



TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BATANG PISANG DAN LIMBAH STYROFOAM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA GENTENG BETON

Oleh:

Muhammad Arif Budiyanto

40030521650129

Rhara Syakilla Putri Hartiwi

40030521650163

Diajukan sebagai :

Salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Terapan Program Studi Teknik
Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL DAN
PERANCANGAN ARSITEKTUR**

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

2025

LEMBAR PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BATANG PISANG DAN LIMBAH STYROFOAM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA GENTENG BETON

Oleh:

Muhammad Arif Budiyanto

40030521650129

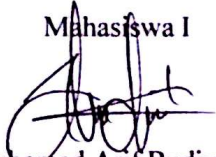
Rhara Syakilla Putri H.

40030521650163

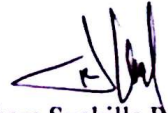
Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi
saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 24 Juni 2025

Semarang, 24 Juni 2025

Mahasiswa I


(Muhammad Arif Budiyanto)
NIM 40030521650129

Mahasiswa II


(Rhara Syakilla Putri H.)
NIM 40030521650163

Penguji I


(Bambang Setiabudi, S.T., M.T.)
NIP. 196109021987031002

Menyetujui,
Penguji II


(Shifa Fauziyah, S.T., M.T.)
NIP. H.7.19911015201807200

Penguji III


(Fardzanela S. S.T., M.Sc., Ph.D.)
NIP. 198903212015042002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur


(Asri Nurdiana, S.T., M.T.)
NIP. 198512092012122001



LEMBAR ASISTENSI

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Arif Budiyanto (40030521650129)
Nama Mahasiswa 2 : Rhara Syakilla Putri H. (40030521650163)
Dosen Pembimbing 1 : Shifa Fauziyah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D.

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	14/04/2025	- Ubah judul menjadi substitusi - Spesifikkan tujuan poin 1 dan 2 untuk apa kualitasnya yang bisa menjadi tolak ukur - Sesuaikan jobmixnya dengan penelitian terdahulu	
2.	17/04/2025	- Tambahkan ukuran pada genteng beton rencana - Tambahkan alasan menggunakan persentase jobmix di bab 2 - Ubah format penulisan judul gambar dan tabel - Tambahkan gambar genteng di poin desain penelitian	
3.	24/04/2025	- Seragamkan penulisan persentase atau dalam gram	
4.	05/05/2025	- Cuaca dan suhu bisa diubah menjadi lebih kuat dengan jurnal - Sitasi dari internet bisa diganti - Tambahkan kalimat penghubung antara paragraf pertama ke paragraf kedua. - Tambahkan dan klasifikasikan jurnal pada penelitian terdahulu berdasarkan benda uji dan jenis campurannya.	
5.	12/06/2025	- Tambahkan keterangan memenuhi pada tabel kuat lentur - Pada tabel ukuran, tambahkan keterangan variasi - Tambahkan sitasi penelitian yg selaras pada pembahasan kuat lentur	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEKOLAH VOKASI

HIMPUNAN MAHASISWA SIPIL ARSITEKTUR

Jalan Prof. Sudharto, SH. Tembalang – Semarang, 50275



LEMBAR ASISTENSI

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Arif Budiyanto (40030521650129)
Nama Mahasiswa 2 : Rhara Syakilla Putri H. (40030521650163)
Dosen Pembimbing 1 : Shifa Fauziyah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D.

No	Tanggal	Uraian	Paraf
6.	16/06/2025	- Tambahkan kalimat deskriptif pada tabel dan sebelum tabel - Beri penomoran pada rumus - Berikan alasan terjadinya sebab pada pembahasan	
7.	17/06/2025	ACC	
8.	18/06/2025	ACC	



ABSTRAK

Genteng merupakan bagian penting dalam pembangunan rangka atap, genteng yang baik adalah genteng yang kokoh secara fisik dan berkualitas secara fungsi. Penelitian ini menggunakan limbah *styrofoam* dan serat batang pisang sebagai bahan substitusi dan bahan tambah dalam pembuatan genteng beton. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan konsep baru material konstruksi yaitu genteng beton ramah lingkungan yang memiliki kualitas yang sama dengan genteng beton konvensional. Metode yang digunakan yaitu secara eksperimental di laboratorium dan mengacu pada SNI 0096:2007 yang dimulai dengan pengujian material, *mix design* genteng beton dengan tambahan serat batang pisang terhadap volume semen dan substitusi limbah *styrofoam* terhadap volume pasir sebesar A (0%, +0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%, +4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%) pembuatan prototipe, serta pengujian prototipe yang mencakup uji beban lentur, uji rembesan air, dan uji penyerapan air. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa substitusi limbah *styrofoam* terhadap pasir pada genteng beton dapat memengaruhi nilai kuat lentur yang dihasilkan. Hasil kuat lentur yang dihasilkan pada variasi A (0%, +0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%, +4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%) adalah sebesar 1631,293 N; 1598,405 N; 1420,196 N; 1413,146 N; 1474,01 N; 1243,304 N; 1061,146 N. Dihasilkan kuat lentur optimal pada genteng beton dengan campuran pada variasi B (20%, +3%) dan nilai porositas terhadap air paling optimal senilai 7,32% pada variasi A (0%, +0%). Penggunaan limbah *styrofoam* dan serat batang pisang juga mampu menekan biaya produksi genteng menjadi lebih rendah sampai 2,78%.

Kata kunci: Genteng Beton, Kuat Lentur, Limbah *Styrofoam*, Porositas, Serat Batang Pisang

ABSTRACT

Roof tiles play a crucial role in the construction of roof frameworks. High-quality tiles are characterized by their physical durability and functional performance. This study explores the use of styrofoam waste and banana stem fibers as alternative and supplementary materials in the manufacturing of concrete tiles. The primary aim of this research is to develop an innovative concept for construction materials, specifically eco-friendly concrete tiles that match the quality of traditional concrete tiles. The research employs an experimental laboratory approach, adhering to SNI 0096:2007 standards. It begins with material testing and the design of concrete tile mixtures incorporating banana stem fibers relative to the cement volume, while substituting styrofoam waste for sand volume. The proportions tested include A (0%, +0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%, +4%), F (25%, +4%), and G (30%, +4%) for prototype development. The prototypes undergo various tests, including flexural load, water leakage, and water absorption assessments. The findings indicate that replacing sand with styrofoam waste in concrete tiles significantly influences the bending strength. The bending strength values for the variations are as follows: A (1631.293 N), B (1598.405 N), C (1420.196 N), D (1413.146 N), E (1474.01 N), F (1243.304 N), and G (1061.146 N). The highest bending strength is observed in variation B (20%, +3%), while the optimal water porosity is recorded at 7.32% in variation A (0%, +0%). Additionally, utilizing styrofoam waste and banana stem fibers can lower tile production costs by up to 2.78%.

Keywords: Concrete Tiles, Flexural Strength, Styrofoam Waste, Porosity, Banana Stem Fiber

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt. karena hanya dengan izin serta karunia-Nya, peneliti dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serat Batang Pisang Dan Limbah Styrofoam Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Genteng Beton” sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Laporan ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan (D4) pada Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Vokasi Universitas Diponegoro.

Kami menyadari bahwa penelitian yang kami lakukan masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Selain itu, banyak pihak telah membantu kami dalam Menyusun laporan ini, oleh karena itu dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah swt. atas segala Rahmat, hidayah, petunjuk dan kasih sayang-Nya, serta Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan hidup terbaik bagi peneliti.
2. Bapak Prof Ir. Budiyo, M. Si., selaku Dekan Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
3. Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Universitas Diponegoro
4. Ibu Shifa Fauziah, S.T., M.T., dan Ibu Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar dan telaten memberikan arahan kepada kami dalam proses penelitian ini.
5. Kedua orang tua, dari Ananda Rhara Syakilla P. H., yaitu Bapak Edy Kusharminto dan Ibu Tri Wiyati, penulis mengucapkan banyak terima kasih karena atas doa, dukungan, dan kasih sayang mereka, penelitian ini bisa terlaksana dengan baik dan lancar sampai akhir.

6. Kedua orang tua, dari Ananda M. Arif Budiyanto, yaitu Bapak Mulyono dan Ibu Sri Sutarmi, penulis mengucapkan banyak terima kasih karena atas doa, dukungan, dan kasih sayang mereka, penelitian ini bisa terlaksana dengan baik dan lancar sampai akhir.
7. Beberapa sahabat dan orang terdekat yang sudah membantu dukungan, baik secara moril maupun ilmu untuk membantu keberjalanan proses penelitian kami.

Semarang, 18 Juni 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Maksud dan Tujuan	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Genteng Beton.....	7
2.2 Material Campuran Genteng Beton	8
2.2.1 Semen Portland	9
2.2.2 Pasir.....	9
2.2.3 Air.....	10
2.2.4 Serat Batang Pisang.....	11
2.2.5 Limbah <i>Styrofoam</i>	12
2.3 Pengujian Material	14
2.3.1 Uji <i>Grain Size</i>	14
2.3.2 Uji Kadar Lumpur	14
2.4 Pengujian Benda Uji	15

2.4.1 Sifat Tampak	15
2.4.2 Ukuran.....	15
2.4.3 Kerataan	16
2.4.4 Kuat Lentur	16
2.4.5 Penyerapan Air (Porositas).....	17
2.4.6 Perbandingan Berat	17
2.4.7 Ketahanan Terhadap Rembesan Air (Impermeabilitas)	17
2.5 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Jenis Metode Penelitian.....	23
3.2 Variabel Penelitian	23
3.2.1 Variabel Bebas.....	23
3.2.2 Variabel Terikat	24
3.2.3 Variabel Pengendali.....	25
3.3 Desain Penelitian.....	25
3.4 Diagram Alur Studi Penelitian	29
3.5 Pemeriksaan Karakteristik Bahan	31
3.5.1 Pasir.....	31
3.5.2 Semen.....	38
3.5.3 Air.....	42
3.5.4 Bahan Tambah.....	42
3.6 Persiapan Alat dan Bahan	44
3.6.1 Alat	44
3.6.2 Bahan	50
3.7 Pembuatan Benda Uji Genteng Beton.....	52
3.8 Pengujian Benda Uji	55
3.8.1 Perbandingan Berat	55
3.8.2 Kerataan	56

3.8.3 Penyerapan Air (Porositas).....	57
3.8.4 Rembesan Air (Impermeabilitas)	58
3.8.5 Uji Kuat Lentur	59
3.8.6 Sifat Tampak	61
3.8.7 Ukuran.....	62
3.9 Rancangan Output Penelitian.....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
4.1 Hasil Uji Agregat Halus	64
4.1.1 Uji Analisa Gradasi Butiran	64
4.1.2 Uji Kadar Lumpur Kocokan.....	65
4.1.3 Uji Berat Jenis	66
4.2 Hasil Uji Semen	67
4.2.1 Uji Konsistensi Normal Semen.....	67
4.2.2 Uji Waktu Ikat	67
4.3 Hasil Uji Serat Batang Pisang.....	68
4.3.1 Uji Berat Jenis	68
4.4 Hasil Uji Genteng Beton	69
4.4.1 Hasil Uji Ukuran	69
4.4.2 Hasil Uji Sifat Tampak.....	74
4.4.3 Hasil Uji Kerataan.....	76
4.4.4 Hasil Uji Berat.....	78
4.4.5 Hasil Uji Rembesan Air (Impermeabilitas).....	80
4.4.6 Hasil Uji Penyerapan Air (Porositas)	82
4.4.7 Hasil Uji Kuat Lentur.....	87
4.5 Analisa Kebutuhan Biaya.....	93
4.6 Rekapitulasi Hasil Penelitian	97
BAB V KESIMPULAN.....	99
5.1 Kesimpulan	99

5.2 Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Beban Lentur Genteng Beton Minimal.....	8
Tabel 2. 2 Ukuran Bagian Genteng Beton.....	15
Tabel 2. 3 Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal	16
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3. 1 Job Mix design.....	26
Tabel 3. 2 Komposisi Bahan Campuran	29
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pasir dengan Sieve Shaker	64
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kadar Lumpur Kocokan.....	65
Tabel 4. 3 Hasil Uji Berat Jenis Pasir	66
Tabel 4. 4 Hasil Uji Konsistensi Normal Semen Portland Komposit.....	67
Tabel 4. 5 Hasil Pemeriksaan Waktu Ikut Semen	67
Tabel 4. 6 Hasil Uji Berat Jenis Serat Batang Pisang	68
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Genteng Beton.....	69
Tabel 4. 8 Hasil Uji Sifat Tampak Pada Benda Uji	75
Tabel 4. 9 Hasil Uji Kerataan Genteng Beton	77
Tabel 4. 10 Hasil Perbandingan Berat	78
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Rembesan Air	80
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Penyerapan Air	82
Tabel 4. 13 Hasil Analisa Pengujian Penyerapan Air	85
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Beban Lentur	87
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Rata - Rata Kuat Lentur Genteng 14 Hari	89
Tabel 4. 16 Perhitungan Hasil Kuat Lentur Genteng Beton 28 Hari.....	91
Tabel 4. 17 Kebutuhan Bahan - Bahan Campuran	94
Tabel 4. 18 Biaya Produksi Genteng Variasi A	95
Tabel 4. 19 Biaya Produksi Genteng Variasi B	95
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Jumlah Biaya Produksi	96
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Hasil Pengujian.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Serat Batang Pisang Kering	11
Gambar 2. 2 Limbah Styrofoam	13
Gambar 3. 1 Genteng Beton	25
Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian	30
Gambar 3. 3 Menyiapkan Pasir 130 gram	31
Gambar 3. 4 Menambahkan Air Sampai Batas 250 ml	31
Gambar 3. 5 Menutup Atas Gelas Ukur	32
Gambar 3. 6 Mengguncangkan Gelas Ukur	32
Gambar 3. 7 Diamkan Gelas Ukur 24 Jam	32
Gambar 3. 8 Menyiapkan Pasir	33
Gambar 3. 9 Menyusun Saringan	34
Gambar 3. 10 Menggetarkan Alat Selama 15 Menit	34
Gambar 3. 11 Menimbang Pasir Pada Setiap Saringan	34
Gambar 3. 12 Menyiapkan Pasir	35
Gambar 3. 13 Rendam Pasir 24 Jam.....	35
Gambar 3. 14 Tumbuk Pasir Setiap 1/3 Bagian.....	36
Gambar 3. 15 Angkat Metal Sand Cone	36
Gambar 3. 16 Menimbang Piknometer.....	36
Gambar 3. 17 Menimbang Piknometer dengan Aquades	37
Gambar 3. 18 Menimbang Pasir Kering Oven	37
Gambar 3. 19 Menyiapkan Alat Vicat	38
Gambar 3. 20 Menyiapkan Mol atau Cincin Ebonate	39
Gambar 3. 21 Menyiapkan Semen	39
Gambar 3. 22 Menyiapkan Air	39
Gambar 3. 23 Pasang Adonan Pada Vicat	40
Gambar 3. 24 Mencatat Angka Penurunan Pada Jarum	40
Gambar 3. 25 Mencatat Suhu Ruangan	40
Gambar 3. 26 Menyiapkan Adonan	41
Gambar 3. 27 Menjatuhkan Jarum Ke Adonan	41
Gambar 3. 28 Membaca Hasil penurunan Setiap 15 Menit.....	42
Gambar 3. 29 Sisir Batang Pisang	43
Gambar 3. 30 Jemur Serat Batang Pisang	43
Gambar 3. 31 Potong Serat Batang Pisang Kering.....	43
Gambar 3. 32 Menghancurkan Styrofoam	44
Gambar 3. 33 Menghancurkan Styrofoam Kembali.....	44

Gambar 3. 34 Timbangan	45
Gambar 3. 35 Saringan Ayakan	45
Gambar 3. 36 Oven.....	46
Gambar 3. 37 Wadah atau Cawan.....	46
Gambar 3. 38 Cetok atau Sendok Semen	46
Gambar 3. 39 Gelas Ukur	47
Gambar 3. 40 Cetakan Genteng.....	47
Gambar 3. 41 Meteran Gulung	48
Gambar 3. 42 Universal Testing Machine	48
Gambar 3. 43 Drum Air	48
Gambar 3. 44 Plastik Cor	49
Gambar 3. 45 Mini Chopper.....	49
Gambar 3. 46 Seng	49
Gambar 3. 47 Malam atau Lilin.....	50
Gambar 3. 48 Kompor	50
Gambar 3. 49 Semen Merdeka	51
Gambar 3. 50 Pasir	51
Gambar 3. 51 Limbah Styrofoam	51
Gambar 3. 52 Serat Batang Pisang	52
Gambar 3. 53 Air	52
Gambar 3. 54 Mencampurkan Bahan Menjadi Adonan	53
Gambar 3. 55 Mencetak Genteng Beton	54
Gambar 3. 56 Mengeringkan Genteng di Suhu Ruangan	54
Gambar 3. 57 Proses Curing.....	55
Gambar 3. 58 Menimbang Genteng Beton.....	56
Gambar 3. 59 Mengukur Kerataan Genteng.....	56
Gambar 3. 60 Menimbang Berat Genteng Kering.....	57
Gambar 3. 61 Merendam Genteng Dalam Air Selama 24 Jam	57
Gambar 3. 62 Menimbang Berat Genteng Basah	58
Gambar 3. 63 Menyiapkan Seng	58
Gambar 3. 64 Pasang Seng dan Rekatkan dengan Lilin.....	59
Gambar 3. 65 Contoh Pengujian Rembesan Air Pada Genteng	59
Gambar 3. 66 Menyiapkan Genteng Beton	60
Gambar 3. 67 Meletakkan Genteng di Atas Mal Kayu.....	60
Gambar 3. 68 Meletakkan Lap di Atas Genteng	60
Gambar 3. 69 Perhatikan Tampak Fisik Pada Genteng Beton.....	62
Gambar 3. 70 Mengukur Tebal, Kaitan, dan Penampang Genteng Beton.....	62

Gambar 4. 1	Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Tebal Genteng.....	72
Gambar 4. 2	Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Kaitan Genteng.....	73
Gambar 4. 3	Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Penampang Genteng.....	74
Gambar 4. 4	Grafik Perbandingan Rata - Rata Berat Genteng.....	79
Gambar 4. 5	Grafik Perbandingan Rata - Rata Penyerapan Air Genteng.....	86
Gambar 4. 6	Grafik Perbandingan Kuat Lentur Genteng Beton 28 Hari	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Genteng merupakan bagian yang penting terutama dalam pembangunan rangka atap, mengingat fungsi genteng sendiri adalah sebagai pelindung bangunan itu sendiri. Pada dasarnya, jenis genteng sangat bervariasi disesuaikan dengan kebutuhan bangunan. Beberapa diantaranya adalah genteng beton, genteng seng, genteng keramik, genteng tanah liat, dan genteng kayu (Ananda, 2020). Setiap jenis genteng juga memiliki karakteristik yang berbeda, tergantung pada bahan utama pembuatnya dan harganya. Dari beberapa genteng yang ada di Indonesia, pastinya memiliki permasalahannya masing-masing. Permasalahan yang timbul ini bisa dikarenakan bahan campuran pembuatnya atau faktor lain seperti perawatannya.

