$$

$$\begin{aligned} \text{c. Biaya Material Genteng Per Buah} &= \frac{\text{biaya total material}}{\text{jumlah sampel tiap variasi}} \\ &= \frac{\text{Rp } 39.828}{23} \\ &= \text{Rp } 1.732/\text{buah} \end{aligned}$$

2. Genteng Beton Variasi Campuran 20% *Bottom Ash* dan 2% Serat

a. Jumlah sampel genteng beton yang dibutuhkan = 23 buah

b. Menghitung kebutuhan material

$$1) \text{ Kebutuhan pasir} = 67,62 \text{ kg}$$

$$\text{Harga pasir /m}^3 = \text{Rp } 200.000$$

$$\text{Volume pasir 1m}^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat isi gembur} = 1,39 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Berat pasir} = \text{volume pasir} \times \text{berat isi gembur}$$

$$= 1.000.000 \text{ cm}^3 \times 1,39 \text{ gram/cm}^3$$

$$= 1.390.000 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1390 \text{ kg} \\
 \text{Harga pasir per kg} &= \frac{\text{Harga Pasir per } m^3}{\text{Berat Pasir}} \\
 &= \frac{Rp 200.000}{1390} \\
 &= Rp 144 / \text{kg} \\
 \text{Biaya pasir} &= \text{Kebutuhan pasir} \times \text{Harga pasir per kg} \\
 &= 67,62 \text{ kg} \times Rp 144 \\
 &= Rp 9.729 \\
 2) \text{ Kebutuhan PPC} &= 18,4 \text{ kg} \\
 \text{Harga PPC (Tiga Roda)} &= Rp 52.000/\text{zak} \\
 \text{Berat PPC} &= 40 \text{ kg}/\text{zak} \\
 \text{Harga PPC per kg} &= \frac{\text{Harga PPC 1 zak}}{\text{Berat PPC 1 zak}} \\
 &= \frac{Rp 52.000}{40} \\
 &= Rp 1.300/\text{kg} \\
 \text{Biaya PPC Tiga Roda} &= \text{Kebutuhan PPC} \times \text{Harga PPC 1 zak} \\
 &= 23 \text{ kg} \times Rp 1.300 \\
 &= Rp 23.920 \\
 3) \text{ Kebutuhan Bottom Ash} &= 20 \% \\
 \text{Harga Bottom Ash} &= Rp 0,- \\
 \text{Berat Bottom Ash} &= 30 \text{ kg}/\text{karung} \\
 \text{Biaya kirim Bottom Ash} &= Rp 25.000 \\
 \text{Harga Bottom Ash per kg} &= \frac{\text{Harga Bottom Ash} + \text{Biaya Kirim Bottom Ash}}{\text{Berat Bottom Ash}/\text{karung}} \\
 &= \frac{Rp 0 + Rp 25.000}{30} \\
 &= Rp 833/\text{kg} \\
 \text{Biaya Bottom Ash} &= \text{Kebutuhan Bottom Ash} \times \text{Harga Bottom Ash} \\
 &= 20\% \times Rp 833 \\
 &= Rp 167 \\
 4) \text{ Kebutuhan Serat serabut kelapa} &= 2 \% \\
 \text{Harga serat serabut kelapa} &= Rp 15.000 \\
 \text{Berat serat serabut kelapa} &= 20 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga serat serabut kelapa/kg} &= \frac{\text{Harga serat serabut kelapa}}{\text{Berat serat serabut kelapa}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 15.000}{20} \\
 &= \text{Rp } 750
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya serat serabut kelapa} &= \text{Kebutuhan Serat} \times \text{Harga Serat} \\
 &= 2\% \times \text{Rp } 750 \\
 &= \text{Rp } 15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Biaya total material} &= \text{Biaya pasir} + \text{biaya PPC} + \text{biaya } \textit{bottom ash} \\
 &\quad + \text{biaya serat serabut kelapa} \\
 &= \text{Rp } 9.729 + \text{Rp } 23.920 + \text{Rp } 167 + \text{Rp } 15 \\
 &= \text{Rp } 33.831
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c. \text{ Biaya Material Genteng Per Buah} &= \frac{\text{biaya total material}}{\text{jumlah sampel tiap variasi}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 33.831}{23} \\
 &= \text{Rp } 1.471/\text{buah}
 \end{aligned}$$

3. Genteng Beton Variasi Campuran 20% *Bottom Ash* dan 3% Serat

a. Jumlah sampel genteng beton yang dibutuhkan = 23 buah

b. Menghitung kebutuhan material

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Kebutuhan pasir} &= 66,93 \text{ kg} \\
 \text{Harga pasir /m}^3 &= \text{Rp } 200.000 \\
 \text{Volume pasir 1m}^3 &= 1.000.000 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat isi gembur} &= 1,39 \text{ gram/cm}^3 \\
 \text{Berat pasir} &= \text{volume pasir} \times \text{berat isi gembur} \\
 &= 1.000.000 \text{ cm}^3 \times 1,39 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 1.390.000 \text{ gram} \\
 &= 1390 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga pasir per kg} &= \frac{\text{Harga Pasir per m}^3}{\text{Berat Pasir}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 200.000}{1390} \\
 &= \text{Rp } 144 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pasir} &= \text{Kebutuhan pasir} \times \text{Harga pasir per kg} \\
 &= 66,93 \text{ kg} \times \text{Rp } 144
 \end{aligned}$$