Genteng beton merupakan salah satu material penutup atap yang cukup populer karena memiliki beberapa keunggulan, seperti ketahanan terhadap api dan kekuatan tekan yang tinggi. Namun genteng beton juga memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah bobotnya yang relatif berat, sehingga memberikan beban tambahan pada struktur atap dan memerlukan rangka atap yang lebih kuat. Selain itu, beton sebagai material utama dalam pembuatan genteng beton memiliki sifat getas sehingga mudah retak karena kurang mampu menahan tegangan tarik (Ardiyanti & S, 2015). Retakan yang terjadi pada genteng beton berpotensi menyebabkan kebocoran yang dapat mengganggu kenyamanan penghuni serta menurunkan fungsi utama dari atap sebagai pelindung bangunan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pengembangan material campuran genteng beton sehingga mampu mengurangi bobot genteng beton secara keseluruhan dan juga meningkatkan fleksibilitas dan daya tahan terhadap kerusakan struktural.

Berdasarkan data yang dihimpun oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), hampir 1 juta ton limbah *styrofoam* tercatat masuk ke sungai di 18 kota besar di Indonesia sejak tahun 2018, dan jumlah ini terus meningkat setiap tahunnya

(BASRA (Berita Anak Surabaya), 2022). Kondisi ini menjadi ancaman serius bagi lingkungan karena *styrofoam* merupakan jenis sampah yang sangat sulit terurai secara alami. Salah satu upaya untuk mengurangi limbah *styrofoam* adalah dengan menggunakannya sebagai inovasi material dalam pembuatan genteng beton. Hal tersebut dikarenakan *styrofoam* memiliki bobot yang sangat ringan sehingga mampu mengurangi bobot genteng beton.

Limbah *styrofoam* merupakan salah satu limbah terbesar yang tersebar hampir di seluruh dunia. Meningkatnya kebutuhan produk menggunakan *styrofoam* ini adalah salah satu masalah yang seharusnya menjadi fokus manusia. Diharapkan dengan memanfaatkan limbah *styrofoam*, akan mengurangi di memanfaatkan limbah tersebut menjadi solusi yang baik dan bijak untuk mewujudkan ramah lingkungan. Selain itu, limbah *styrofoam* juga memiliki kandungan yang baik untuk mengurangi berat dan menambah kuat lentur pada genteng beton. Pada penelitian sebelumnya, didapati nilai paling tinggi kuat lentur adalah 109,16 dengan komposisi 1 Semen : 2 Pasir : 1 Styrofoam dengan penambahan ijuk 1%. Kuat lentur yang didapatkan oleh penambahan serat ijuk adalah sebesar 5,8%, sedangkan didapatkan hasil kuat lentur rata-rata 6,22% dari penambahan Styrofoam (Halim, 2020). Sebagai bentuk lanjutan dari upaya pemanfaatan limbah, beberapa penelitian juga mulai mengkaji potensi serat alami lainnya, salah satunya berasal dari serat batang pisang.

Penggunaan serat batang pisang adalah salah satu bentuk pemanfaatan limbah dengan baik dan bijak. Pasalnya, pohon pisang selalu dimanfaatkan dengan baik kecuali batangnya. Jarang sekali batang pisang bisa diolah dan termanfaatkan dengan baik seperti bagian pohon pisang yang lain. Batang tanaman pisang terdiri dari berbagai lapisan, dimulai dari lapisan muda di dalam hingga lapisan tua di luar. Serat batang pisang memiliki potensi yang baik sebagai bahan pengisi pada komposit (Utama et al., 2020). Diketahui bahwa sifat mekanik yang ada dalam serat batang pisang juga cukup baik. Beberapa diantaranya adalah mengandung selulosa sebesar 63% - 64%, mengandung lignin sebanyak 5%, lalu hemiselulosa sebesar 20%, dan memiliki seberat 1,35g/cm³ densitas, serta memiliki kuat tarik rata-rata sebesar 600

MPa dengan modulus tariknya 17,85 GPa (Hani & Tanjung, 2020). Kadar densitas yang dimiliki oleh serat batang pisang bisa dikatakan rendah. Tingkat densitas yang rendah dapat membantu untuk menekan berat dari genteng beton nantinya. Pasalnya, semakin rendah tingkat densitas yang dimiliki maka massa yang diperoleh juga akan semakin kecil. Lapisan pada batang tanaman pisang memiliki serat yang halus. Untuk mendapatkan batang dengan serat yang banyak, dapat menggunakan batang pisang yang sudah tua karena kadar airnya rendah, sehingga dapat terlihat seratnya dengan jelas (Hani & Rini, 2018). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa serat batang pisang dapat berpengaruh pada permukaan beton menjadi lebih baik. Beton yang menggunakan serat batang pisang lebih banyak, menghasilkan beton dengan tingkat keretakan minimum. Hal ini sangat berpengaruh baik, karena ikatan yang terjadi di dalam beton semakin kuat. Selain itu, pada genteng beton memiliki kuat lentur yang baik dibutuhkan uji kelenturan yang sesuai dengan SNI 0096:2007

Namun penelitian terhadap dua bahan tersebut belum dilakukan sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan *styrofoam* dan serat batang pisang pada genteng beton. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan inovasi pada pembuatan genteng beton sehingga lebih ringan, lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan genteng beton pada umumnya. Salah satu pendekatan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan limbah *styrofoam* sebagai bahan pengganti pasir untuk mengurangi berat dan serat batang pisang sebagai pengganti semen untuk meningkatkan kuat lentur genteng beton.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan berdasarkan data awal yang telah ditemukan, maka identifikasi masalah yang dapat didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Dikarenakan bobot yang cukup berat dan keretakan yang sering ditimbulkan oleh genteng beton menyebabkan penggunaannya di kalangan Masyarakat menjadi pertimbangan ulang meskipun genteng beton memiliki keunggulan dibandingkan

genteng lainnya. Di sisi lain, penggunaan genteng beton juga mengharuskan sebuah bangunan memiliki rangka atap yang kuat untuk menahan bobot dari genteng beton.

2. Banyaknya limbah Styrofoam yang tidak dapat didaur ulang serta minimnya penggunaan serat batang pisang menyebabkan terjadinya berbagai permasalahan lingkungan. Jika ditinjau dari limbah Styrofoam yang terbuang sia – sia maka dapat menyebabkan pencemaran tanah serta pencemaran air, terlebih jika limbah Styrofoam dibakar maka dapat menyebabkan pencemaran udara. Sedangkan jika ditinjau dari serat batang pisang yang sudah tidak dimanfaatkan, maka dapat menyebabkan pencemaran udara dikarenakan serat batang pisang yang telah busuk dapat menyebabkan lingkungan sekitar berbau tidak sedap.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan hasil identifikasi masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah campuran serat batang pisang dan limbah Styrofoam berpengaruh terhadap pengurangan bobot pada genteng beton?
2. Apakah genteng beton campuran serat batang pisang dan limbah *Styrofoam* dapat memenuhi standar uji kuat lentur, porositas, impermeabilitas, dan visual yang dihasilkan pada genteng beton sesuai dengan SNI 0096:2007?
3. Berapa komposisi campuran yang paling optimal antara semen, pasir, *styrofoam*, dan serat batang pisang untuk menghasilkan genteng beton yang ringan namun tetap memiliki kekuatan yang sesuai standar?
4. Bagaimana pengaruh biaya dari genteng beton campuran serat batang pisang dan limbah Styrofoam dengan genteng beton konvensional?

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh campuran serat batang pisang dan limbah Styrofoam dalam pembuatan genteng beton agar bahan campuran tersebut bisa menjadi solusi dalam mengurangi bobot dari genteng beton konvensional. Mengacu pada rumusan masalah yang sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan serat batang pisang dan limbah Styrofoam terhadap berat pada genteng beton
2. Mengetahui hasil optimum kuat lentur, porositas, serta impermeabilitas genteng beton setelah dicampur oleh serat batang pisang dan limbah Styrofoam.
3. Mengetahui dan menentukan komposisi campuran yang paling optimal antara semen, pasir, *styrofoam*, dan serat batang pisang dalam pembuatan genteng beton, sehingga dihasilkan produk yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan yang memenuhi standar yang berlaku.
4. Mengetahui pengaruh biaya yang dihasilkan oleh material serat batang pisang dan limbah *styrofoam* terhadap genteng beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan dan wawasan mengenai inovasi penambahan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* sebagai bahan substitusi pada pembuatan genteng beton.
2. Memberikan pengetahuan mengenai inovasi penambahan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* pada pembuatan genteng beton yang memiliki keunggulan dalam aspek kuat lentur dan berat.
3. Memberikan solusi pemanfaatan terhadap menumpuknya limbah Styrofoam dan limbah batang pisang
4. Memberikan informasi perbandingan harga yang diperoleh dari genteng beton campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam* terhadap genteng beton non campuran atau konvensional.

1.6 Batasan Masalah

Perlu adanya pembatasan masalah agar mempersempit ruang lingkup yang ditinjau:

1. Serat batang pisang yang digunakan adalah serat batang pisang dalam keadaan kering
2. Studi kasus hanya perbandingan antara genteng beton konvensional
3. Hanya berfokus pada standar pengujian genteng beton berbasis SNI.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu perbandingan uji kuat lentur, uji kuat tekan, uji porositas, uji impermeabilitas, rata-rata, ukuran, dan sifat tampak antara genteng beton konvensional dengan genteng beton serat batang pisang dan limbah *styrofoam*.
5. Variasi substitusi dengan persentase A (0%, +0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%, +4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Genteng Beton

Menurut SNI 0096:2007 genteng beton atau genteng semen adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap terbuat dari campuran merata antara semen Portland atau sejenisnya dengan aregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen. Genteng beton merupakan jenis atap yang umum digunakan untuk industri konstruksi. Genteng beton terbuat dari campuran beton dan terkadang dalam pembuatannya ditambahkan bahan lain seperti serat atau serpihan batu untuk meningkatkan daya tahan dan kekuatan. Beberapa keunggulan yang ditawarkan dalam penggunaan genteng beton menjadikannya cukup populer di saat membangun bangunan. Pertama, genteng beton dapat bertahan dalam waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan yang signifikan karena sangat tahan terhadap suhu dan cuaca ekstrem. Kedua, genteng beton biasanya tersedia dalam berbagai warna dan desain, sehingga dapat disesuaikan dengan berbagai gaya dan estetika bangunan. Ketiga, genteng beton dapat dipasang dengan mudah, sehingga mempercepat proses pembangunan dan lebih efisien dalam penggunaannya.

Persyaratan mutu genteng beton menurut SNI-03-0096-1999 kemudian direvisi dengan SNI 0096: 2007 adalah sebagai berikut:

1. Ukuran dan bentuk

Berdasarkan SNI 0096:2007, tebal genteng minimal 8 mm ke atas, dengan pengecualian bagian penumpangan (*interlocking*) yang harus lebih tebal dari 6 mm. Pada permukaan bawah genteng beton, lugs atau kait, harus dipasang pada reng dengan lebar lebih dari 20 milimeter dan tinggi lebih dari 12 milimeter. Penambahan lubang untuk memasukkannya pada kaso-kaso boleh ditambahkan jika memang diperlukan. Penumpangan tepi adalah bagian yang harus dimiliki oleh genteng dengan minimal lebarnya adalah 25 milimeter dan alur air yang dalamnya paling sedikit 3 milimeter dengan jumlah alur minimal

1 buah. Bentuk genteng harus seragam untuk setiap jenis dan tidak boleh ada keretakan maupun cacat-cacat yang lain pada permukaan atasnya yang mempengaruhi sifat permukaannya.

Kekuatan lentur genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimum seperti pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Karakteristik Beban Lentur Genteng Beton Minimal

Tinggi profil (mm)	Genteng interlok						Genteng <i>non</i> <i>interlok</i>
	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)

Berdasarkan SNI 0096:2007, persyaratan kekuatan lentur genteng beton dibedakan berdasarkan jenisnya, yaitu genteng interlock dan non interlock. Pada genteng interlock, semakin tinggi profil dan semakin lebar penutup genteng, maka beban lentur minimal yang harus dipenuhi juga semakin besar. Untuk profil dengan tinggi lebih dari 20 mm dan lebar ≥ 300 mm, beban lenturnya minimal 2000 N. Sedangkan untuk genteng rata (tinggi < 5 mm) dengan lebar ≤ 200 mm, beban lenturnya minimal 800 N. Sementara itu, untuk genteng non interlock, beban lentur minimalnya adalah 550 N.

2. Ukuran normal

Ukuran genteng beton pada umumnya adalah panjang 38 cm, lebar 22 cm, tebal 1,5-1,8 cm, panjang berguna 33 cm, lebar berguna 19,5 cm, namun pada bagian sambungannya memiliki panjang 3 cm, tebal 2 cm, dan tinggi 1 cm.

2.2 Material Campuran Genteng Beton

Material campuran pada genteng beton konvensional hanya terdiri dari pasir atau agregat halus, semen, dan faktor air semen. Namun, pada genteng beton campuran akan ditambahkan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* sebagai material penyusunnya.

2.2.1 Semen Portland

Mengacu pada aturan SNI 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dibuat dengan penggilingan terak semen portland, yang terutama terdiri dari kalsium silikat hidrolis, dengan bahan tambahan seperti satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Semen portland juga dapat ditambahkan dengan bahan tambahan lainnya. Semen portland memiliki beberapa jenis berdasarkan penggunaannya, diantaranya yaitu :

1. Jenis I

Semen portland jenis I dimaksudkan untuk penggunaan umum dan tidak memerlukan persyarata khusus yang diwajibkan oleh jenis lain.

2. Jenis II

Semen portland tipe II membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi saat digunakan.

3. Jenis III

Dalam penggunaannya, semen portland tipe III membutuhkan kekuatan tinggi saat tahap permulaan setelah pengikatan.

4. Jenis IV

Pada semen portland jenis IV, yang membutuhkan kalor hidrasi rendah untuk penggunaannya.

5. Jenis V

Semen portland jenis V, adalah semen portland yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dalam proses penggunaannya.

2.2.2 Pasir

Menurut aturan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah suatu bahan yang digunakan dalam campuran pembuatan beton yang berasal dari hasil alam maupun olahan dan memiliki maksimal besar butiran adalah 4,76 mm. Sedangkan menurut ASTM C33, ukuran butiran pada agregat halus adalah lebih kecil dari 5 mm dan lolos saringan no.4

serta tertahan pada saringan No.200. Pada umumnya agregat halus yang diketahui oleh Masyarakat awam adalah pasir.

Pasir menjadi salah satu contoh dari agregat halus, material pasir juga menjadi salah satu bahan pembuatan genteng beton. Fungsi dari penggunaan pasir pada pembuatan genteng beton adalah untuk mengikat antar partikel agregat. Pasir bermanfaat dalam pembuatan genteng ini karena berfungsi sebagai bahan agregat utama dan membantu mencegah retakan setelah genteng mengering. Ini karena adanya pasir akan mengurangi kerusakan mulai dari pencetakan hingga pengeringan (Barus, 2020). Jumlah kadar pasir juga mempengaruhi hasil dari genteng beton itu sendiri. Ketika sudah mengering, kadarpasir yang terlalu sedikit akan menyebabkan kerapuhan pada genteng beton tersebut. Dikarenakan pada percobaan kali ini menggunakan bahan limbah *styrofoam* dan serat kering batang pisang, dua bahan tersebut tidak mengikat satu sama lain, sehingga diperlukan pasir sebagai material pengikatnya.

Pasir yang baik adalah pasir yang murni dan bersih. Pasir dapat digunakan menjadi salah satu bahan penyusun beton dengan syarat tidak mengandung kadalumpur atau lempung. Lumpur atau lempung, dapat mempengaruhi perekatan yang dihasilkan oleh pasir sehingga berpengaruh terhadap kekuatan genteng beton. Untuk mengetahui kadar lumpur pada pasir, bisa dilakukan uji coba sebelum menggunakan pasir tersebut. Uji kadar lumpur dengan cara memperhatikan endapannya ini bisa dilakukan di laboratorium terdekat. Dengan menggunakan gelas ukur, pasir, dan air. Kadar lumpur yang masih bisa ditoleransi pada kandungan pasir tidak boleh lebih besar dari 3% berat pasir itu sendiri (Barus, 2020). Selain bersih, permukaan pasir yang baik adalah yang permukaannya kasar dan sulit untuk dihaluskan dengan tangan.

2.2.3 Air

Air diperlukan dalam proses pembuatan beton dikarenakan air mengubah unsur kimiawi pada semen, lalu memudahkan pekerjaan pembuatan beton. Semen dan air akan menghasilkan pasta semen, sehingga hal – hal yang harus diperhatikan adalah perbandingan antara jumlah air dengan total campurannya. Kadar air sangat

mempengaruhi hasil dan karakteristik beton. Semakin banyak kadar airnya, maka hasilnya nanti akan semakin banyak gelembung – gelembung rongga yang ada di beton tersebut setelah proses hidrasi selesai, kebalikannya jika kadar airnya terlalu sedikit maka proses hidrasinya tidak akan tercapai atau beresiko gagal.

2.2.4 Serat Batang Pisang

Secara umum terdapat dua macam serat, yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat yang diperoleh dari Binatang maupun tanaman biasa disebut serat alam. Selama bertahun-tahun, manusia telah banyak menggunakan serat ini. Ini termasuk wol, kapas, sutera, pelepah pisang, serabut kelapa, bambu, nanas, ijuk dan goni. Dua kelemahan serat alam adalah ukuran yang tidak seragam dan kekuatan yang dipengaruhi usia. Indonesia merupakan negara tropis yang mayoritas penduduknya pasti menanam pohon pisang. Fungsi utama serat dalam komposit adalah sebagai pendukung kekuatan, sehingga kekuatan komposit sangat bergantung pada serat yang digunakan. Tegangan yang diterapkan pada komposit pertama kali diterima oleh matriks dan kemudian dialirkan ke serat. Sehingga serat bertugas menahan beban hingga mencapai beban maksimum. Oleh karena itu, serat harus memiliki tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks komposit (Marhasil, 2016). Pohon pisang yang tercatat di seluruh Indonesia jumlahnya sangat besar dibandingkan dengan tanaman-tanaman lainnya. Bentuk serat batang pisang yang kering dan siap digunakan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Serat Batang Pisang Kering

Pada tabel data yang disajikan oleh Badan Pusat Statistik, tercatat bahwa pada tahun 2015 kurang lebih jumlah total produksi pisang yang ada di Indonesia sebesar 1.942.157 ton (Badan Pusat Statistik, 2016). Diketahui pula, bahwa serat batang pisang mengandung selulosa sebesar 63% - 64%, mengandung lignin sebanyak 5%, lalu hemiselulosa sebesar 20%, dan memiliki seberat 1,35g/cm³ densitas, serta memiliki kuat tarik rata-rata sebesar 600 MPa dengan modulus tariknya 17,85 GPa (Hani & Tanjung, 2020). Tertera bahwa densitas yang terkandung pada serat batang pisang cukup sedikit, hal ini nantinya akan mempengaruhi massa dari hasil benda uji. Dalam setiap masa panen buah pisang, batang atau pohon pisang termasuk dalam bagian yang sering tidak terpakai. Dalam situasi ini, akan menyebabkan limbah organik dari batang pisang mengalami penumpukan yang semakin banyak. Oleh karena itu, inovasi pemanfaatan limbah batang pisang untuk bahan komposit sangatlah penting. Batang tanaman pisang terdiri dari berbagai lapisan, mulai dari lapisan muda di dalam hingga lapisan tua yang terletak di paling luar. Batang tanaman pisang juga dilapisi dengan lapisan serat yang halus. Serat didapat dari batang pohon pisang yang sudah tua dan sudah tidak bisa menghasilkan buah atau batang yang memiliki kapasitas air sangat rendah, sehingga serat dapat dengan mudah diamati dan dipisahkan. Pada penelitian “Pengaruh Campuran Serat Pisang Terhadap Beton”, penambahan persentase serat batang pisang sebanyak 5% menghasilkan hasil yang optimal terhadap pengurangan keretakan yang timbul di permukaan beton dengan nilai kuat tekan paling rendah. Penambahan persentase sebanyak 2,5% pada serat batang pisang dalam penelitian yang dilakukan oleh Setiawan, A. & Arini, R. S., mampu menambahkan nilai kuat lentur yaitu menjadi sebesar 59,43 kg/cm di pengujian 28 hari. Dari kedua penelitian di atas, dapat dicoba untuk menaikkan persentase campuran serat batang pisang di angka 3% – 4% untuk memastikan apakah bisa didapat hasil yang lebih optimal.

2.2.5 Limbah Styrofoam

Penggunaan *styrofoam* atau bisa disebut dengan *polystyrene*, jumlahnya makin meningkat. Pasalnya, banyak sekali usaha *food and beverages* yang masih

menggantungkan penggunaan pada *styrofoam*. *Styrofoam* banyak dijadikan kemasan pada makanan dikarenakan bahannya yang ringan dan menahan panas (Hidayah & Winduastuti, 2023). Fenomena ini mengakibatkan peningkatan limbah *styrofoam* di seluruh Indonesia. Gugus phenyl merupakan kandungan yang diciptakan dari *styrene* ($C_6H_5CH_9CH_2$) yang merupakan pembentuk *polystyrene* (Hanif Hasbi Ardin et al., 2017). *Expanded polystyrene* juga diketahui memiliki bentuk butiran atau yang biasa disebut granular. Contoh limbah *styrofoam* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Limbah *Styrofoam*

Butiran pada *expanded polystyrene* ini memiliki satuan yang kecil yaitu sebesar $0,046 \text{ gr/cm}^3$. Hal tersebut menimbulkan peluang yang cocok untuk membuat berat jenis beton yang ringan (Gunavel et al., 2020). Hal ini juga didukung pada penelitian-penelitian terdahulu, bahwa campuran limbah *styrofoam* dapat menambah kuat lentur bahkan sampai 6,22% dan mampu untuk menurunkan bobot genteng beton sampai 3,06% (Halim, 2020). Mengutip dari Hermanto et al., (2017), penambahan campuran *styrofoam* juga mampu meningkatkan kuat beban lentur genteng beton di mana semakin tinggi persentase penambahannya, maka semakin besar pula kuat lentur yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik pada limbah *styrofoam*. Rongga udara yang dihasilkan dari limbah *styrofoam* mampu membuat keunggulan dalam kuat tarik pada beton ramah lingkungan (Hidayah & Winduastuti, 2023). Pada penelitian sebelumnya, campuran 40% pada serat sabut kelapa dan limbah *styrofoam*

mendapatkan hasil paling optimal beban lentur dengan nilai 223,5 kg yang bisa diasumsikan 40% merupakan campuran dengan jumlah komposisi seimbang 20% : 20%.

2.3 Pengujian Material

2.3.1 Uji *Grain Size* (Analisis Gradasi Butiran)

Grain size analysis (analisis gradasi butiran) adalah suatu percobaan menyaring sampel tanah melalui satu set saringan, yang mana lubang – lubang ayakan tersebut disusun menurut ukurannya dimulai dari yang terbesar hingga terkecil diamteranya. Salah satu ukuran butir sampel tanah adalah banyaknya tanah yang tertahan pada saringan.

Tujuan dilakukannya uji ini adalah untuk mengetahui ukuran butrian pada tanah tersebut sehingga akan lebih mudah untuk mengklasifikasikannya. Seperti yang sudah dijelaskan di atas, berdasarkan (SNI 6371:2015), pasir yang lolos pada ayakan nomor 4 atau berdiameter 4,75 mm dan tertahan pada ayakan No.200 yang akan digunakan untuk membuat beton.

Pengujian ini bisa dengan menggunakan alat *sieve shaker*, caranya adalah dengan menyiapkan pasir yang akan diuji. Rendam pasir tersebut selama 24 jam, lalu kemudian, keringkan pasir tersebut di dalam oven. Lalu masukkan dalam mesin *sieve shaker* selama 15 menit. Kemudian nanti setiap cawan akan tertahan pasir sesuai dengan diameternya.

2.3.2 Uji Kadar Lumpur

Uji kadar lumpur pada agregat halus bisa dengan berbagai macam metode. Kali ini, metode yang akan digunakan adalah dengan metode kocokan, siapkan pasir dengan berat sekitar 130 gr lalu masukkan pada gelas ukur berukuran 250 ml. tambahkan air ke dalam gelas ukur sampai batas atas pembacaan gelas ukur. Tutup rapat bagian permukaan gelas ukur, pastikan Ketika digoyangkan tidak ada pasir maupun air yang keluar. Kocok gelas ukur secara merata dan konsisten selama 30 menit, setelah itu diamkan selama 24 jam. Catat tinggi lumpur yang terlihat pada gelas ukur.

2.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian material dilakukan untuk persiapan dilakukannya pembuatan benda uji genteng, hal tersebut bertujuan agar material yang digunakan sesuai dengan standar SNI 0096:2007.

2.4.1 Sifat Tampak

Permukaan atas pada genteng harus memiliki tekstur yang mulus. Tidak boleh terdapat retak atau cacat lain yang mempengaruhi sifat penggunaan.

2.4.2 Ukuran

Ukuran genteng beton yang beredar di pasaran pasti berbeda – beda tergantung pabriknya. Namun, acuan ukuran bagian genteng beton dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Ukuran Bagian Genteng Beton

Bagian yang diuji	Satuan	Persyaratan
Bagian yang rata penumpangan	Mm Mm	Min. 8 Min. 6
Kaitan : Panjang Lebar Tinggi	Mm Mm Mm	Min. 30 Min. 12 Min. 9
Penumpangan : Lebar Kedalaman alur Jumlah alur	Mm Mm Buah	Min. 25 Min. 35 Min. 1

(Sumber : SNI 0096:2007)

Ukuran bagian penumpangan pada genteng beton minimal adalah 8 mm dengan ukuran penumpangan minimal 6 mm. Sedangkan kaitan pada genteng beton harus memiliki Panjang minimal 30 mm dengan lebar 12 mm dan tinggi minimal 9 mm. lalu ukuran lebar penumpangan minimal 25 mm dengan kedalaman alur minimal 35 mm, serta jumlah alurnya minimal 1 buah.

2.4.3 Kerataan

Menurut SNI 0096:2007, kerataan pada permukaan genteng beton maksimal 3 mm. Kerataan dapat diketahui dengan mensejajarkan permukaan bawah genteng beton pada pelat.

2.4.4 Kuat Lentur

Nilai karakteristik beban lentur yang dapat ditahan oleh genteng beton berbeda – beda sesuai dengan jenis profil dan ukurannya. Pada penelitian ini, benda uji yang akan dibuat adalah jenis genteng beton interlock dengan nilai minimal kuat lentur yang dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal

Tinggi Profil (mm)	Genteng Interlock						Genteng non Interlock
	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)

Berdasarkan standar SNI 0096:2007, terdapat beberapa persyaratan teknis yang harus dipenuhi oleh genteng beton agar layak digunakan. Bagian-bagian yang diuji meliputi permukaan rata dan bagian penumpangan. Pada bagian permukaan yang rata, tebal minimalnya adalah 8 mm, sedangkan pada bagian penumpangan minimal 6 mm. Selain itu, bagian kaitan genteng juga harus memenuhi ukuran tertentu, yaitu panjang minimal 30 mm, lebar minimal 12 mm, dan tinggi minimal 9 mm. Kemudian, untuk bagian penumpangan genteng, harus memiliki lebar minimal 25 mm, kedalaman alur minimal 35 mm, dan jumlah alur minimal 1 buah. Seluruh persyaratan tersebut

bertujuan agar genteng beton memiliki kualitas yang baik, tidak mudah bergeser saat dipasang, serta mampu menahan air agar tidak bocor.

2.4.5 Penyerapan Air (Porositas)

Beton terbentuk dari campuran antara agregat, semen, dan air. Ikatan dan komposisi yang dihasilkan, akan menentukan kerapatan dari beton tersebut. Beton dengan minimal pori – pori akan menghasilkan penyerapan air yang rendah. Menurut SNI 0096:2007, penyerapan air maksimal pada genteng beton adalah 10%.

2.4.6 Perbandingan Berat

Salah satu kelemahan beton memiliki berat yang cukup besar. Hal ini menjadi salah satu aspek yang paling sering dibicarakan sehingga banyak kalangan membuat terobosan beton ringan atau *lighthouse concrete*. Penelitian ini juga bertujuan untuk menghasilkan genteng beton dengan berat yang lebih ringan dibandingkan dengan genteng beton konvensional.

2.4.7 Ketahanan Terhadap Rembesan Air (Impermeabilitas)

Selain faktor menyerap air, genteng juga harus memiliki sifat minim terhadap rembesan air. Sesuai dengan SNI 0096:2007, genteng beton yang baik adalah genteng beton dengan tidak ada tetesan air atau rembesan air jika diletakkan air di atas permukaannya selama ± 20 jam 5 menit.

2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam membuat sebuah penelitian perlu memperhatikan beberapa aspek penting, salah satunya adalah referensi penelitian terdahulu. Hal ini dimaksudkan untuk menemukan beberapa petunjuk dan informasi dalam melaksanakan sebuah penelitian baru. Penelitian yang digunakan sebagai referensi biasanya mulai dari minimal 10 tahun sebelumnya. aturan acuannya pun berbeda – beda. Beberapa referensi yang digunakan adalah yang memiliki prototipe sama atau bahan dan campuran yang sama. Referensi diambil bisa dari jurnal nasional, internasional, buku, maupun dokumen tugas akhir.

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi penelitian yang dituangkan di halaman berikutnya pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Pengujian	Obyek	Bahan Tambah	Variasi	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	Ariyani, 2015	Kuat Lentur	Genteng Beton	SERAT SABUT KELAPA	0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%	0% = 103,23 kg 1% = 107,59 kg 1,5% = 116,32 kg 2% = 119,22 kg 2,5% = 126,49 kg
2.	Hermanto et al., 2017	Kuat Lentur	Genteng Beton	LIMBAH <i>STYROFOAM</i> DAN SERAT SABUT KELAPA	0%, 10%, 15%, 40%	0% = 150,3 kg 10% = 177,8 kg 15% = 197,5 kg 40% = 223,5 kg
3.	Hani & Rini, 2018	Kuat Tekan	Beton	SERAT PISANG	0%, 2,5%, 5%	0% = 320 Mpa 2,5% = 164 Mpa 5% = 105 Mpa (retak minimum)
4.	Utama et al., 2020	Kuat Tekan	Beton	LIMBAH MARMER DAN SERAT BATANG PISANG	10%, 20%, 30%	0% = 18,85 Mpa 10% = 17,94 Mpa 20% = 17,52 Mpa 30% = 16,62 Mpa
5.	Halim, 2020	Kuat Lentur	Ganteng Beton	IJUK DAN LIMBAH <i>STYROFOAM</i>	<i>Styrofoam</i> : 0%, 8,33%, 16,67%, 33,33% Ijuk : 0%, 1%, 2%, 3%, 4%	Beban lentur rata-rata berkisar antara 81,31-109,16 kg sehingga tidak memenuhi syarat SNI 0096:2007

No	Sumber	Pengujian	Obyek	Bahan Tambah	Variasi	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6.	Setiawan & Arini, 2022	Kuat Tekan Kuat Lentur	Beton	SERAT BATANG PISANG	0%, 1%, 1,5%, 2,5%, 3%	Kuat Tekan 0% = 20,78 Mpa; 1% = 18,47 Mpa; 1,5% = 18,18 Mpa; 2,5% = 13,85 Mpa; 3% = 11,26 Mpa Kuat Lentur 0% = 46,51kg/cm; 1% = 70,86 kg/cm; 1,5% = 49,50 kg/cm; 2,5% = 59,43kg/cm; 3% = 47,6kg/cm
7.	Latif et al., 2024	Kuat Lentur	Beton	SERAT PELEPAH PISANG (KEPOH)	0%, 2%, 3%, 5%	0% = 3 Mpa 2% = 3,13 Mpa 3% = 3,33 Mpa 5% = 2,93 Mpa

(Sumber : Penulis)

Dari hasil penelitian terdahulu, inovasi dengan menambahkan limbah styrofoam ke dalam campuran pembuatan genteng beton memang dapat menekan bobot dari genteng beton. Didapatkan hasil paling ringan pada komposisi 1 Pc: 2 Ps: 1 Sty yang mampu mengurangi sampai sebesar 8,9% dari berat semula genteng konvensional yaitu sebesar 4,46 kg (Halim, 2020). Keunggulan juga ditemukan dalam uji impermeabilitas ketika genteng beton alternatif mampu menahan genangan air selama 20 jam dan tidak didapati adanya tetesan di bawahnya. Namun, penambahan campuran styrofoam tidak dapat menurunkan penyerapan air yang terjadi pada genteng beton. Pada penelitian tersebut, uji penyerapan airnya masih belum memenuhi standar SNI 0096:2007. Penggunaan serat ijuk juga dapat menambah bobot dari genteng beton. Berat genteng beton meningkat sebesar 2,07 % karena penambahan serat ijuk, sedangkan pengganti pasir dengan styrofoam dapat mengurangi beratnya (Halim, 2020). Pada penelitian dengan menggunakan serat sabut kelapa memang mampu juga menambah kuat lentur pada genteng beton. Persentase campuran sebesar 40% antara sabut kelapa dan limbah styrofoam menghasilkan nilai kuat lentur paling optimum sebesar 223,5 kg (Hermanto et al., 2017), Akan tetapi tidak diketahui bagaimana pengaruhnya terhadap perbandingan beratnya. Sehingga diperlukan bahan pengganti serat ijuk dan serat sabut kelapa agar dapat bereaksi dengan baik bersama dengan limbah styrofoam.