- = Rp 9.630
- 2) Kebutuhan PPC = 18,4 kg
- Harga PPC (Tiga Roda) = Rp 52.000/zak
- Berat PPC = 40 kg/zak
- Harga PPC per kg = $\frac{\text{Harga PPC 1 zak}}{\text{Berat PPC 1 zak}}$
- = $\frac{\text{Rp 52.000}}{40}$
- = Rp 1.300/kg
- Biaya PPC Tiga Roda = Kebutuhan PPC $\times$ Harga PPC 1 zak
- = 23 kg $\times$ Rp 1.300
- = Rp 23.920
- 3) Kebutuhan *Bottom Ash* = 20 %
- Harga *Bottom Ash* = Rp 0,-
- Berat *Bottom Ash* = 30 kg/ karung
- Biaya kirim *Bottom Ash* = Rp 25.000
- Harga *Bottom Ash* per kg = $\frac{\text{Harga Bottom Ash} + \text{Biaya Kirim Bottom Ash}}{\text{Berat Bottom Ash/karung}}$
- = $\frac{\text{Rp 0} + \text{Rp 25.000}}{30}$
- = Rp 833/kg
- Biaya *Bottom Ash* = Kebutuhan *Bottom Ash* $\times$ Harga *Bottom Ash*
- = 20% $\times$ Rp 833
- = Rp 167
- 4) Kebutuhan Serat serabut kelapa = 3 %
- Harga serat serabut kelapa = Rp 15.000
- Berat serat serabut kelapa = 20 kg
- Harga serat serabut kelapa/kg = $\frac{\text{Harga serat serabut kelapa}}{\text{Berat serat serabut kelapa}}$
- = $\frac{\text{Rp 15.000}}{20}$
- = Rp 750
- Biaya serat serabut kelapa = Kebutuhan Serat $\times$ Harga Serat
- = 3% $\times$ Rp 750
- = Rp 23

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Biaya total material} &= \text{Biaya pasir} + \text{biaya PPC} + \text{biaya } bottom \text{ ash} \\
 &+ \text{biaya serat serabut kelapa} \\
 &= \text{Rp } 9.630 + \text{Rp } 23.920 + \text{Rp } 167 + \text{Rp } 23 \\
 &= \text{Rp } 33.739
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c. \text{ Biaya Material Genteng Per Buah} &= \frac{\text{biaya total material}}{\text{jumlah sampel tiap variasi}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 33.739}{23} \\
 &= \text{Rp } 1.467/\text{buah}
 \end{aligned}$$

4. Genteng Beton Variasi Campuran 20% *Bottom Ash* dan 4% Serat

a. Jumlah sampel genteng beton yang dibutuhkan = 23 buah

b. Menghitung kebutuhan material

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Kebutuhan pasir} &= 66,24 \text{ kg} \\
 \text{Harga pasir /m}^3 &= \text{Rp } 200.000 \\
 \text{Volume pasir 1m}^3 &= 1.000.000 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat isi gembur} &= 1,39 \text{ gram/cm}^3 \\
 \text{Berat pasir} &= \text{volume pasir} \times \text{berat isi gembur} \\
 &= 1.000.000 \text{ cm}^3 \times 1,39 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 1.390.000 \text{ gram} \\
 &= 1390 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga pasir per kg} &= \frac{\text{Harga Pasir per m}^3}{\text{Berat Pasir}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 200.000}{1390} \\
 &= \text{Rp } 144 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pasir} &= \text{Kebutuhan pasir} \times \text{Harga pasir per kg} \\
 &= 66,24 \text{ kg} \times \text{Rp } 144 \\
 &= \text{Rp } 9.531
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Kebutuhan PPC} &= 18,4 \text{ kg} \\
 \text{Harga PPC (Tiga Roda)} &= \text{Rp } 52.000/\text{zak} \\
 \text{Berat PPC} &= 40 \text{ kg/zak} \\
 \text{Harga PPC per kg} &= \frac{\text{Harga PPC 1 zak}}{\text{Berat PPC 1 zak}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 52.000}{40}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 1.300/\text{kg} \\
 \text{Biaya PPC Tiga Roda} &= \text{Kebutuhan PPC} \times \text{Harga PPC 1 zak} \\
 &= 23 \text{ kg} \times \text{Rp } 1.300 \\
 &= \text{Rp } 23.920 \\
 3) \text{ Kebutuhan Bottom Ash} &= 20 \% \\
 \text{Harga Bottom Ash} &= \text{Rp } 0,- \\
 \text{Berat Bottom Ash} &= 30 \text{ kg/ karung} \\
 \text{Biaya kirim Bottom Ash} &= \text{Rp } 25.000 \\
 \text{Harga Bottom Ash per kg} &= \frac{\text{Harga Bottom Ash} + \text{Biaya Kirim Bottom Ash}}{\text{Berat Bottom Ash/karung}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 0 + \text{Rp } 25.000}{30} \\
 &= \text{Rp } 833/\text{kg} \\
 \text{Biaya Bottom Ash} &= \text{Kebutuhan Bottom Ash} \times \text{Harga Bottom Ash} \\
 &= 20\% \times \text{Rp } 833 \\
 &= \text{Rp } 167 \\
 4) \text{ Kebutuhan Serat serabut kelapa} &= 4 \% \\
 \text{Harga serat serabut kelapa} &= \text{Rp } 15.000 \\
 \text{Berat serat serabut kelapa} &= 20 \text{ kg} \\
 \text{Harga serat serabut kelapa/kg} &= \frac{\text{Harga serat serabut kelapa}}{\text{Berat serat serabut kelapa}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 15.000}{20} \\
 &= \text{Rp } 750 \\
 \text{Biaya serat serabut kelapa} &= \text{Kebutuhan Serat} \times \text{Harga Serat} \\
 &= 4\% \times \text{Rp } 750 \\
 &= \text{Rp } 30 \\
 5) \text{ Biaya total material} &= \text{Biaya pasir} + \text{biaya PPC} + \text{biaya bottom ash} \\
 &\quad + \text{biaya serat serabut kelapa} \\
 &= \text{Rp } 9.531 + \text{Rp } 23.920 + \text{Rp } 167 + \text{Rp } 30 \\
 &= \text{Rp } 33.648 \\
 \text{c. Biaya Material Genteng Per Buah} &= \frac{\text{biaya total material}}{\text{jumlah sampel tiap variasi}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 33.739}{23}
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 1.463/\text{buah}$$

5. Genteng Beton Variasi Campuran 20% *Bottom Ash* dan 5% Serat

a. Jumlah sampel genteng beton yang dibutuhkan = 23 buah

b. Menghitung kebutuhan material

- 1) Kebutuhan pasir = 65,55 kg
 Harga pasir /m³ = Rp 200.000
 Volume pasir 1m³ = 1.000.000 cm³
 Berat isi gembur = 1,39 gram/cm³
 Berat pasir = volume pasir × berat isi gembur

$$= 1.000.000 \text{ cm}^3 \times 1,39 \text{ gram/cm}^3$$

$$= 1.390.000 \text{ gram}$$

$$= 1390 \text{ kg}$$

 Harga pasir per kg = $\frac{\text{Harga Pasir per m}^3}{\text{Berat Pasir}}$

$$= \frac{\text{Rp } 200.000}{1390}$$

$$= \text{Rp } 144 / \text{kg}$$

 Biaya pasir = Kebutuhan pasir × Harga pasir per kg

$$= 65,55 \text{ kg} \times \text{Rp } 144$$

$$= \text{Rp } 9.432$$
- 2) Kebutuhan PPC = 18,4 kg
 Harga PPC (Tiga Roda) = Rp 52.000/zak
 Berat PPC = 40 kg/zak
 Harga PPC per kg = $\frac{\text{Harga PPC 1 zak}}{\text{Berat PPC 1 zak}}$

$$= \frac{\text{Rp } 52.000}{40}$$

$$= \text{Rp } 1.300/\text{kg}$$

 Biaya PPC Tiga Roda = Kebutuhan PPC × Harga PPC 1 zak

$$= 23 \text{ kg} \times \text{Rp } 1.300$$

$$= \text{Rp } 23.920$$
- 3) Kebutuhan *Bottom Ash* = 20 %
 Harga *Bottom Ash* = Rp 0,-

$$\text{Berat Bottom Ash} = 30 \text{ kg/ karung}$$

$$\text{Biaya kirim Bottom Ash} = \text{Rp } 25.000$$

$$\text{Harga Bottom Ash per kg} = \frac{\text{Harga Bottom Ash} + \text{Biaya Kirim Bottom Ash}}{\text{Berat Bottom Ash/karung}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 0 + \text{Rp } 25.000}{30}$$

$$= \text{Rp } 833/\text{kg}$$

$$\text{Biaya Bottom Ash} = \text{Kebutuhan Bottom Ash} \times \text{Harga Bottom Ash}$$

$$= 20\% \times \text{Rp } 833$$

$$= \text{Rp } 167$$

$$4) \text{ Kebutuhan Serat serabut kelapa} = 5 \%$$

$$\text{Harga serat serabut kelapa} = \text{Rp } 15.000$$

$$\text{Berat serat serabut kelapa} = 20 \text{ kg}$$

$$\text{Harga serat serabut kelapa/kg} = \frac{\text{Harga serat serabut kelapa}}{\text{Berat serat serabut kelapa}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 15.000}{20}$$

$$= \text{Rp } 750$$

$$\text{Biaya serat serabut kelapa} = \text{Kebutuhan Serat} \times \text{Harga Serat}$$

$$= 5\% \times \text{Rp } 750$$

$$= \text{Rp } 38$$

$$5) \text{ Biaya total material} = \text{Biaya pasir} + \text{biaya PPC} + \text{biaya bottom ash}$$

$$+ \text{biaya serat serabut kelapa}$$

$$= \text{Rp } 9.432 + \text{Rp } 23.920 + \text{Rp } 167 + \text{Rp } 38$$

$$= \text{Rp } 33.556$$

$$c. \text{ Biaya Material Genteng Per Buah} = \frac{\text{biaya total material}}{\text{jumlah sampel tiap variasi}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 33.556}{23}$$