Setelah melalui berbagai pertimbangan berdasarkan 7 jurnal tersebut, telah ditemukan gagasan mengenai penggabungan dari beberapa jurnal yang berkaitan dengan genteng beton diantaranya serat pohon pisang dan limbah styrofoam dengan judul “Pengaruh Penambahan Serat Batang Pisang Dan Limbah *Styrofoam* Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Genteng Beton”, hal tersebut dikarenakan melihat beberapa hasil penelitian terdahulu, bahwa serat batang pisang memiliki hasil kuat lentur yang baik di mana itu adalah salah satu aspek penting yang harus dimiliki oleh genteng beton dan mampu menurunkan tingkat keretakan yang

terjadi pada beton. Kandungan yang terdapat pada serat batang pisang juga memiliki tingkat densitas yang rendah yaitu sebesar $1,35 \text{ gr/cm}^3$ (Hani & Tanjung, 2020). Tentunya hal tersebut dapat berpengaruh terhadap volume genteng beton nantinya. Serta, limbah styrofoam yang digunakan akan menciptakan genteng beton yang lebih ringan serta tidak mengurangi kuat lenturnya. Ketika dua bahan tersebut dipadukan tidak ada bahanyang memiliki hasil yang bertolak belakang sehingga dua bahan tersebut dirasa cocok untuk bisa menjadi inovasi bahan campuran baru pada genteng beton.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental penambahan serat kering batang pisang dan limbah *styrofoam* dalam pembuatan genteng beton yang akan dilakukan di Laboratorium Bahan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Selain menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental, penelitian ini juga menggunakan studi dokumen yaitu jenis metode yang dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai macam dokumen berupa jurnal atau literatur yang digunakan sebagai bahan referensi.

3.2 Variabel Penelitian

Terdapat beberapa variabel dalam penelitian ini, yang meliputi variabel bebas, variabel terikat, dan variabel pengendali. Variabel bebas adalah variabel yang dipengaruhi atau menjadi variabel yang menyebabkan perubahan pada variabel terikat. Variabel pengendali adalah variabel yang tetap tidak diubah – ubah selama penelitian agar tidak memengaruhi hasil percobaan, sehingga fokus pengujian tetap pada variabel bebas dan terikat.

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yang ditentukan dalam penelitian ini adalah variabel persentase penambahan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* dan variabel terikatnya adalah kuat lentur, impermeabilitas, perbandingan berat, dan daya resapan air. Variasi yang digunakan digunakan berdasarkan temuan terbaik dari penelitian sebelumnya dengan menambahkan inovasi berupa penambahan atau pengurangan substitusi untuk menemukan variasi terbaik yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Berikut nilai substitusi limbah *styrofoam* terhadap volume pasir dan penambahan serat batang pisang terhadap volume semen :

- Limbah *styrofoam* 0% , serat batang pisang 0%
- Limbah *styrofoam* 20% , serat batang pisang 3%
- Limbah *styrofoam* 25% , serat batang pisang 3%
- Limbah *styrofoam* 30% , serat batang pisang 3%
- Limbah *styrofoam* 20% , serat batang pisang 4%
- Limbah *styrofoam* 20% , serat batang pisang 4%
- Limbah *styrofoam* 30% , serat batang pisang 4%

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat yang digunakan dalam pengujian ini diantaranya:

- Kapasitas beban lentur
Kapasitas beban lentur merupakan angka yang menunjukkan beban yang dapat ditanggung oleh beton.
- Penyerapan air (Porositas)
Porositas dihitung dengan cara mengurangi berat air yang diserap genteng setelah direndam selama 24 jam dengan berat kering oven, kemudian hasilnya dibagi dengan berat kering beton.
- Rembesan air (Impermeabilitas)
Tidak menetesnya air di permukaan bawah genteng dalam kurun waktu 20 jam $\pm$ 5 menit.
- Sifat tampak
Sifat tampak merupakan pengujian terhadap retak-retak, cacat, dan kerataan genteng beton.
- Perbandingan berat
Dikarenakan pada penelitian ini fokus untuk membahas pada masalah berat genteng beton itu sendiri, maka pada pengujian kali ini perbandingan berat merupakan aspek yang akan diuji.

3.2.3 Variabel Pengendali

Variabel pengendali pada penelitian ini adalah batasan untuk meminimalisir pengaruh lain pada variabel yang dilakukan pada genteng beton yaitu :

1. Komposisi campuran genteng betony aitu 1 PC (Semen Portland) : 3 PS (Pasir) : 0,35 FAS.
2. Proses pencampuran bahan dan proses pembuatan benda uji dilakukan secara manual.
3. Pengayakan untuk mendapatkan butiran limbah *styrofoam* sebagai bahan substitusi pasir adalah yang lolos saringan No.4.

3.3 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium bahan dan konstruksi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

2. Sampel dan jumlah benda uji

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi komposisi campuran limbah *styrofoam* dan serat batang pisang yang ditambahkan pada genteng beton. Sampel yang digunakan berjumlah 6 dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah dengan ukuran 42 x 30 x 2 cm untuk masing-masing sampel.



Gambar 3. 1 Genteng Beton

3. *Job mix design*

Penambahan serat batang pisang terhadap volume semen dan limbah *styrofoam* disubstitusikan terhadap volume pasir pada masing – masing sampel sebesar A (0%:0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (4%:20%), F (4%:25%), dan G (4%:30%) Untuk kebutuhan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* pada pembuatan genteng beton dengan tabel *job mix design* sebagai berikut.

Tabel 3. 1 *Job Mix design*

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan – Bahan Campuran					
		Serat Batang Pisang (%)	Limbah Styrofoam (%)	Semen (%)	Pasir (%)	Air (ml)	Jumlah benda uji
1	A	0	0	100	100	0,35	4
2	B	3	20	100	80	0,35	4
3	C	3	25	100	75	0,35	4
4	D	3	30	100	70	0,35	4
5	E	4	20	100	80	0,35	4
6	F	4	25	100	75	0,35	4
7	G	4	30	100	70	0,35	4

(Sumber : Penulis)

Dari tabel tersebut, perlu dihitung kebutuhan atau komposisi campurannya dalam satuan berat dengan acuan volume genteng sebesar 2079 cm³. Adapun perhitungan komposisi campurannya adalah sebagai berikut.

1. Menghitung volume semen dan pasir yang dibutuhkan

1 Semen : 3 Pasir : 0 styrofoam + 0% serat

$$\begin{aligned}\text{Volume semen} &= \frac{1}{4} \times \text{volume genteng} \\ &= \frac{1}{4} \times 2079\end{aligned}$$

$$= 519,75 \text{ cm}^3.$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir} &= \frac{3}{4} \times \text{volume genteng} \\ &= \frac{3}{4} \times 2079 \\ &= 1559,25 \text{ cm}^3.\end{aligned}$$

2. Menghitung berat semen yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}\text{Berat semen} &= \text{volume semen} \times \text{berat jenis semen} \\ &= 519,75 \times 3,15 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1637,213 \text{ gr}\end{aligned}$$

3. Menghitung berat faktor air semen (FAS) yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}\text{Berat FAS} &= \text{berat semen} \times 0,35 \\ &= 1637,213 \times 0,35 \\ &= 573,024 \text{ gr}\end{aligned}$$

4. Menghitung kebutuhan serat batang pisang

- Variasi penambahan 3% serat batang pisang

$$\begin{aligned}\text{Volume serat} &= 0,03 \times \text{volume semen} \\ &= 0,03 \times 519,75 \\ &= 15,593 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat serat} &= \text{volume serat} \times \text{berat jenis serat} \\ &= 15,593 \times 1,064 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 16,59 \text{ gr}\end{aligned}$$

- Variasi penambahan 4% serat batang pisang

$$\begin{aligned}\text{Volume serat} &= 0,04 \times \text{volume semen} \\ &= 0,04 \times 519,75 \\ &= 20,79 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat serat} &= \text{volume serat} \times \text{berat jenis serat} \\ &= 20,79 \times 1,064 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 22,121 \text{ gr}\end{aligned}$$

5. Menghitung kebutuhan substitusi limbah *styrofoam* terhadap pasir serta berat pasirnya.

- Substitusi limbah styrofoam 20% terhadap volume pasir

1 semen : 2,8 pasir : 0,2 styrofoam

$$\begin{aligned}\text{Volume styrofoam} &= 0,2 \times 1559,25 \\ &= 311,85 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat styrofoam} &= \text{volume styrofoam} \times \text{berat jenis styrofoam} \\ &= 311,85 \times 0,046 \\ &= 14,345 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{volume pasir tersisa} \times \text{berat jenis pasir} \\ &= (1559,25 - 311,85) \times 2,4 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 2993,16 \text{ gr}\end{aligned}$$

- Substitusi limbah styrofoam 25% terhadap volume pasir

1 semen : 2,75 pasir : 0,25 styrofoam

$$\begin{aligned}\text{Volume styrofoam} &= 0,25 \times 1559,25 \\ &= 389,81 \text{ cm}^3.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat styrofoam} &= \text{volume styrofoam} \times \text{berat jenis styrofoam} \\ &= 389,81 \times 0,046 \\ &= 17,931 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{volume pasir tersisa} \times \text{berat jenis pasir} \\ &= (1559,25 - 389,81) \times 2,4 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 2806,66 \text{ gr}\end{aligned}$$

- Substitusi limbah styrofoam 30% terhadap volume pasir

1 semen : 2,7 pasir : 0,3 styrofoam

$$\begin{aligned}\text{Volume styrofoam} &= 0,3 \times 1559,25 \\ &= 467,78 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat styrofoam} &= 467,78 \times \text{berat jenis styrofoam} \\
 &= 467,78 \times 0,046 \\
 &= 21,518 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pasir} &= \text{volume pasir tersisa} \times \text{berat jenis pasir} \\
 &= (1559,25 - 467,78) \times 2,4 \\
 &= 2619,528 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan dan ditulis ulang kembali komposisi kebutuhan dari masing – masing varisi pada tabel 3.2 di bawah ini.

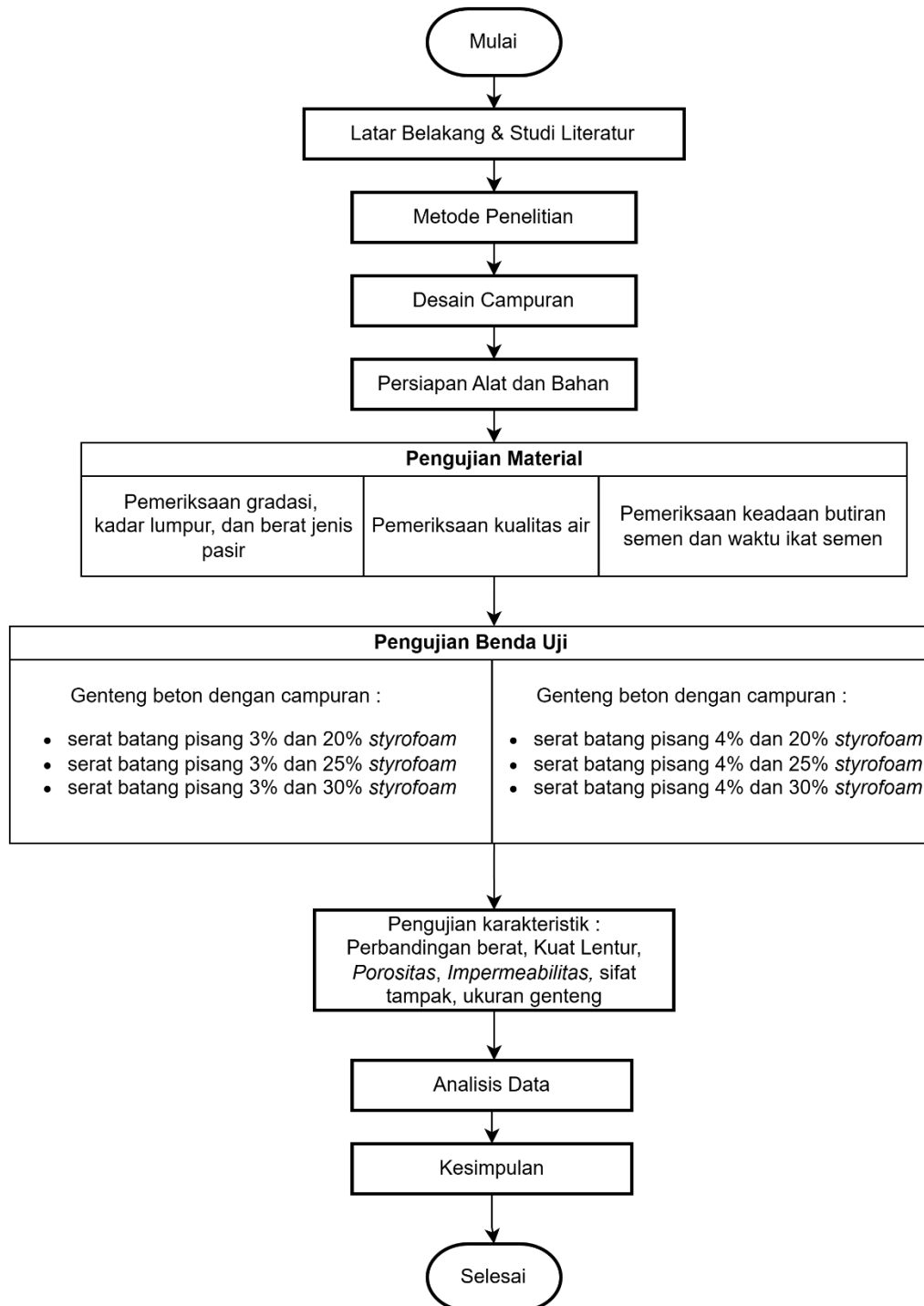
Tabel 3. 2 Komposisi Bahan Campuran

No.	Kebutuhan Bahan – Bahan Campuran							
	Benda Uji	Serat Batang Pisang (gr)	Limbah Styrofoam (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Air (gr)	Jumlah benda (uji)	Total Yang Dibutuhkan (gr)
1	A	0	0	1637,213	3742,2	573,024	4	22729,748
2	B	16,59	14,345	1637,213	2993,16	573,024	4	20937,328
3	C	16,59	17,931	1637,213	2806,66	573,024	4	20205,672
4	D	16,59	21,518	1637,213	2619,528	573,024	4	19471,492
5	E	22,121	14,345	1637,213	2993,16	573,024	4	20959,452
6	F	22,121	17,931	1637,213	2806,66	573,024	4	20227,796
7	G	22,121	21,518	1637,213	2619,528	573,024	4	19493,616

(Sumber : Penulis)

3.4 Diagram Alur Studi Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada bagan penelitian studi pada gambar 3.2 pada halaman selanjutnya.



Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian
(Sumber : Penulis)

3.5 Pemeriksaan Karakteristik Bahan

3.5.1 Pasir

Berikut adalah daftar pengujian material pasir :

a. Kadar lumpur kocokan

Uji kadar lumpur pada pasir ini juga sangat penting dilakukan untuk agregat halus. Pasalnya, pasir atau agregat halus yang baik adalah yang memiliki kandungan lumpur atau lempung tidak lebih dari 3% dari jumlah pasir itu sendiri (Barus, 2020). Berikut merupakan tahapan atau tata caranya:

1. Menyiapkan alat dan bahan yaitu pasir sebanyak 130 gram dan gelas ukur 250 ml.



Gambar 3. 3 Menyiapkan Pasir 130 gram

2. Masukkan pasir ke dalam gelas ukur, setelah itu masukkan air sampai batas 250 ml pada gelas ukur.



Gambar 3. 4 Menambahkan Air Sampai Batas 250 ml

3. Tutup bagian atas gelas ukur dengan plastik dengan rapat agar memudahkan proses pengocokan.



Gambar 3. 5 Menutup Atas Gelas Ukur

4. Kocok gelas ukur tersebut secara bergantian atas bawah selama 30 menit.



Gambar 3. 6 Mengguncangkan Gelas Ukur

5. Diamkan gelas ukur yang sudah dikocok selama 24 jam.



Gambar 3. 7 Diamkan Gelas Ukur 24 Jam

6. Timbang dan catat beratnya lalu analisis kadar lumpur yang terdapat pada pasir tersebut dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100 \% \dots \dots \dots [1]$$

Keterangan :

W1 = Berat pasir kering oven (gram)

W2 = Berat pasir kering oven setelah dicuci (gram)

b. Uji analisis butiran

Berdasarkan SNI 03-1968-1990, pengujian gradasi butiran pada agregat halus baik agregat kasar ini bertujuan untuk menjadikan agregat halus beberapa golongan sesuai dengan besaran atau jumlah persentasenya. Berikut merupakan tahapan atau tata caranya :

1. Menyiapkan pasir kering sebesar 1000 gram



Gambar 3. 8 Menyiapkan Pasir

2. Masukkan pasir ke dalam saringan, lalu pasang saringan pada alat penggetar (*sieve shaker*).



Gambar 3. 9 Menyusun Saringan

3. Nyalakan mesin *sieve shaker* dan lakukan penggetaran selama 15 menit.



Gambar 3. 10 Menggetarkan Alat Selama 15 Menit

4. Ketika mesin berhenti, ambil cawan pada setiap saringan yang ada pada mesin penggetar. Lalu, timbang berat pasir yang tertinggal di setiap cawannya.



Gambar 3. 11 Menimbang Pasir Pada Setiap Saringan

5. Catat berat setiap pasir yang tertinggal di lapisan saringan, lalu jumlahkan hasil persentase kumulatif dari berat pasir yang tertinggal dan lakukan analisa perhitungan.

$$\text{Berat yang tertinggal} = \frac{\text{berat awal pasir} - \sum \text{berat tertahan}}{\text{berat pasir awal}} \dots [2]$$

c. Uji berat jenis

Berikut adalah Langkah – Langkah pengujian berat jenis sesuai dengan SNI 03-1970-1990.

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Siapkan sampel pasir sebanyak 500 gram



Gambar 3. 12 Menyiapkan Pasir

3. Rendam pasir tersebut selama 24 jam



Gambar 3. 13 Rendam Pasir 24 Jam

4. Setelah 24 jam, keringkan pasir dengan diangin – anginkan sampai pasir tersebut SSD.



Gambar 3. 14 Tumbuk Pasir Setiap 1/3 Bagian

5. Cara membuktikan pasir tersebut SSD adalah dengan menggunakan *metal sand cone* yang diisi pasir setiap 1/3 bagian lalu duumbuk sebanyak 8 kali sampai pasir memenuhi permukaannya. Angkat *metal sand cone*, jika pasir sudah ada yang berjatuhan, maka pasir tersebut sudah SSD.