$$= \text{Rp } 1.459/\text{buah}$$

6. Genteng Beton Variasi Campuran 20% Bottom Ash dan 6% Serat

a. Jumlah sampel genteng beton yang dibutuhkan = 23 buah

b. Menghitung kebutuhan material

- 1) Kebutuhan pasir = 64,86 kg
 Harga pasir /m³ = Rp 200.000
 Volume pasir 1m³ = 1.000.000 cm³
 Berat isi gembur = 1,39 gram/cm³
 Berat pasir = volume pasir × berat isi gembur
 = 1.000.000 cm³ × 1,39 gram/cm³
 = 1.390.000 gram
 = 1390 kg
 Harga pasir per kg = $\frac{\text{Harga Pasir per m}^3}{\text{Berat Pasir}}$
 = $\frac{\text{Rp } 200.000}{1390}$
 = Rp 144 / kg
 Biaya pasir = Kebutuhan pasir × Harga pasir per kg
 = 64,86 kg × Rp 144
 = Rp 9.332
- 2) Kebutuhan PPC = 18,4 kg
 Harga PPC (Tiga Roda) = Rp 52.000/zak
 Berat PPC = 40 kg/zak
 Harga PPC per kg = $\frac{\text{Harga PPC 1 zak}}{\text{Berat PPC 1 zak}}$
 = $\frac{\text{Rp } 52.000}{40}$
 = Rp 1.300/kg
 Biaya PPC Tiga Roda = Kebutuhan PPC × Harga PPC 1 zak
 = 23 kg × Rp 1.300
 = Rp 23.920
- 3) Kebutuhan *Bottom Ash* = 20 %
 Harga *Bottom Ash* = Rp 0,-
 Berat *Bottom Ash* = 30 kg/ karung
 Biaya kirim *Bottom Ash* = Rp 25.000
 Harga *Bottom Ash* per kg = $\frac{\text{Harga Bottom Ash} + \text{Biaya Kirim Bottom Ash}}{\text{Berat Bottom Ash/karung}}$
 = $\frac{\text{Rp } 0 + \text{Rp } 25.000}{30}$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 833/\text{kg} \\
 \text{Biaya Bottom Ash} &= \text{Kebutuhan Bottom Ash} \times \text{Harga Bottom Ash} \\
 &= 20\% \times \text{Rp } 833 \\
 &= \text{Rp } 167 \\
 4) \text{ Kebutuhan Serat serabut kelapa} &= 6 \% \\
 \text{Harga serat serabut kelapa} &= \text{Rp } 15.000 \\
 \text{Berat serat serabut kelapa} &= 20 \text{ kg} \\
 \text{Harga serat serabut kelapa/kg} &= \frac{\text{Harga serat serabut kelapa}}{\text{Berat serat serabut kelapa}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 15.000}{20} \\
 &= \text{Rp } 750 \\
 \text{Biaya serat serabut kelapa} &= \text{Kebutuhan Serat} \times \text{Harga Serat} \\
 &= 6\% \times \text{Rp } 750 \\
 &= \text{Rp } 45 \\
 5) \text{ Biaya total material} &= \text{Biaya pasir} + \text{biaya PPC} + \text{biaya bottom ash} \\
 &\quad + \text{biaya serat serabut kelapa} \\
 &= \text{Rp } 9.332 + \text{Rp } 23.920 + \text{Rp } 167 + \text{Rp } 45 \\
 &= \text{Rp } 33.464 \\
 \text{c. Biaya Material Genteng Per Buah} &= \frac{\text{biaya total material}}{\text{jumlah sampel tiap variasi}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 33.464}{23} \\
 &= \text{Rp } 1.455/\text{buah}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan harga material genteng beton dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

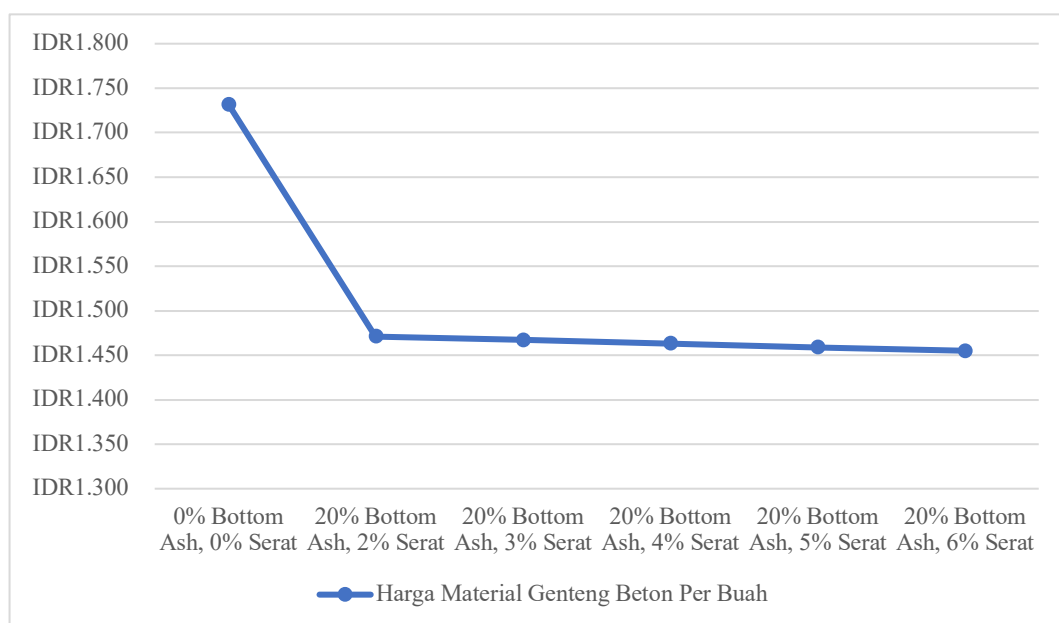
Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Harga Material Genteng Beton

Material	Kebutuhan	Satuan	Harga (Rp)	Harga Material Genteng Beton per Buah
Variasi 0% <i>Bottom ash</i> , 0% Serat				
Pasir	69	kg	IDR 9.928	IDR 1.732
Semen	23	kg	IDR 29.900	
<i>Bottom Ash</i>	0	kg	0	
Serat	0	kg	0	
Total Harga			IDR 39.828	
Variasi 20% <i>Bottom ash</i> , 2% Serat				
Pasir	67,62	kg	IDR 9.729	IDR 1.471
Semen	18,4	kg	IDR 23.920	
<i>Bottom Ash</i>	20	%	IDR 167	
Serat	2	%	IDR 15	
Total Harga			IDR 33.831	
Variasi 20% <i>Bottom ash</i> , 3% Serat				
Pasir	66,93	kg	IDR 9.630	IDR 1.467
Semen	18,4	kg	IDR 23.920	
<i>Bottom Ash</i>	20	%	IDR 167	
Serat	3	%	IDR 23	
Total Harga			IDR 33.739	