Gambar 3. 15 Angkat Metal Sand Cone

6. Timbang picnometer kosong yang berukuran 500 ml.



Gambar 3. 16 Menimbang Piknometer

7. Isi piknometer dengan aquades sampai batas bacaan piknometer, lalu timbang beratnya.



Gambar 3. 17 Menimbang Piknometer dengan Aquades

8. Masukkan pasir yang SSD ke dalam piknometer dan tambahkan aquades sampai batas baca piknometer.
9. Guling – gulingkan picnometer perlahan dan buang buih yang muncul di atasnya. Guling – gulingkan sekitar 10 menit sampai dirasa tidak ada buih yang keluar.
10. Buang aquades, lalu masukkan pasir ke dalam oven sampai kering.



Gambar 3. 18 Menimbang Pasir Kering Oven

11. Catat berat pasir kering yang sudah di oven.

$$\text{Berat jenis} = \frac{BK}{B+500+Bt} \dots\dots\dots [3]$$

$$\text{Berat jenis permukaan jenuh (SSD)} = \frac{500}{B+500+Bt} \dots\dots\dots [4]$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{B+BK-Bt} \dots\dots\dots [5]$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500-BK)}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots [6]$$

3.5.2 Semen

Semen yang akan digunakan pada pembuatan genteng beton harus memiliki butiran yang halus dan tidak ada gumpalan. Dikarenakan pada penelitian ini menggunakan semen produksi pabrik yaitu semen merdeka gresik, maka kondisi kemasan semen harus rapi tidak boleh ada bagian yang terkoyak karena dapat memengaruhi kualitas semen di dalamnya.

a. Uji konsistensi normal semen

Berikut adalah tahapan uji konsistensi normal semen :

1. Siapkan alat vikat dan bahan yang akan digunakan.



Gambar 3. 19 Menyiapkan Alat Vicat

2. Bersihkan alat vikat terlebih dahulu. Sembari menunggu, oleskan minyak pada cincin ebonite untuk kemudian diletakkan di atas kaca.



Gambar 3. 20 Menyiapkan Mol atau Cincin Ebonate

3. Timbang semen sebanyak 300 gram dan siapkan air sebanyak 84 gram.



Gambar 3. 21 Menyiapkan Semen



Gambar 3. 22 Menyiapkan Air

4. Setelah itu, campurkan semen dan air sedikit demi sedikit sampai menjadi adonan pasta yang plastis. Tuangkan pasta tersebut ke dalam cincin ebonite dan letakkan pada plat kaca alat vicat.



Gambar 3. 23 Pasang Adonan Pada Vicat

5. Ketika semua sudah siap, lepaskan jarum dan diamkan selama 30 detik. Catat hasil penurunan dan suhu ruangnya.



Gambar 3. 24 Mencatat Angka Penurunan Pada Jarum



Gambar 3. 25 Mencatat Suhu Ruangan

b. Uji waktu ikat semen

Berikut adalah beberapa langkah – Langkah pengujian waktu ikat semen berdasarkan SNI 03-6827-2002.

1. Siapkan adonan pasta yang digunakan pada uji konsistensi normal semen.



Gambar 3. 26 Menyiapkan Adonan

2. Letakkan cincin ebonat di atas plat kaca seperti pengujian sebelumnya. Lalu, letakkan jarum vicat yang berukuran 1 mm di atas permukaan adonan dan jatuhkan secara bebas.



Gambar 3. 27 Menjatuhkan Jarum Ke Adonan

3. Dalam menjatuhkan atau melakukan percobaan, dilakukan setiap 15 menit sampai mencapai penurunan dibawah 25 mm. Setiap menjatuhkan jarum catatlah penurunan yang berlangsung selama 30 detik dan amati suhu ruangan.



Gambar 3. 28 Membaca Hasil penurunan Setiap 15 Menit

3.5.3 Air

Uji kualitas pada air ini pada dasarnya tidak memerlukan uji secara laboratorium yang lebih detail. Cukup diamati kondisi air yang dingin digunakan dari warna dan bau. Air yang baik adalah air yang tidak berwarna keruh dan memiliki bau dan tercampur kandungan kimia atau minyak di dalamnya.

3.5.4 Bahan Tambah

Terdapat beberapa prosedur sebelum akhirnya bahan tambah siap untuk dicampurkan ke dalam adonan genteng beton. Berikut adalah prosedur atau langkah – langkah pengerjaannya.

a. Prosedur serat batang pisang

Berikut adalah prosedur pengolahan limbah batang pisang menjadi serat batang pisang kering :

1. Siapkan batang pisang yang sudah diambil dan dipilah untuk penelitian. Pisahkan lapisan lapisan batangnya menjadi beberapa bagian
2. Keruk bagian lapisan tersebut menggunakan sikat besi untuk mendapatkan seratnya



Gambar 3. 29 Sisir Batang Pisang

3. Cuci serat di air yang bersih, lalu jemur tanpa kontak langsung dengan sinar matahari sampai kering dalam kurun waktu 2 – 3 hari.



Gambar 3. 30 Jemur Serat Batang Pisang

4. Potong lapisan serat batang pisang tersebut hingga sepanjang $\pm 3 - 4$ cm.



Gambar 3. 31 Potong Serat Batang Pisang Kering

b. Prosedur limbah *Styrofoam*

Berikut adalah tahapan pengolahan limbah *Styrofoam* :

1. Siapkan limbah *styrofoam* yang diperoleh dari limbah bekas pameran atau tugas. Karena limbah masih berbentuk asli, maka perlu dilakukan penghancuran terlebih dahulu. Masukkan limbah *styrofoam* pada mesin

penghancur bonggol jagung untuk memudahkan menjadi potongan yang kecil.



Gambar 3. 32 Menghancurkan Styrofoam

2. Ketika dirasa ukurannya belum mencapai $\pm 3 - 4$ mm, hancurkan butiran *styrofoam* kembali menggunakan *chopper*.



Gambar 3. 33 Menghancurkan Styrofoam Kembali

3. Limbah *styrofoam* yang lolos saringan no. 4 atau dengan diameter 4,75 mm yang akan digunakan untuk penelitian.

3.6 Persiapan Alat dan Bahan

3.6.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan dan pengujian benda uji meliputi sebagai berikut :

1. Timbangan

Timbangan nantinya akan digunakan untuk menimbang berat dari material benda uji.



Gambar 3. 34 Timbangan

2. Ayakan

Ayakan digunakan sebagai alat untuk memeriksa gradasi agregat halus dengan susunan ukuran yaitu 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm, dan dilengkapi penutup di atasnya.



Gambar 3. 35 Saringan Ayakan

3. Oven

Oven yang berfungsi sebagai alat pengering serat batang pisang yang masih basah dengan *temperature* $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan sebagai alat pengering genteng beton.



Gambar 3. 36 Oven

4. Wadah dan cetok

Wadah digunakan sebagai tempat memindahkan adonan dalam proses pencampuran menggunakan *mixer* dan cetok digunakan sebagai sarana yang memudahkan untuk memasukkan adonan genteng beton ke dalam cetakan.



Gambar 3. 37 Wadah atau Cawan



Gambar 3. 38 Cetok atau Sendok Semen

5. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menampung bahan uji untuk mengukur kadar lumpur dalam agregat halus.



Gambar 3. 39 Gelas Ukur

6. Cetakan genteng beton

Cetakan ini digunakan untuk mencetak genteng beton.



Gambar 3. 40 Cetakan Genteng

7. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang dan lebar genteng beton.



Gambar 3. 41 Meteran Gulung

8. Alat uji beban lentur

Uji kuat lentur nantinya akan diuji pada alat beban lentur ini.



Gambar 3. 42 *Universal Testing Machine*

9. Bak air

Bak air digunakan untuk merendam genteng beton pada uji porositas.



Gambar 3. 43 Drum Air

10. Plastik cor

Plastik cor digunakan untuk wadah adonan saat pengecoran agar adonan tidak menyatu dengan cetakan genteng beton.



Gambar 3. 44 Plastik Cor

11. Blender

Blender digunakan untuk menghaluskan bahan tambah limbah *Styrofoam*.



Gambar 3. 45 *Mini Chopper*

12. Seng

Digunakan sebagai alat untuk pengujian rembesan air yang dibentuk menjadi persegi dan direkatkan malam.



Gambar 3. 46 Seng

13. Malam

Untuk merekatkan seng agar memudahkan pengujian rembesan air.



Gambar 3. 47 Malam atau Lilin

14. Kompor

Digunakan untuk melelehkan malam.



Gambar 3. 48 Kompor

3.6.2 Bahan

Beberapa bahan yang akan digunakan dalam percobaan pembuatan genteng beton alternatif adalah :

1. Semen Merdeka Gresik



Gambar 3. 49 Semen Merdeka

2. Pasir muntitan



Gambar 3. 50 Pasir

3. Limbah *Styrofoam*



Gambar 3. 51 Limbah *Styrofoam*

4. Serat batang pisang



Gambar 3. 52 Serat Batang Pisang

5. Air



Gambar 3. 53 Air

3.7 Pembuatan Benda Uji Genteng Beton

Berikut adalah tahapan Pembuatan benda uji genteng beton :

1. Persiapan bahan penyusun genteng beton
Alat dan bahan yang sudah tersedia, akan dicek dan dipersiapkan sebelum dimulainya pembuatan benda uji. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisir terjadinya kemungkinan yang tidak diinginkan seperti bahan yang tidak sesuai takaran atau kekurangan bahan. Khususnya bahan campuran benda uji seperti semen, pasir, limbah *styrofoam*, serat batang pisang, dan air.
2. Memeriksa karakteristik limbah *styrofoam* dan serat batang pisang limbah Styrofoam dan serat batang pisang yang akan digunakan apakah sudah sesuai dengan kualitas yang dibutuhkan. Pemeriksaan ini berguna untuk mencegah kegagalan hasil benda uji yang disebabkan oleh tidak sesuainya karakteristik bahan substitusi yang dibutuhkan.
3. Pengujian material

Material yang akan diuji pada pembuatan benda uji ini adalah pasir. Pasir akan mengalami dua uji yaitu pemeriksaan gradasi dan kadar lumpur pada pasir. Pasir yang digunakan hanyalah pasir yang lolos pada saringan No. 4 dengan kadar lumpur tidak lebih dari 5%. Lalu, pada air akan diuji kualitasnya sedangkan pada semen, akan dilihat dan dilakukan pengujian konsistensi normal dan waktu ikatnya.

4. Pembuatan benda uji

Berikut adalah tahapan pembuatan benda uji genteng beton :

- Persiapan bahan penyusun genteng beton

Bahan yang akan digunakan dalam pembuatan beton, seperti air, semen, pasir, dan masing – masing takaran persentase jumlah limbah *Styrofoam* serta serat batang pisang akan dipersiapkan.

- Pencampuran bahan penyusun genteng beton

Bahan yang sudah dipersiapkan tadi, dimasukkan ke dalam loyang adukan dengan urut dan hati – hati. Pastikan semua bahan sudah masuk ke dalam loyang kecuali air. Lalu, aduk secara perlahan dengan merata dan masukkan air sedikit demi sedikit sampai habis. Tunggu sampai adonan homogen. Pencampuran bahan dapat dilihat pada gambar 3.54.



Gambar 3. 54 Mencampurkan Bahan Menjadi Adonan

- Percetakan genteng beton

Setelah adonan homogen, siapkan cetakan benda uji yang sudah dipersiapkan sebelumnya. alasi dengan plastik cor agar adonan tidak menempel pada cetakan. pastikan semua ruang cetakan terisi rata dengan adonan, lalu lakukan *rest* secara manual. Tunggu sekitar satu menit lalu ambil hasil cetakan. Proses pencetakan genteng ditunjukkan pada gambar 3.55.



Gambar 3. 55 Mencetak Genteng Beton

- Pengeringan

Keringkan genteng beton yang telah diangin – anginkan dengan meletakkan genteng beton ke tatakan genteng selama 24 jam lalu tunggu hingga sudah *setting*. Letakkan bahan di ruangan yang tidak terkena cahaya matahari langsung seperti gambar 3.56.



Gambar 3. 56 Mengeringkan Genteng di Suhu Ruangan

- *Curing*

Genteng beton kemudian disirami dengan air bersih selama 7 hari guna menjaga fleksibilitas genteng beton. Proses melakukan *curing* dengan metode penyemprotan dapat dilihat pada gambar 3.57.



Gambar 3. 57 Proses Curing

- Perawatan benda uji

Setelah genteng beton mencapai suhu normal dan stabil, letakkan genteng beton di tempat yang terlindungi dari air hujan dan sinar matahari langsung. Biarkan selama 14 hari tanpa gangguan, pastikan susunan genteng beton teratur agar tidak terjadi gesekan atau benturan yang dapat merusak kualitasnya.

3.8 Pengujian Benda Uji

3.8.1 Perbandingan Berat

Salah satu fokus pada penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah bahan substitusi serat batang pisang dan limbah Styrofoam efektif dalam menurunkan berat genteng beton. Bobot dari genteng beton sendiri tidak dapat dipastikan berapa beratnya dikarenakan produksi dari masing – masing pabrik menghasilkan berat atau bobot yang berbeda. Berikut adalah beberapa langkah untuk melakukan perbandingannya :

1. Siapkan genteng beton dari masing – masing sampel. Timbang genteng beton tersebut di atas timbangan, lalu catat masing – masing beratnya.



Gambar 3. 58 Menimbang Genteng Beton

2. Bandingkan dan Analisa hasil dari masing – masing berat genteng beton campuran serat batang pisang dan limbah *Styrofoam* terhadap genteng beton tanpa campuran.

3.8.2 Kerataan

Berikut adalah Langkah – Langkah untuk mengukur kerataan :

1. Siapkan alas untuk genteng beton, dapat berupa papan atau letakan genteng di permukaan yang datar. Lalu, ukur kerataan pada genteng beton dengan maksimal kerataan adalah 3 mm dengan memasukkan baja ke jarak sisi permukaan bawah dan permukaan plat. Jika tidak ada batang baja, ukur jarak permukaan genteng dan alas yang tidak menyentuh.



Gambar 3. 59 Mengukur Kerataan Genteng

2. Catat hasilnya dan analisis apakah sudah memenuhi ketentuan atau belum.

3.8.3 Penyerapan Air (Porositas)

Benda uji atau genteng beton campuran yang sudah jadi akan diujipenyerapan airnya dengan beberapa langkah menurut SNI 0096:2007, yaitu :

1. Siapkan genteng beton
2. Mengoven benda uji dengan suhu 110°C kemudian setelah di oven genteng beton ditimbang. Penimbangan ini bertujuan untuk mengetahui berat kering genteng beton.



Gambar 3. 60 Menimbang Berat Genteng Kering

3. Benda uji direndam pada bak berisi air hingga tenggelam. Lalu, diamkan selama 24 jam



Gambar 3. 61 Merendam Genteng Dalam Air Selama 24 Jam

4. Setelah 24 jam genteng diangkat dan dilap hingga tidak ada genangan air pada genteng lalu ditimbang untuk mengetahui berat basah genteng beton.



Gambar 3. 62 Menimbang Berat Genteng Basah

$$\text{Porositas} = \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100\% \dots \dots \dots [7]$$

Keterangan :

Mb = massa basah benda uji (gram)

Mk = massa kering benda uji (gram)

3.8.4 Rembesan Air (Impermeabilitas)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat air yang akan terserap kedalam genteng, menurut SNI 0096:2007 beberapa langkah diantaranya adalah :

1. Siapkan genteng beton yang telah siap untuk diuji
2. Membuat pembatas dari seng berbentuk persegi panjang dan mengikuti pola penumpangan pada genteng beton serta mengikuti pola genteng.



Gambar 3. 63 Menyiapkan Seng

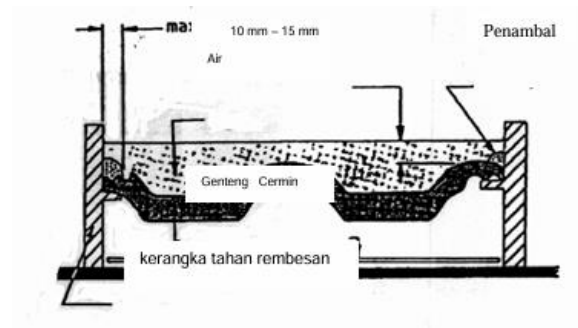
3. Pembatas yang telah dibentuk kemudian diletakkan di atas genteng beton lalu direkatkan dengan malam. Sebelum digunakan, malam harus dipanaskan dengan

kompor. Rekatkan semua bagian seng yang mungkin akan dilalui air saat pengujian rembesan air.



Gambar 3. 64 Pasang Seng dan Rekatkan dengan Lilin

4. Tambahkan air ke dalam mal dengan tinggi 10-15 mm dan air di diamkan selama 20 jam $\pm$ 5 menit dalam suhu ruangan berkisar 15 – 30 derajat dan kelembaban relatif 40%. Lalu diamkan selama 20 jam $\pm$ 5 menit dan di cek jika ada tetesan air.



Gambar 3. 65 Contoh Pengujian Rembesan Air Pada Genteng
(Sumber : SNI 0096-2007)

3.8.5 Uji Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 0096:2007, minimal beban lentur yang seharusnya dihasilkan oleh genteng beton dengan substitusi limbah *Styrofoam* dan serat batang pisang dengan tebal 15 mm adalah sebesar 1400 N (140 kg). Prosedur uji kuat lentur pada genteng beton dilakukan dengan beberapa langkah berikut :

1. Menyiapkan genteng beton yang telah siap untuk diuji.

2. Kondisikan benda uji dalam ruangan dengan kelembapan efektif minimum 40% dan bersuhu antara 15 – 30°C.



Gambar 3. 66 Menyiapkan Genteng Beton

3. Letakkan benda uji di atas alas yang telah disediakan sebelumnya, pastikan tatakan berada tepat di Tengah – Tengah pisau pembebanan mesin uji. Kemudian letakkan papan penekan benda uji tepat di bawah pisau pembebanan.