Lanjutan Tabel 5.22

Material	Kebutuhan	Satuan	Harga (Rp)	Harga Material Genteng Beton per Buah
Variasi 20% <i>Bottom ash</i> , 4% Serat				
Pasir	66,24	kg	IDR 9.531	IDR 1.463
Semen	18,4	kg	IDR 23.920	
<i>Bottom Ash</i>	20	%	IDR 167	
Serat	4	%	IDR 30	
Total Harga			IDR 33.648	
Variasi 20% <i>Bottom ash</i> , 5% Serat				
Pasir	65,55	kg	IDR 9.432	IDR 1.459
Semen	18,4	kg	IDR 23.920	
<i>Bottom Ash</i>	20	%	IDR 167	
Serat	5	%	IDR 38	
Total Harga			IDR 33.556	
Variasi 20% <i>Bottom ash</i> , 6% Serat				
Pasir	64,86	kg	IDR 9.332	IDR 1.455
Semen	18,4	kg	IDR 23.920	
<i>Bottom Ash</i>	20	%	IDR 167	
Serat	6	%	IDR 45	
Total Harga			IDR 33.464	

Dari hasil perhitungan harga satuan genteng beton pada Tabel 5.24 dapat dilihat bahwa penambahan serat serabut kelapa dan *bottom ash* pada campuran genteng beton justru meningkatkan harga ekonomis pada genteng beton. Hal tersebut dibuktikan dengan harga genteng beton normal (tanpa campuran) memiliki harga satuan yang lebih mahal dibandingkan dengan harga satuan genteng beton dengan campuran serat dan *bottom ash*. Harga material genteng beton tanpa campuran *bottom ash* dan serat adalah sebesar Rp 1.732, sedangkan harga satuan genteng beton dengan campuran 20% *bottom ash* dan variasi serat 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% secara berurutan adalah sebesar Rp 1.471, Rp 1.467, Rp 1.463, Rp 1.459 dan Rp 1.455. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat dan *bottom ash* pada campuran genteng beton berpengaruh terhadap harga ekonomis genteng beton. Adapun grafik perhitungan harga material dapat di lihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5. 4 Harga Material Genteng Beton Per Buah

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan pada pengujian genteng beton yang menggunakan campuran 20% *bottom ash* terhadap berat semen dan bahan tambah berupa serat serabut kelapa dengan variasi 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% terhadap berat pasir yang dibandingkan dengan genteng beton normal (tanpa campuran apapun) ditinjau dari kuat lentur, penyerapan air, rembesan air dan nilai ekonomis harga material diperoleh kesimpulan antara lain.

1. Penambahan *bottom ash* dan serat serabut kelapa pada genteng beton mempengaruhi nilai kuat lentur, penyerapan air dan rembesan air genteng beton. Penambahan 20% *bottom ash* dan variasi serat serabut kelapa sebanyak 2% sampai 3% mengalami peningkatan karakteristik beban lentur, namun terjadi penurunan pada variasi serat sebesar 4% sampai 6%, dengan karakteristik beban lentur optimum terjadi pada variasi serat 3% yaitu sebesar 1207,636 N. Pada uji penyerapan air, seluruh genteng beton baik genteng beton tanpa campuran maupun genteng beton dengan campuran sama-sama memenuhi SNI 0096:2007, dimana penyerapan air maksimum genteng beton adalah $< 10\%$. Pada uji rembesan air, baik genteng beton normal maupun genteng beton dengan campuran telah memenuhi SNI 0096:2007, yaitu tidak terjadi rembesan pada genteng beton yang dibuktikan dengan tidak terdapat tetesan air pada cermin yang berada dibawah genteng beton dalam waktu lebih dari 20 jam.
2. Pemanfaatan limbah *bottom ash* dan serat serabut kelapa dalam pembuatan genteng beton berdampak pada nilai ekonomis harga material genteng beton, hal tersebut dibuktikan dengan harga material genteng beton normal (0% *bottom ash* dan 0% serat) adalah sebesar Rp 1.732 ; genteng beton dengan 20% *bottom ash* dan 0% serat adalah sebesar Rp 1.471; genteng beton dengan 20% *bottom ash* dan 2% serat adalah sebesar Rp 1.471; genteng beton dengan 20%

bottom ash dan 3% serat adalah sebesar Rp 1.467; genteng beton dengan 20% *bottom ash* dan 4% serat adalah sebesar Rp 1.463; genteng beton dengan 20% *bottom ash* dan 5% serat adalah sebesar Rp 1.459; genteng beton dengan 20% *bottom ash* dan 6% serat adalah sebesar Rp 1.455.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan seperti yang sudah dijelaskan, sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian di masa yang akan datang maka terdapat saran seperti di bawah ini.

1. Dalam pembuatan genteng beton, penggunaan pasir sangat berpengaruh terhadap kualitas genteng beton. Oleh karena itu, apabila dalam pembuatan genteng beton menggunakan bahan campuran seperti *bottom ash*, maka disarankan untuk menggunakan pasir dengan butiran yang halus agar dapat memperhalus pori genteng beton tersebut sehingga akan didapatkan nilai kuat lentur dan karakteristik beban lentur, penyerapan air dan ketahanan terhadap rembesan air yang sesuai dengan SNI 0096:2007.
2. Pada penelitian yang akan datang, disarankan menggunakan referensi yang lebih baru dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan komposisi serat yang berbeda atau dengan memanfaatkan limbah jenis lain untuk mencari nilai yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, C. 2010. Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx Sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Kuat Lentur, Rembesan dan Penyerapan Air Genteng Beton. Widy Teknik. Universitas Widyagma. Malang. Oktober: 7-13 (Vol.18 No.2).
- Adhi, S. 2022. Pengaruh Pemanfaatan Campuran Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ahmad, W. et al. 2020. *Effect of Coconut Fiber Length and Content on Properties of High Strength Concrete*. MDPI. Materials 2020, 13, 1075.
- Ardhiansyah, M. D. dan Sarwidi. 2018. Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Beton. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ariyani, A. W. 2015. Tinjauan Kualitas Genteng Beton Sebagai Penutup Atap Dengan Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa. (*In Press*). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Astuti, F. D. 2016. Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Genteng Beton. Skripsi. Universitas Medan Area. Medan.
- Ayuningtyas, U., dkk. 2022. Pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Sebagai Material Konstruksi Ramah Lingkungan Dalam Rangka Mendukung Kriteria Bangunan Hijau. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat*. Pangkalpinang. 11-12 Oktober.
- Barus, Eli Eser A. 2020. Analisa Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Pembuatan Genteng Beton. Skripsi. Universitas Medan Area. Medan.
- Elhusna., Supriani, F., Gunawan, A., & Islan, M.. 2011. Pengaruh Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5. 1 Oktober : Vol. 3 No.1. Yogyakarta.
- Latjemma, Sudirman. 2022. *Analysis Of Addition Of Coconut Coir Fiber To The Concrete Mix*. *Jurnal Multi Disiplin Madani*. Vol.2, No.4 : 1681-1998. Tolitoli.

- Lubis, K. dan Hermanto, E. 2020. Pembuatan Genteng Beton Serat Dengan Bahan Tambah Serat Serabut Kelapa dan *Styrofoam*. *Bulletin Utama Teknik*. Vol. 15, No.2 : 2598-3814. Medan.
- Nasution, M. 2022. Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus (Pasir) Antara Sungai Tanjung Balai dan Sungai Kisaran. *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains*. Vol.1, No.2 : 2809-2473. Medan.
- Patandung, P. 2017. Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Pembuatan Beton “*Knock Down*”. *The Effect of Adding Coconut Fiber To Making “Knock Down” Concrete*. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. Vol. 11 No.1. Manado.
- Prayitno, Slamet., Supardi., Manik, M. O. H.. 2015. Kajian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Berserat Bendrat Dengan *Fly Ash* Dan Bahan Tambah Bestmittle. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 1039. Surakarta.
- Riduan., Sulandri, Eti., & Sumiyatinnah. 2017. Studi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Terhadap Variasi Saringan Agregat Kasar. Fakultas Teknik UNTAN.
- Sahrudin dan Nadia. 2016. Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksia*. Vol. 7 No.2. Jakarta.
- Shreeshail, B. H. et al. 2014. *Effects of Coconut Fibers on The Properties of Concrete*. *Internation Journal of Research in Engineering and Technology*. Vol. 03, Issue:12. Mumbai University. Mumbai. India.
- Simbolon, I. S. M. dan Harahap, M. B. 2013. Pembuatan dan Pengujian Karakteristik Genteng Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Einstein*. Vol. 1, No.2. Medan.
- SNI 0096:2007. *Genteng Beton*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1970:2008. *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Yuliandoko, Dimas Setya. 2012. Pemanfaatan *Bottom Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Lentur dan Impermeabilitas Genteng Beton. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Zacoeb, A., Dewi, M. S., Jamaran, I., 2013. Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Semen Pad Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol.7, No.1. ISSN: 1978-5658. Malang.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Peminjaman Alat



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung RII Mah. Nuhur
 Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
 Jl. Kaliurang km 14.5 Yogyakarta 55584
 T : (0274) 898444 ext 3200, 3201
 F : (0274) 895330
 E : dekanat.ftsp@uii.ac.id
 W : ftsp.uii.ac.id

Nomor : 196/Sek. Prodi/20/FTSP/XI/2023
 Hal : Permohonan Izin Peminjaman Alat

Kepada Yth:

CEO WAHYU MARGA JAYA
KLEDOKAN, TEGAL REJO, SELOMARTANI, KALASAN
SLEMAN, YOGYAKARTA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dalam rangka mempersiapkan mahasiswa untuk menempuh ujian Tugas akhir/Skripsi maka setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyusun Tugas Akhir/skripsi. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka diperlukan data-data, baik dari instansi Pemerintah BUMN, ataupun dari perusahaan swasta/Proyek.

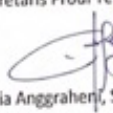
Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka dengan ini kami mohon bantuannya untuk dapat izin peminjaman alat berupa Genteng Beton yang akan digunakan untuk keperluan penelitian pada penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

NAMA	: ZIERLY MAULIYA AS-SHOFA
NIM	: 20511394
JUDUL TUGAS AKHIR	: PENGARUH LIMBAH BOTTOM ASH SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN DAN SERAT SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH GENTENG BETON TERHADAP KUAT LENTUR DAN REMBESAN AIR
DOSEN PEMBIMBING	: IR. HELMY AKBAR BALE, M.T.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

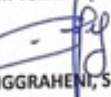
Yogyakarta, 6 November 2023
 Sekretaris Prodi Teknik Sipil Program Sarjana,





Dina Anggraheni, S.T.

Lampiran 2 Surat Izin Pemakaian Laboratorium

 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN	Gedung KH. Moh. Natsir Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584 T. (0274) 898444 ext 3200, 3201 F. (0274) 895330 E. dekanat.ftsp@uii.ac.id W. ftsp.uii.ac.id
<p>Nomor : 208/Sek. Prodi PSTS/20/TA/XI/2023 Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium</p>		
<p>Kepada Yth: KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</p>		
<p><i>Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,</i></p> <p>Yang bertanda tangan dibawah ini:</p> <p>NAMA : ZIERLY MAULIYA AS-SHOFA NIM : 20511394 JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH LIMBAH BOTTOM ASH SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN DAN SERAT SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH GENTENG BETON TERHADAP KUAT LENTUR DAN REMBESAN AIR</p> <p>Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin peminjaman peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP UII guna mendukung penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir.</p> <p>Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.</p> <p><i>Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.</i></p>		
	Sekretaris Program Teknik Sipil – Program Sarjana,  DINA ANGGRAHENI, S.T., M. ENG	Yogyakarta, 21 November 2023 Dosen Pembimbing Tugas Akhir,  IR. HELMY AKBAR BALE, M.T.