Gambar 3. 67 Meletakkan Genteng di Atas Mal Kayu

4. Pasangkan lap tebal di antara papan penekan dengan pisau pembebanan. Kemudian atur pisau pembebanan sampai menyentuh papan penekan.



Gambar 3. 68 Meletakkan Lap di Atas Genteng

5. Pembebanan dilakukan dengan menambah beban yang tetap dengan kecepatan maksimum pembebanan 108N/detik hingga genteng patah.
6. Catat beban maksimum pada tiap genteng dengan ketelitian 10 N dan hitung karakteristik beban lentur.

- Beban lentur rata – rata

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} \text{ (N)} \dots\dots\dots [8]$$

Keterangan :

F = beban lentur rata rata (N)

F_i = beban lentur setiap benda uji (N)

N = jumlah benda uji

- Standar deviasi

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (F_i - F)^2}{n-1}} \dots\dots\dots [9]$$

Keterangan :

S_d = standar deviasi

F = beban lentur rata – rata (N)

F_i = beban lentur benda uji (N)

n = jumlah benda uji

- Karakteristik beban lentur

$$F_c = F - 1,64 \times S_d \dots\dots\dots [10]$$

Keterangan :

F_c = karakteristik beban lentur (N)

S_d = standar deviasi

3.8.6 Sifat Tampak

Pada uji sifat tampak ini dimaksudkan untuk melihat dan mengamati adanya bentuk fisik yang dihasilkan pada benda uji, apakah terdapat keretakan atau cacat lain yang dapat mempengaruhi sifat pemakaian. Berikut adalah beberapa tahapannya :

1. Siapkan genteng beton lalu amati genteng beton dari masing – masing sampel genteng beton yang sudah dibuat. Perhatikan dari segi warna, tekstur dan apakah ada keretakan atau tidak.



Gambar 3. 69 Perhatikan Tampak Fisik Pada Genteng Beton

2. Tulis dan analisis genteng beton yang memiliki kondisi fisik yang baik maupun ada kecacatan.

3.8.7 Ukuran

Sesuai yang sudah diatur pada SNI 0096:2007, ukuran yang tertera pada tabel tersebut adalah batas minimal dan maksimal. Tidak boleh kurang atau pun lebih. Berikut adalah tata caranya:

1. Siapkan jangka sorong dan meteran
2. Ukur Panjang dan lebar genteng beton menggunakan meteran, sedangkan ukur ketebalan genteng beton menggunakan jangka sorong. Ukur panjang dan lebar kaitan pada genteng serta bagian penampangnya.



Gambar 3. 70 Mengukur Tebal, Kaitan, dan Penampang Genteng Beton

3. Catat hasil dari pengukuran tersebut, lalu bandingkan dengan tabel ukuran yang tertera pada SNI 0096:2007.

3.9 Rancangan Output Penelitian

Dari penelitian yang akan dilakukan, gerdapat beberapa harapan atau rencana hasil penelitian :

1. Penelitian ini akan menghasilkan prototipe berupa genteng beton alternatif yang menggunakan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam* dengan berat yang lebih ringan serta memenuhi semua uji terutama uji kuat lentur, uji porositas, uji impermeabilitas sesuai dengan SNI 0096:2007.
2. Memenuhi beban lentur rata – rata genteng beton dengan ketentuan minimal sebesar 1400 N dengan maksimal nilai porositas sebesar 10%. Inovasi genteng beton ini diharapkan juga menjadi salah satu bahan terobosan untuk Pembangunan tempat tinggal.
3. Penelitian ilmiah ini nantinya akan dapat dipublikasikan pada jurnal Teknik Sipil yang berisi rancangan dari inovasi genteng beton menggunakan bahan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Agregat Halus

Agregat halus seperti pasir dan bahan pengganti (substitusi) pasir sebelum digunakan dan dibuat menjadi benda uji, bahan – bahan tersebut harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai dan karakteristik material apakah sesuai dan memenuhi nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) atau tidak. Pengujian yang dilakukan antara lain seperti Analisa gradasi butiran pada pasir, uji berat jenis, dan uji waktu ikat pada semen.

4.1.1 Uji Analisa Gradasi Butiran

Uji Analisa gradasi butiran biasanya dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat penggetar yang disebut *sieve shaker*. *Sieve shaker* terdiri dari beberapa saringan dengan diameter saringan yang berbeda – beda serta dilengkapi dengan wadah kosong sebagai tempat penampungan hasil akhir di bagian paling bawah. Pengujian dilakukan selama kurang lebih 10 – 15 menit.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pasir dengan Sieve Shaker

Diameter Saringan	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Prosentasi Berat Tertahan	Prosentase Berat Tertahan Kumulatif	Prosentasi Berat Lolos Kumulatif
(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
9,500	25	25	2,5	2,5	97,5
4,750	60	60	6	8,5	91,5
2,360	113	113	11,3	19,8	80,2
1,180	177	177	17,7	37,5	61,5
0,600	175.7	175.7	17,57	55,07	42,63
0,300	110	110	11	66.07	31,63
0,150	160,3	160.3	16,03	83,1	15
0,075	100	100	10	90,1	8
PAN	75.3	75.3	7,53	97,63	0,17
Jumlah	996,3	996,3	99,63	371,87	

(Sumber : Hasil Penelitian)

Fineness Modulus (FM) / Modulus Kehalusan :

$$FM = \frac{\Sigma \text{ berat tertinggal kumulatif}}{100} \dots\dots\dots [11]$$

$$\begin{aligned} FM &= \frac{371,87}{100} \\ &= 3,718 \end{aligned}$$

Perhitungan berat yang hilang dapat dilihat pada persamaan [2].

$$\begin{aligned} \text{Berat hilang} &= \frac{3,7}{1000} \\ &= 0,37\% < 2\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan berikut, dapat diketahui bahwa nilai modulus kehalusan bahan mencapai 3,718. Hal tersebut menunjukkan bahwa modulus kehalusan bahan pada pasir yang digunakan memenuhi standar sesuai dengan SNI 03-1750-1990 dengan kisaran 1,5 – 3,8.

4.1.2 Uji Kadar Lumpur Kocokan

Kadar lumpur pada pasir perlu diketahui jumlahnya untuk mengetahui karakteristik pasir yang digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan mencampurkan pasir dengan air pada gelas ukur 250 ml.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kadar Lumpur Kocokan

Material	Awal	Akhir
Pasir	130 ml	130 ml
Lumpur	-	6 ml
Air	250 ml	238 ml

(Sumber : Hasil Penelitian)

Selanjutnya, untuk menghitung jumlah kadar lumpur dapat dilihat pada persamaan [1].

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = \frac{6}{130} \times 100$$

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = 4,615\%$$

Keterangan :

A = Tinggi lumpur (ml)

B = Tinggi pasir awal

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa kadar lumpur yang terkandung sebesar 4,615% yang membuktikan bahwa masih dalam batas normal dalam SNI S-04-1989-F dengan kandungan nilai kadar lumpur pada agregat halus maksimal 5%.

4.1.3 Uji Berat Jenis

Uji berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer dan *metal sand cone* untuk mengetahui kering permukaan jenuh (SSD) pada pasir. Salah satu tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk menghitung kebutuhan *jobmix design* pada genteng beton.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Berat Jenis Pasir

No	Parameter	Hasil (gram)
1	Berat pasir kering permukaan jenuh (SSD)	500
2	Berat pasir kering (BK)	479.16
3	Berat piknometer diisi aquades (B)	669
4	Berat piknometer + pasir SSD + aquades (Bt)	959,2

1	Berat jenis (Bulk)	2,220
2	Berat jenis permukaan jenuh (SSD)	2,4
3	Berat jenis semu (Apparent)	2,458
4	Penyerapan (Absortion)	4,349%

(Sumber : Hasil Penelitian)

Perhitungan berat jenis permukaan jenuh (SSD) pasir dapat dilihat pada persamaan [4].

$$\begin{aligned} \text{SSD} &= \frac{500}{(669+500-953,2)} \\ &= 2,4 \text{ gr} \end{aligned}$$

Proses pengujian dan perhitungan berat jenis kering permukaan jenuh sesuai dengan SNI 03-1970-1990 tentang Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Agregat Halus serta AASTHO T 19M tentang *Bulk Density* (“Unit Weight”) and *Voids in Aggregate*. Berat jenis jenuh yang diperoleh adalah sebesar 2,4 gr.

4.2 Hasil Uji Semen

Semen yang akan digunakan baiknya dilakukan pengecekan baik secara visual maupun secara pengujian. Semen yang baik adalah semen dengan butiran halus yang terpisah dan tidak menggumpal. Berikut adalah pengujian yang dilakukan pada semen.

4.2.1 Uji Konsistensi Normal Semen

Pengujian konsistensi normal semen menggunakan alat bantu yang disebut vicat. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-6826-2002. Hasil pengujian konsistensi normal pada semen dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Hasil Uji Konsistensi Normal Semen Portland Komposit

No	Berat Semen (gr)	Persentase Air (%)	Penurunan Jarum (mm)	Suhu (°C)
1	300	25%	7	30
2	300	26%	9	30
3	300	28%	10	30

(sumber : Hasil Penelitian)

Menurut SNI 03-6826-2002, batas penurunan jarum pada konsistensi normal semen adalah 10 ± 1 mm. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan penurunan sebesar 10 mm pada persentase air 28%.

4.2.2 Uji Waktu Ikut

Pengujian waktu ikat awal semen menggunakan alat bantu yang disebut vicat. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI-15-2049-2004. Hasil pengujian waktu ikat semen ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Pemeriksaan Waktu Ikut Semen

No	Waktu (Menit)	Penurunan (mm)	Suhu (°C)
1	15	42	27,4
2	30	42	27,4
3	45	42	27,4

4	60	42	27,4
5	75	42	27,8
6	90	40	28
7	105	38	28
8	120	25	28

(sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pemeriksaan tersebut, didapatkan penurunan jarum di 25 mm pada menit 105 ke 120 pada suhu 28°C. Hal tersebut sesuai dengan yang tercantum pada SNI 15-2049-2004, yang mengatakan juga batas maksimal waktu ikat akhir adalah 375 menit.

4.3 Hasil Uji Serat Batang Pisang

Uji yang dilakukan pada serat batang pisang hanya uji berat jenis. Uji ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dari serat batang pisang menggunakan bantuan alat piknometer.

4.3.1 Uji Berat Jenis

Pengujian berat jenis pada serat batang pisang dilakukan untuk membantu memudahkan menghitung kebutuhan komposisi campuran pada *jobmix design*. Pengujian berat jenis pada serat menggunakan alat piknometer berukuran 50 ml

Tabel 4. 6 Hasil Uji Berat Jenis Serat Batang Pisang

No	Parameter	Hasil (gram)
1	Berat Piknometer + serat batang pisang (C)	78,56
2	Berat piknometer (A)	48,87
3	Berat serat batang pisang (E)	30,04
4	Berat piknometer + serat batang pisang + air (D)	147,99
5	Berat piknometer + air (B)	146,52
6	Berat Jenis $\frac{E}{[(B-A)-(D-C)]}$	1,064

(sumber : Hasil Penelitian)

Hasil berat jenis pada serat batang pisang adalah sebesar 1,064 gram.

4.4 Hasil Uji Genteng Beton

Pengujian genteng beton sesuai SNI 0096:2007 terbagi menjadi pengujian sifat tampak, ukuran, kerataan, penyerapan air, rembesan air, dan uji kuat lentur. Berikut adalah hasil dari pengujiannya.

4.4.1 Hasil Uji Ukuran

Menghitung ukuran pada genteng beton bagian tebal, kaitan, dan juga penampang dengan bantuan alat pengukur seperti jangka sorong dan meteran. Berikut adalah hasil pengukuran pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Genteng Beton

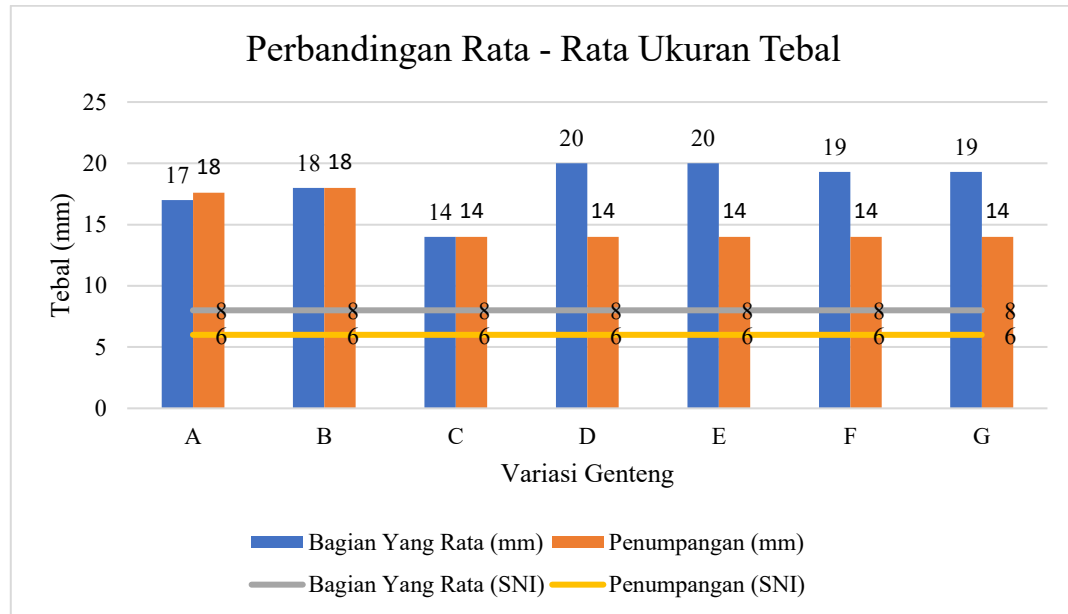
Bagian Yang Diuji	A1	A2	A3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	17 mm	16 mm	18 mm	17 mm
Penumpangan	17 mm	18 mm	18 mm	17,6 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	320 mm	320 mm	313,3 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40.2 mm	40.2 mm	40.2 mm	40.2 mm
Kedalaman Alur	29.8 mm	29.9 mm	29.8 mm	27,6 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	B1	B2	B3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	18 mm	18 mm	18 mm	18 mm
Penumpangan	18 mm	18 mm	18 mm	18 mm
Kaitan				
Panjang	310 mm	320 mm	320 mm	316,6 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				

Bagian Yang Diuji	B1	B2	B3	Rata - Rata
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	C1	C2	C3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	D1	D2	D3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	310 mm	310 mm	300 mm	306,6 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	E1	E2	E3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm

Bagian Yang Diuji	E1	E2	E3	Rata - Rata
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40.3 mm	40.2 mm	40 mm	40.16 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	F1	F2	F3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	18 mm	19,3 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40.3 mm	40.3 mm	40.3 mm	40.3 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	G1	G2	G3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	18 mm	19,3 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm

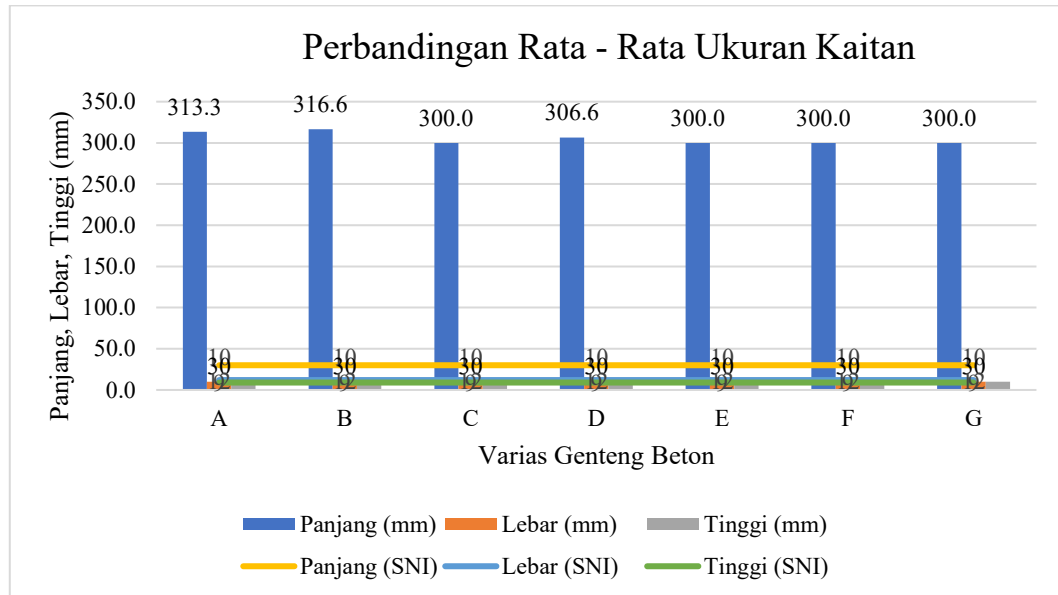
Bagian Yang Diuji	G1	G2	G3	Rata - Rata
Jumlah Alur	2	2	2	2

(sumber : Hasil Penelitian)