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03-1970-1990)

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
	Sampel 1	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	489,00	gram
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	gram
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1157,00	gram
Berat piknometer berisi air, gram (B)	855,00	gram
Berat Jenis Curah, $Bk / (B+500-Bt)$	2,47	gram
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD), $500 / (B+500-Bt)$	2,53	gram
Berat Jenis semu, $Bk / (B+Bk-Bt)$	2,61	gram
Penyerapan Air $(500-Bk)/Bk \times 100\%$	2,25	%

Yogyakarta, 23 November 2023

Diperiksa Oleh :
Laboran

Dikerjakan Oleh :

(.....)

(Zierly Mauliya As-Shofa)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00				
4,80	9	0,45	0,4500	99,5500
2,40	104	5,2	5,6500	94,3500
1,20	197	9,85	15,5000	84,5000
0,60	537	26,85	42,3500	57,6500
0,30	847	42,35	84,7000	15,3000
0,15	221	11,05	95,7500	4,2500
Sisa	85	4,25	-	-
Jumlah	2000	100,000	244,4000	

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{244,4}{100} \\ &= 2,44\end{aligned}$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,44 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 – 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

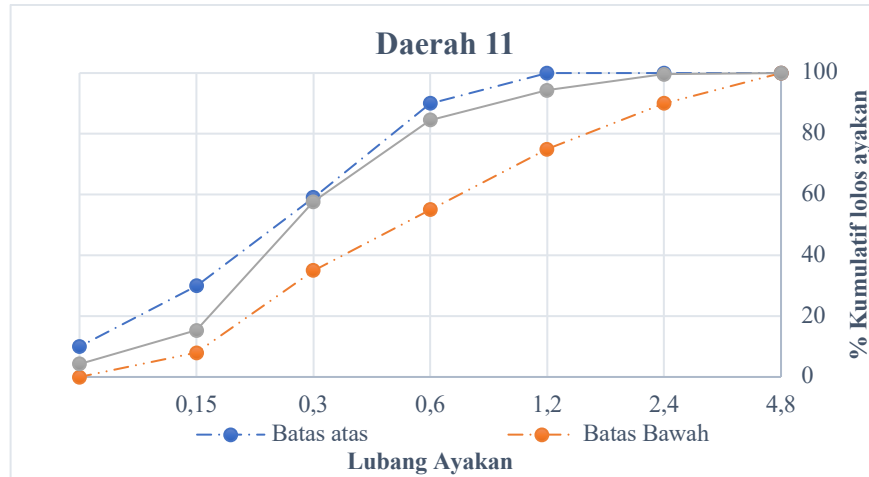
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah II

Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

Gambar Analisa Saringan Agregat Halus



Yogyakarta, 23 November 2023

Diperiksa Oleh :
Laboran

Dikerjakan Oleh :

(.....)

(Zierly Mauliya As-Shofa)

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	14,95 cm
Tinggi Silinder	30,23 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Tabung (W1)	12384	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19765	gram
Berat Agregat (W3)	7381	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,23	cm
Volume Tabung (V)	5305,94	cm ³
Berat Volume Gembur	1,39	gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{7381}{5305,94} \\
 &= 1,39 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Yogyakarta, 23 November 2023

Diperiksa Oleh :
Laboran

Dikerjakan Oleh :

(.....)

(Zierly Mauliya As-Shofa)

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	14,95 cm
Tinggi Silinder	30,23 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Tabung (W1)	12384	gram
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	20495	gram
Berat Agregat (W3)	8545	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,23	cm
Volume Tabung (V)	5305,94	cm ³
Berat Volume Padat	1,61	gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{8545}{5305,94} \\
 &= 1,61 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Yogyakarta, 23 November 2023

Diperiksa Oleh :
Laboran

Dikerjakan Oleh :

(.....)

(Zierly Mauliya As-Shofa)

**PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200 / UJI
KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR
(SNI 03-4142-1196)**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,88 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Agregat Kering Oven (W1)	500	gram
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2)	489,0	gram
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	2,2	%

Yogyakarta, 23 November 2023

Diperiksa Oleh :

Dikerjakan Oleh :

Laboran

(.....)

(Zierly Mauliya As-Shofa)

Lampiran 4 Perhitungan Karakteristik Beban Lentur Genteng Beton

Hasil Perhitungan Karakteristik Beban Lentur Genteng Beton

	Benda Uji	Fi (Kgf)	F (Kgf)	Sd	Fc (Kgf)	Fc (N)
Variasi 0% <i>Bottom Ash</i> , 0% Serat	1	77,5	93,25	5,25	84,64	830,039
	2	85		2,75	88,74	870,246
	3	85		2,75	88,74	870,246
	4	82,5		3,583	87,373	856,844
	5	95		0,583	92,293	905,093
	6	87,5		1,9167	90,1067	883,649
	7	90		1,083	91,473	897,051
	8	115		7,25	81,36	797,873
	9	117,5		8,083	79,993	784,470
	10	97,5		1,4167	90,9267	891,690
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 2% Serat	1	115	98	5,67	88,7067	869,919
	2	87,5		3,5	92,26	904,766
	3	130		10,67	80,5067	789,504
	4	97,5		0,167	97,7267	958,376
	5	95		1	96,36	944,973
	6	70		9,333	82,693	810,948
	7	87,5		3,5	92,26	904,766
	8	105		2,333	94,173	923,529
	9	92,5		1,833	94,993	931,571
	10	100		0,667	96,9067	950,334
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 3% Serat	1	122,5	123,8	0,433	123,089	1207,100
	2	123		0,267	123,362	1209,780
	3	124,5		0,233	123,417	1210,316
	4	125		0,4	123,144	1207,636
	5	122,5		0,433	123,089	1207,100
	6	124		0,067	123,690	1212,997
	7	125,5		0,567	122,870	1204,955
	8	126		0,733	122,597	1202,275
	9	121,5		0,767	122,542	1201,739
	10	123,5		0,1	123,636	1212,461