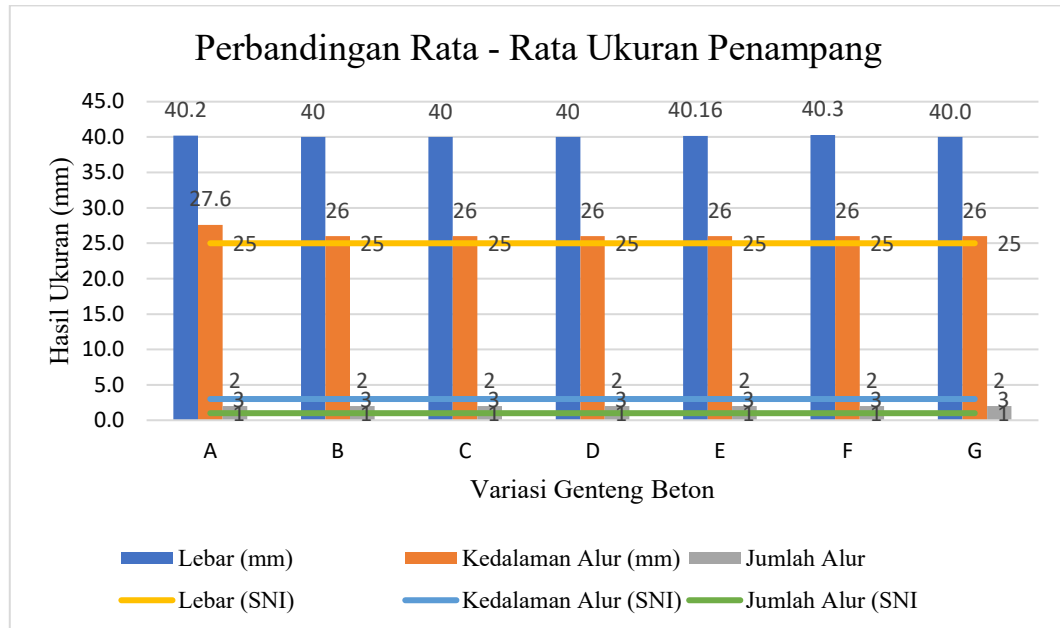
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Tebal Genteng
(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari grafik 4.1 di atas, dapat disimpulkan bahwa variasi D sampai dengan variasi G memiliki ukuran tebal yang relatif mirip. Dengan ukuran tebal bagian rata 20 mm dan penumpangan 14 mm. pada variasi C terlihat penurunan atau perbedaan ukuran yang cukup signifikan daripada variasi yang lain. Hal ini disebabkan karena genteng beton dicetak secara manual dengan cetakan yang terbuat dari besi. Perbedaan ukuran bisa saja terjadi akibat peletakkan cetakan di atas genteng beton tidak selalu mirip dan sama.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Kaitan Genteng
(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada grafik 4.2 hasil perbandingan rata – rata ukuran pada kaitan genteng beton menghasilkan ukuran yang relatif sama. didapatkan ukuran kaitan yang paling Panjang pada variasi B dengan Panjang 316,6 mm atau 31,6 cm. pada variasi C sampai variasi G menghasilkan hasil ukuran Panjang yang lebih stabil dengan lebar dan tinggi yang sama pada semua variasi. Dikarenakan ketidaksamaan ukuran yang lumayan signifikan juga terdapat pada variasi C, maka ketidaktepatan pemasangan cetakan menjadi alasan mengapa variasi B dan C memiliki ukuran yang paling berbeda. Pada saat setelah dicetak dan cetaknya diangkat, adonan genteng beton yang berada di pinggir akan turun dan menyebabkan perbedaan ukuran pada setiap genteng beton yang dicetak.



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Penampang Genteng
(Sumber : Hasil Penelitian)

Berbeda dengan yang terjadi pada grafik 4.3, grafik di atas adalah grafik perbandingan rata – rata ukuran penampang pada genteng beton. Terlihat bahwa sleuruh varasi memiliki ukuran yang sama yaitu lebar penampang 40 mm dengan kedalaman alur sebesar 25 mm.

Dari ketiga diagram di atas, dapat dilihat bahwa seluruh bagian pada genteng beton memenuhi ukuran sesuai dengan SNI 0096:2007. Terdapat beberapa perbedaan ukuran yang bisa disebabkan oleh faktor pada proses pembuatan genteng yang dicetak secara manual dengan tatakan genteng beton yang berbeda. Akan tetapi, perbedaan yang dihasilkan tidak begitu signifikan, hanya berbeda 1-2 mm.

4.4.2 Hasil Uji Sifat Tampak

Uji tampak pada genteng beton bertujuan untuk melihat hasil visual pada genteng beton. Sesuai dengan SNI 0096:2007, genteng beton tidak boleh ada keretakan dan permukaannya harus halus. Hasil tampak pada genteng dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4. 8 Hasil Uji Sifat Tampak Pada Benda Uji

Variasi	Benda Uji	Hasil Sifat Tampak	Dokumentasi	Keterangan
A	A1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		Memenuhi
	A2	Permukaan sedikit bergeronjal, tidak terdapat retak		Belum memenuhi
	A3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
B	B1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	B2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	B3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
C	C1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	C2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	C3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
D	D1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	D2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	D3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
E	E1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	E2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	E3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
F	F1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi

Variasi	Benda Uji	Hasil Sifat Tampak	Dokumentasi	Keterangan
	F2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	F3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
G	G1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	G2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	G3	Permukaan halus, terdapat retak		Belum memenuhi

(sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat bahwa rata – rata keseluruhan variasi yang dibuat memenuhi SNI 0096:2007. Pada variasi A (0%, +0%) atau genteng beton konvensional dan variasi G (4%, +30%) terdapat salah satu benda uji yang tidak memenuhi dikarenakan adanya retakan pada permukaan genteng. Namun, secara keseluruhan genteng beton atau benda uji yang dihasilkan memenuhi SNI 0096:2007 dari segi tampak atau visual. Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya dengan persentase penambahan serat batang pisang 5% menghasilkan keretakan paling minimum pada beton (Hani & Rini, 2018). Hal tersebut dikarenakan serat batang pisang memiliki struktur mikroskopis yang memberikan kestabilan tambahan pada campuran beton dan mengurangi risiko pengembangan retakan (Tajalla et al., 2024).

4.4.3 Hasil Uji Kerataan

Uji kerataan pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan batang baja berdiameter 3 mm. berikut adalah hasil pengujian kerataan pada genteng beton pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Uji Kerataan Genteng Beton

Variasi	Benda Uji	Kerataan	Dokumentasi
A	A1	Kurang dari 3 mm	
	A2	Kurang dari 3 mm	
	A3	Kurang dari 3 mm	
B	B1	Kurang dari 3 mm	
	B2	Kurang dari 3 mm	
	B3	Kurang dari 3 mm	
C	C1	Kurang dari 3 mm	
	C2	Kurang dari 3 mm	
	C3	Kurang dari 3 mm	
D	D1	Kurang dari 3 mm	
	D2	Kurang dari 3 mm	
	D3	Kurang dari 3 mm	
E	E1	Kurang dari 3 mm	
	E2	Kurang dari 3 mm	
	E3	Kurang dari 3 mm	
F	F1	Kurang dari 3 mm	
	F2	Kurang dari 3 mm	
	F3	Kurang dari 3 mm	
G	G1	Kurang dari 3 mm	
	G2	Kurang dari 3 mm	
	G3	Kurang dari 3 mm	

(sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa seluruh variasi pada genteng beton mulai dari variasi A (0%, +0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%,

+4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%) memenuhi SNI 0096:2007 dengan kerataan maksimal 3 mm.

4.4.4 Hasil Uji Berat

Perbandingan berat pada genteng beton perlu diketahui sebagai salah satu output pada penelitian. Pada SNI 0096:2007, tidak tercantum batas minimal atau maksimal berat pada genteng beton. Tabel 4.10 berikut menunjukkan hasil berat masing – masing genteng beton.

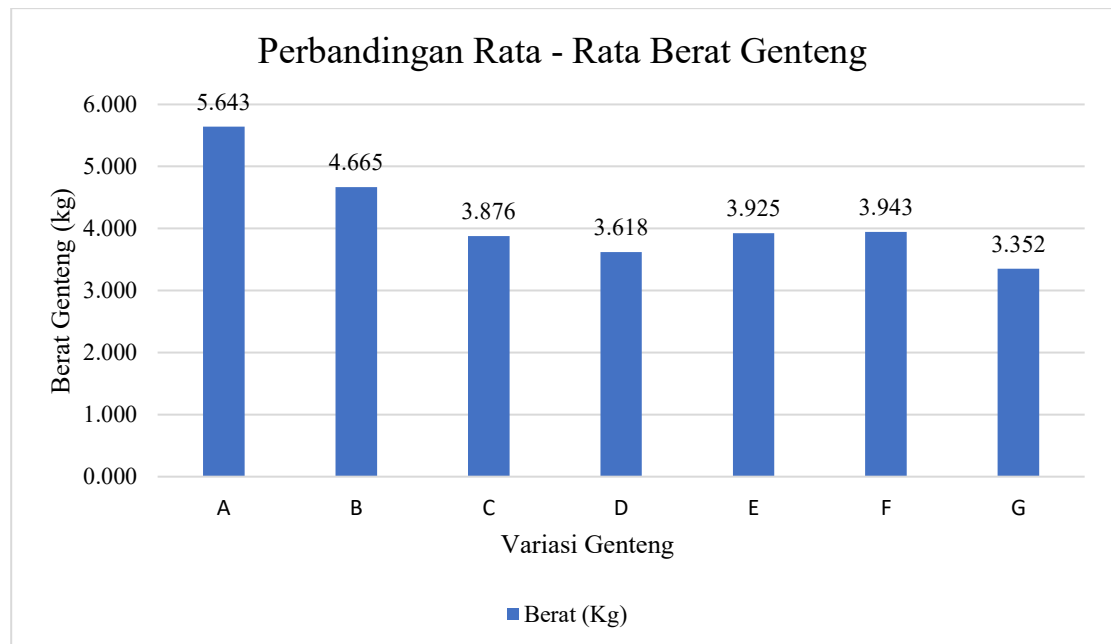
Tabel 4. 10 Hasil Perbandingan Berat

Variasi	Benda Uji	Berat (kg)	Berat rata – rata (Kg)	Dokumentasi
A	A1	5,735 kg	5,643	
	A2	5,545 kg		
	A3	5,650 kg		
B	B1	5,080 kg	4,665	
	B2	4,680 kg		
	B3	4,235 kg		
C	C1	3,690 kg	3,876	
	C2	3,860 kg		
	C3	4,080 kg		
D	D1	3,290 kg	3,618	
	D2	4,135 kg		
	D3	3,430 kg		
E	E1	3,985 kg	3,925	
	E2	3,910 kg		
	E3	3,880 kg		

Variasi	Benda Uji	Berat (kg)	Berat rata – rata (Kg)	Dokumentasi
F	F1	3,865 kg	3,943	
	F2	4,085 kg		
	F3	3,880 kg		
G	G1	3,115 kg	3,352	
	G2	3,510 kg		
	G3	3,430 kg		

(Sumber : Hasil penelitian)

Dari hasil penelitian menunjukkan pada setiap variasi dengan kenaikan persentase substitusi limbah *styrofoam*, menghasilkan genteng beton dengan berat yang lebih ringan. Grafik atau diagram perbandingan rata – rata berat genteng dapat dilihat pada gambar 4. 4 di bawah.



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Rata - Rata Berat Genteng
(Sumber: Hasil Penelitian)

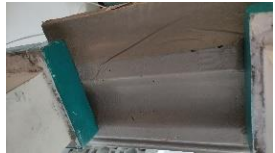
Genteng beton dengan berat palig besar diperoleh oleh variasi A atau genteng beton non campuran dengan berat rata – rata 5,643 kg. dilanjut pada variasi B dengan berat genteng beton sebesar 4,665 kg. Penurunan berat genteng per-variasi berhenti pada variasi E dengan kenaikan sebesar 3,07% dan terdapat penurunan kembali pada variasi G. Dari hasil perbandingan berat di atas, didapatkan hasil berat genteng paling ringan pada variasi G dengan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam* sebesar 4% dan 30%. Hal ini menunjukkan, bahwa genteng beton dengan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam* lebih ringan dibandingkan genteng beton konvensional tanpa campuran. Pada penelitian terdahulu, *styrofoam* mampu menekan berat genteng beton sampai mencapai rata – rata 3,06% (Halim, 2020). Hal ini juga disebutkan dalam penelitian lain yang membahas tentang beton dengan *styrofoam*, menunjukkan bahwa beton dengan campuran *styrofoam* memiliki berat jenis lebih rendah berkisar antara 5% - 35% dibandingkan dengan beton tradisional (Wulandari et al., 2018).

4.4.5 Hasil Uji Rembesan Air (Impermeabilitas)

Rembesan air pada genteng beton dilakukan dengan menggenangkan air di atas permukaan genteng beton dengan bantuan seng selama 20 jam 5 menit. Berikut adalah hasil uji rembesan air pada genteng beton. Hasil pengujian rembesan air dapat dilihat pada tabel 4.11 di bawah.

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Rembesan Air

Variasi	Benda Uji	Rembesan	Dokumentasi
A	A1	Tidak ada rembesan	
	A2	Tidak ada rembesan	
	A3	Tidak ada rembesan	
B	B1	Tidak ada rembesan	

Variasi	Benda Uji	Rembesan	Dokumentasi
	B2	Tidak ada rembesan	
	B3	Tidak ada rembesan	
C	C1	Tidak ada rembesan	
	C2	Tidak ada rembesan	
	C3	Tidak ada rembesan	
D	D1	Tidak ada rembesan	
	D2	Tidak ada rembesan	
	D3	Tidak ada rembesan	
E	E1	Tidak ada rembesan	
	E2	Tidak ada rembesan	
	E3	Tidak ada rembesan	
F	F1	Tidak ada rembesan	
	F2	Tidak ada rembesan	
	F3	Tidak ada rembesan	
G	G1	Tidak ada rembesan	
	G2	Tidak ada rembesan	
	G3	Tidak ada rembesan	

(Sumber : Hasil penelitian)

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pada variasi A (0%, +0%), atau genteng tanpa bahan campuran menunjukkan tidak ada rembesan air atau tetesan air pada genteng. Hal yang sama juga ditunjukkan pada genteng variasi B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%, +4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%). Seluruh genteng beton tidak menunjukkan adanya tetesan air di bawah genteng. Dapat dikatakan bahwa genteng beton memenuhi SNI 0096:2007 pada pengujian rembesan air.

4.4.6 Hasil Uji Penyerapan Air (Porositas)

Pengujian penyerapan air pada genteng beton dilakukan dengan merendam genteng beton yang sudah kering ke dalam air sampai menutupi seluruh bagian genteng selama 24 jam. Hasil penyerapan air pada genteng dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Benda Uji	Berat Kering (K) (Kg)	Berat Basah (W) (Kg)
A	A1	5,735 kg	6,150
	A2	5,545 kg	5,915
	A3	5,650 kg	6,105
B	B1	5,080 kg	5,535
	B2	4,680 kg	5,110
	B3	4,235 kg	4,640
C	C1	3,690 kg	4,025
	C2	3,860 kg	4,240
	C3	4,080 kg	4,313
D	D1	3,290 kg	3,630
	D2	4,135 kg	4,505
	D3	3,430 kg	3,680
E	E1	3,985 kg	4,335
	E2	3,910 kg	4,275
	E3	3,880 kg	4, 250
F	F1	3,865 kg	4,200
	F2	4,085 kg	4,420
	F3	3,880 kg	4,195
G	G1	3,115 kg	3,445
	G2	3,510 kg	3,870
	G3	3,430 kg	3,775

(Sumber : Hasil penelitian)

Tabel 4.12 di atas adalah hasil rekapitulasi berat genteng beton dalam keadaan kering dan basah. Untuk mengetahui berapa besar penyerapan air pada genteng beton, diperlukan perhitungan sebagaimana pada persamaan [7] sebagai berikut.

Dengan :

W = Berat genteng basah (kg)

K = berat genteng kering (kg)

1. Variasi A

a. A1

Berat genteng kering (K) = 5,735 kg

Berat genteng basah (W) = 6,150 kg

$$A1 = \frac{6,150 - 5,735}{5,735} \times 100\%$$

$$A1 = \frac{0,415}{5,735} \times 100\%$$

$$A1 = 7,236\%$$

b. A2

Berat genteng kering (K) = 5,545 kg

Berat genteng basah (W) = 5,915 kg

$$A2 = \frac{5,915 - 5,545}{5,545} \times 100\%$$

$$A2 = \frac{0,37}{5,545} \times 100\%$$

$$A2 = 6,672\%$$

c. A3

Berat genteng kering (K) = 5,650 kg

Berat genteng basah (W) = 6,105 kg

$$A3 = \frac{6,105 - 5,650}{5,650} \times 100\%$$

$$A3 = \frac{0,455}{5,650} \times 100\%$$

$$A3 = 8,053\%$$

$$\text{Rata - rata penyerapan air pada variasi A} = \frac{A1+A2+A3}{3}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{7,236+6,672+8,053}{3}$$

$$\text{Rata - rata} = 7,320\%$$

2. Variasi B

a. B1

Berat genteng kering (K) = 5,080 kg

Berat genteng basah (W) = 5,535 kg

$$B1 = \frac{5,535-5,080}{5,080} \times 100\%$$

$$B1 = \frac{0,455}{5,080} \times 100\%$$

$$B1 = 8,956\%$$

b. B2

Berat genteng kering (K) = 4,680 kg

Berat genteng basah (W) = 5,110 kg

$$B2 = \frac{5,110-4,680}{4,680} \times 100\%$$

$$B2 = \frac{0,42}{4,680} \times 100\%$$

$$B2 = 9,188\%$$

c. B3

Berat genteng kering (K) = 4,235 kg

Berat genteng basah (W) = 4,640 kg

$$B3 = \frac{4,640-4,235}{4,640} \times 100\%$$

$$B3 = \frac{405}{4,640} \times 100\%$$

$$B3 = 8,728\%$$

$$\text{Rata - rata penyerapan air pada variasi B} = \frac{B1+B2+B3}{3}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{8,956+9,188+8,728}{3}$$