	Benda Uji	Fi (Kgf)	F (Kgf)	Sd	Fc (Kgf)	Fc (N)
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 4% Serat Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 5% Serat	1	105	100,25	1,583	97,653	957,656
	2	92,5		2,583	96,013	941,573
	3	92,5		2,583	96,013	941,573
	4	140		13,25	78,52	770,022
	5	112,5		4,083	93,553	917,449
	6	100		0,083	100,113	981,781
	7	97,5		0,9167	98,746	968,378
	8	100		0,083	100,113	981,781
	9	77,5		7,583	87,813	861,159
	10	85		5,083	91,913	901,366
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 5% Serat	1	95	91,75	1,083	89,973	882,341
	2	90		0,583	90,793	890,382
	3	117,5		8,583	77,673	761,719
	4	85		2,25	88,06	863,578
	5	72,5		6,4167	81,226	796,565
	6	85		2,25	88,06	863,578
	7	102,5		3,583	85,873	842,134
	8	97,5		1,9167	88,606	868,938
	9	87,5		1,4167	89,426	876,980
	10	85		2,25	88,06	863,578
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 6% Serat	1	87,5	88,5	0,333	87,953	862,531
	2	85		1,167	86,586	849,129
	3	90		0,5	87,68	859,851
	4	82,5		2	85,22	835,726
	5	107,5		6,333	78,113	766,034
	6	90		0,5	87,68	859,851
	7	87,5		0,333	87,953	862,531
	8	92,5		1,333	86,313	846,448
	9	80		2,833	83,853	822,324
	10	82,5		2	85,22	835,726

Lampiran 5 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Genteng Beton

Hasil Perhitungan Penyerapan Air Genteng Beton

	Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)	Penyerapan Air (%)
Variasi 0% <i>Bottom Ash</i> , 0% Serat	1	4489	4094	9,648265755
	2	4634	4275	8,397660819
	3	4551	4235	7,46162928
	4	4445	4121	7,862169376
	5	4735	4363	8,52624341
	6	4483	4175	7,377245509
	7	4413	4079	8,188281442
	8	4325	4211	2,707195441
	9	4327	4006	8,012980529
	10	4411	4128	6,855620155
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 2% Serat	1	4508	4108	9,737098345
	2	4424	4099	7,928763113
	3	4330	4179	3,613304618
	4	4393	4085	7,539779682
	5	4214	3989	5,640511406
	6	4094	3987	2,683722097
	7	4217	4001	5,398650337
	8	4357	4108	6,06134372
	9	4311	3976	8,42555332
	10	4457	4059	9,805370781
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 3% Serat	1	4226	3971	6,421556283
	2	4133	3923	5,353046138
	3	4231	3896	8,598562628
	4	4257	3904	9,042008197
	5	4213	4053	3,947693067
	6	4291	3911	9,716185119
	7	4105	3885	5,662805663
	8	4223	4092	3,201368524
	9	4097	3977	3,017349761
	10	4156	4044	2,769535114

	Benda Uji	Genteng Basah (W)	Genteng Kering (K)	Penyerapan Air (%)
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 4% Serat	1	3956	3661	8,057907675
	2	4007	3795	5,58629776
	3	4187	3877	7,995873098
	4	4491	4121	8,9784033
	5	4178	4090	2,151589242
	6	3951	3681	7,334963325
	7	4117	3887	5,917159763
	8	4103	3940	4,137055838
	9	4151	4067	2,065404475
	10	3879	3773	2,809435462
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 5% Serat	1	4005	3713	7,864260706
	2	3998	3667	9,026452141
	3	4115	3801	8,260983952
	4	3887	3610	7,673130194
	5	4006	3690	8,563685637
	6	3920	3781	3,676276117
	7	3897	3745	4,058744993
	8	3756	3581	4,8869031
	9	3895	3779	3,069595131
	10	3681	3589	2,56338813
Variasi 20% <i>Bottom Ash</i> , 6% Serat	1	3921	3615	8,46473029
	2	3768	3505	7,503566334
	3	3985	3777	5,50701615
	4	3773	3524	7,065834279
	5	3980	3687	7,94684025
	6	4031	3689	9,270805096
	7	4015	3716	8,046286329
	8	3891	3680	5,733695652
	9	3765	3578	5,226383454
	10	3871	3623	6,845155948

Lampiran 6 Alat Pembuatan Genteng Beton**Mesin Pencetak Genteng Beton****Cetakan Genteng Beton****Mixer**

Lampiran 7 Bahan Pembuatan Genteng Beton**Semen Tiga Roda 40 Kg****Pasir progo****Bottom Ash****Serat Serabut Kelapa**

Lampiran 8 Pengujian Agregat



Lampiran 9 Proses Pembuatan dan Perawatan Genteng Beton

Pembuatan Genteng Beton	
	
Perawatan Genteng Beton	Genteng Beton
	

Lampiran 10 Uji Kuat Lentur, Rembesan Air, Penyerapan Air**Alat Uji Lentur****Pengujian Kuat Lentur****Pengujian Penyerapan Air****Pengujian Rembesan Air**