$$\text{Rata - rata} = 8,957\%$$

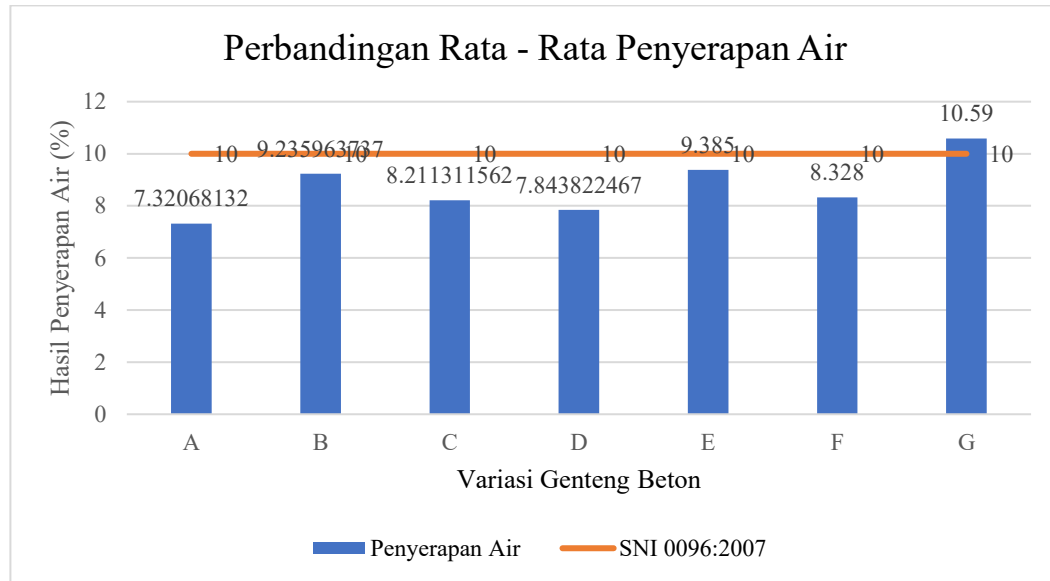
Hasil rekapitulasi perhitungan penyerapan air pada genteng dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil Analisa Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Benda Uji	Berat Kering (K) (Kg)	Berat Basah (W) (Kg)	Penyerapan Air (%)	Rata – rata (%)	SNI 0096:2007 $\leq 10\%$
A	A1	5,735 kg	6,150	7,236%	7,320%	Memenuhi
	A2	5,545	5,915	6,672%		Memenuhi
	A3	5,650	6,105	8,053%		Memenuhi
B	B1	5,080	5,535	8,956%	8,957%	Memenuhi
	B2	4,680	5,110	9,188%		Memenuhi
	B3	4,235	4,640	8,728%		Memenuhi
C	C1	3,690	4,025	9,078%	8,210%	Memenuhi
	C2	3,860	4,240	9,844%		Memenuhi
	C3	4,080	4,313	5,71%		Memenuhi
D	D1	3,290	3,630	7,294%	7,843%	Memenuhi
	D2	4,135	4,505	8,948%		Memenuhi
	D3	3,430	3,680	7,286%		Memenuhi
E	E1	3,985	4,335	9,284%	9,385%	Memenuhi
	E2	3,910	4,275	9,335%		Memenuhi
	E3	3,880	4, 250	9,536%		Memenuhi
F	F1	3,865	4,200	8,667%	8,328%	Memenuhi
	F2	4,085	4,420	8,2%		Memenuhi
	F3	3,880	4,195	8,118%		Memenuhi
G	G1	3,115	3,445	10,59%	10,59%	Tidak Memenuhi
	G2	3,510	3,870	10,23%		Tidak Memenuhi
	G3	3,430	3,775	10,058%		Tidak Memenuhi

(Sumber : Hasil penelitian)

Dari hasil tersebut, menerangkan bahwa tidak semua variasi genteng beton menghasilkan daya serap kurang dari 10%.



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Rata - Rata Penyerapan Air Genteng
(sumber : Hasil Penelitian)

Dapat dilihat pada gambar 4.5 di atas, rekapitulasi hasil penyerapan air pada genteng beton. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi A sampai Variasi F berhasil memenuhi SNI 0096:2007 yang mengatur tentang genteng beton. Nilai penyerapan air rata – rata tertinggi terdapat pada variasi G (30%, +4%) dengan nilai 10,59%, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi A (0%, +0%) dengan nilai 7,320%. Pada genteng variasi B nilai penyerapan air mengalami kenaikan sekitar 1,6% lalu setelah itu nilai penyerapan air terus menurun sampai variasi D dan mengalami kenaikan pada variasi E (20%, +4%) sebesar 1,54%, lalu terjadi penurunan kembali pada variasi F (25%, +4%) sebesar 1,05%. Namun, pada variasi G (30%, +4%) penyerapan air pada genteng melebihi batas 10%. Peningkatan tersebut disebabkan oleh campuran material yang tidak homogen akibat penggunaan styrofoam berlebih dan serat batang pisang melebihi kadar optimal. Styrofoam yang terlalu banyak menyebabkan segregasi material dan rongga besar (Ginting, 2019), sedangkan penambahan serat lebih dari 3% membentuk rongga mikro yang memperbesar penyerapan air .(Hadi et al., 2023). Hal ini diperkuat oleh (Siregar et al., 2021) yang menyatakan bahwa “penambahan serat batang pisang lebih dari 3% menyebabkan peningkatan penyerapan air akibat pori-pori

mikro yang terbentuk tidak sempurna menutup”. Dengan demikian, peningkatan penyerapan air pada variasi G terjadi akibat interaksi negatif kedua material tersebut, sehingga struktur beton menjadi lebih berpori dan tidak kompak dan daya serap airnya melampaui batas maksimum SNI 0096:2007.

4.4.7 Hasil Uji Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur pada genteng beton menggunakan alat *universal testing machine* (UTM). Minimal nilai kuat lentur pada genteng beton profil penelitian ini adalah 1400 N. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat umur genteng 14 hari. Berikut adalah hasil kuat lentur genteng beton pada usia 14 hari. Berikut adalah nilai kuat lentur sementara yang dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Beban Lentur

Variasi	Benda Uji	Berat Genteng (Kg)	Tebal genteng (mm)	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Rata – Rata (N)
A	A1	5,735	17	1550	1573
	A2	5,545	16	1560	
	A3	5,650	18	1610	
B	B1	5,080	18	1600	1780
	B2	4,680	18	2010	
	B3	4,235	18	1730	
C	C1	3,690	14	1560	1460
	C2	3,860	14	1370	
	C3	4,080	14	1450	
D	D1	3,290	20	2060	1787
	D2	4,135	20	1900	
	D3	3,430	20	1400	
E	E1	3,985	20	1420	1580
	E2	3,910	20	1710	

Variasi	Benda Uji	Berat Genteng (Kg)	Tebal genteng (mm)	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Rata – Rata (N)
	E3	3,880 kg	20	1610	
F	F1	3,865 kg	20	1700	1460
	F2	4,085 kg	20	1270	
	F3	3,880 kg	18	1410	
G	G1	3,115 kg	20	1020	1070
	G2	3,510 kg	20	1130	
	G3	3,430 kg	18	1060	

(Sumber : Hasil Penelitian)

Data yang tertera dari hasil pengujian di atas akan dihitung dengan rumus dan persamaan [9] dan [10] di bawah ini.

1. Variasi A

$$F_i = A1 = 1550 \text{ N}$$

$$A2 = 1560 \text{ N}$$

$$A3 = 1610 \text{ N}$$

$$F = \frac{A1+A2+A3}{3}$$

$$F = \frac{1550+1560+1610}{3}$$

$$F = 1573,33 \text{ N}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(1550-1573,33)^2+(1560-1573,33)^2+(1610-1573,33)^2}{3}}$$

$$Sd = 26,246 \text{ N}$$

$$F_c = F - 1,64 \times Sd$$

$$F_c = 1573,33 - 1,64 \times 26,246$$

$$F_c = 1530,289 \text{ N}$$

Berarti, nilai kuat lentur dari variasi A adalah 1530,289 N

2. Variasi B

$$F_i = B1 = 1600 \text{ N}$$

$$B2 = 2010 \text{ N}$$

$$B3 = 1730 \text{ N}$$

$$F = \frac{B1+B2+B3}{3}$$

$$F = \frac{1600+2010+1730}{3}$$

$$F = 1780 \text{ N}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(1600-1780)^2+(2010-1780)^2 + (1730-1780)^2}{3}}$$

$$Sd = 171,075 \text{ N}$$

$$Fc = F - 1,64 \times Sd$$

$$Fc = 1780 - 1,64 \times 171,075$$

$$Fc = 1499,437 \text{ N}$$

Berarti, nilai kuat lentur dari variasi B adalah 1499,437 N.

Dari perhitungan yang sudah dilakukan, seluruh hasil dari setiap variasi akan dimasukkan dalam tabel rekapitulasi nilai rata – rata kuat lentur pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Rata - Rata Kuat Lentur Genteng 14 Hari

Variasi	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Nilai Kuat Lentur Rencana SNI 0096:2007
A	1530,29	>1400
B	1499,44	>1400
C	1322,26	>1400
D	1325,65	>1400
E	1382,75	>1400
F	1166,32	>1400
G	995,45	>1400

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dapat kita ketahui nilai kuat lentur genteng pada usia 14 hari dengan perhitungan di atas. Dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur pada Variasi A (0%, +3%) genteng beton

konvensional atau campuran serat nilai kuat lenturnya memenuhi batas minimal SNI 0096:2007 yaitu senilai 1400 N. Namun, terjadi penurunan nilai kuat lentur pada variasi C (25%, +3%) dan terjadi kenaikan kembali pada variasi D (30%, +3%) begitu pun pada variasi E (20%, +4%) sampai dengan variasi G (30%, +4%). Namun, nilai tersebut belum dapat dikatakan valid dikarenakan usia beton hanya mencapai 14 hari. Maka dari itu, perlu dihitung nilai kuat lenturnya dengan mengkonversi ke usia 28 Hari. Variasi C dengan nilai kuat lentur 1322,26 N, maka harus diubah satuannya ke dalam MPa dan dikonversi ke dalam nilai kuat tekan beton (f_c) :

$$P = F/A \dots \dots \dots [12]$$

$$P = 1322,26 / 325 \text{ mm}^2$$

$$P = 4,099 \text{ MPa}$$

Nilai konversi umur beton usia 14 hari adalah 0,88 dan 28 hari adalah 1.

Perhitungan konversi pada variasi C :

- Mengonversikan kuat lentur ke dalam nilai kuat tekan dengan rumus :

$$f_c' = \left(\frac{f_s}{0,62} \right)^2 \dots \dots \dots [13]$$

$$\begin{aligned} f_c' &= \left(\frac{f_s}{0,62} \right)^2 \\ &= \left(\frac{4,099}{0,62} \right)^2 \\ &= 43,715 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Hasil kuat tekan yang didapatkan, dikonversi kembali ke umur beton 28 hari dengan rumus :

$$f_c'_{28} = \frac{f_c'}{0,88} \dots \dots \dots [14]$$

$$\begin{aligned} f_c'_{28} &= \frac{f_c'}{0,88} \\ &= \frac{43,715}{0,88} \\ &= 49,676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Lalu, ubah nilai $f_c'_{28}$ tersebut ke dalam nilai kuat lentur (f_s) dengan perhitungan :

$$f_s = 0,62\sqrt{f_c'_{28}} \dots [15]$$

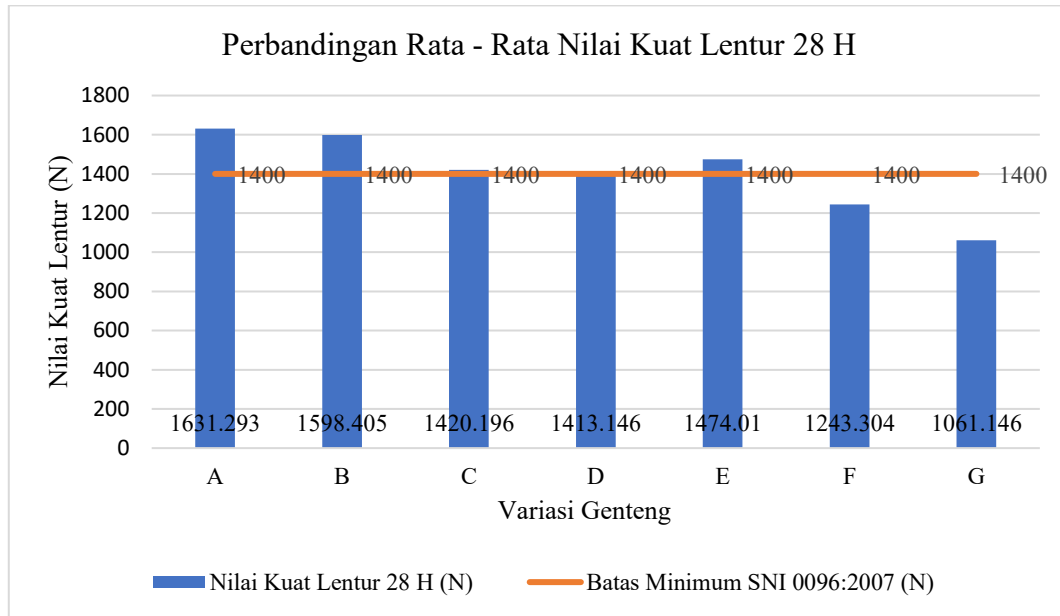
$$\begin{aligned} f_s &= 0,62\sqrt{f_c'_{28}} \\ &= 4,37 \text{ MPa} \\ &= 1420,196 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan konversi di atas, dilakukan dengan rumus dan tahap yang sama kepada seluruh variasi. Nilai akhir konversi secara keseluruhan, kemudian akan dicatat pada tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 16 Perhitungan Hasil Kuat Lentur Genteng Beton 28 Hari

Variasi	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Nilai Kuat Lentur 28 H (N)	Nilai Kuat Lentur Rencana (≥ 1400 N)
A	1530,29	1631,293	Memenuhi
B	1499,44	1598,405	Memenuhi
C	1322,26	1420,196	Memenuhi
D	1325,65	1413,146	Memenuhi
E	1382,75	1474,01	Memenuhi
F	1166,32	1243,304	Tidak Memenuhi
G	995,45	1061,146	Tidak Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Kuat Lentur Genteng Beton 28 Hari
(Sumber : Hasil penelitian)

Pada gambar 4.6, dapat dilihat bahwa hasil konversi kuat lentur genteng beton pada variasi A dengan 0% substitusi styrofoam dan 0% penambahan serat batang pisang adalah 1631,293 N, variasi B dengan 20% substitusi styrofoam dan 3% penambahan serat batang pisang sebesar 1598,405, pada variasi C dengan 25% substitusi styrofoam dan 3% penambahan serat batang pisang dengan nilai kuat lentur 1420,196 N, lalu pada variasi D dengan 30% substitusi styrofoam dan 3% penambahan serat batang pisang sebesar 1413,146 N, variasi E dengan 20% substitusi styrofoam dan 4% penambahan serat batang pisang memiliki nilai kuat lentur 1474,01 N, lalu pada variasi F dengan 25% substitusi styrofoam dan 4% penambahan serat batang pisang dengan nilai kuat lentur 1243,304 N, dan diakhiri oleh variasi G dengan 30% substitusi styrofoam dan 4% penambahan serat batang pisang memiliki nilai kuat lentur sebesar 1061,146 N. Dari hasil di atas, dapat dilihat bahwa penambahan styrofoam menyebabkan penurunan nilai kuat lentur. Kuat lentur pada variasi B mengalami penurunan sebesar 3,28%. Hal yang sama terjadi pada variasi C sampai E. Namun, pada variasi E terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 6,086% dari variasi D. semakin besar penambahan styrofoam maka

kuat lentur yang akan dihasilkan juga semakin kecil. Seperti yang terjadi pada penelitian sebelumnya dengan penambahan styrofoam persentase 0%, 1%, 2%, dan 3% nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada persentase 1% penambahan styrofoam dengan nilai 1035,5 N (Firda et al., 2023). Didapatkan hasil kuat lentur optimal pada variasi B dengan penambahan serat sebesar 3%. Hal tersebut selaras dengan penelitian sebelumnya, kuat lentur pada penambahan persentase 2,5% serat mengalami kenaikan sebesar 1% dari persentase sebelumnya (Setiawan & Arini, 2022). Jika dilihat dari penambahan kuat lentur pada variasi E, penambahan persentase serat batang pisang 4% bisa menjadi pengaruh dalam kenaikan nilai kuat lenturnya. Penurunan nilai kuat lentur pada variasi F dan G memiliki korelasi atau hubungan dengan pengujian yang sebelumnya yaitu daya serap air yang tinggi menunjukkan rongga pada genteng beton semakin banyak. Penggunaan serat batang pisang dengan persentase optimal 3%, hal ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menghasilkan kuat lentur optimal beton campuran serat pelepah pisang kepoth pada persentase 3% dengan nilai 3,33 Mpa (Latif et al., 2024). Jadi, ketika persentase 4% serat dicampur dengan styrofoam substitusi lebih dari 20%, maka hasil kuat lenturnya tidak optimal.

4.5 Analisa Kebutuhan Biaya

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa kebutuhan biaya yang diperlukan dalam membuat satu buah genteng beton. Kebutuhan biaya yang dihitung didapatkan berdasarkan harga satuan pada wilayah Kota Semarang. Berikut ini merupakan kebutuhan yang diperlukan dalam membuat benda uji atau genteng beton. Berikut ini merupakan kebutuhan bahan – bahan campuran yang tertera pada tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Kebutuhan Bahan - Bahan Campuran

No.	Kebutuhan Bahan – Bahan Campuran					
	Benda Uji	Serat Batang Pisang (gr)	Limbah Styrofoam (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Air (gr)
1	A	0	0	1637,213	3742,2	573,024
2	B	16,59	14,345	1637,213	2993,16	573,024
3	C	16,59	17,931	1637,213	2806,66	573,024
4	D	16,59	21,518	1637,213	2619,528	573,024
5	E	22,121	14,345	1637,213	2993,16	573,024
6	F	22,121	17,931	1637,213	2806,66	573,024
7	G	22,121	21,518	1637,213	2619,528	573,024

(Sumber : Penulis)

Dari kebutuhan bahan yang sudah dihitung, maka dapat dihitung total kebutuhan biaya produksi yang dikeluarkan dalam membuat 1 buah benda uji atau genteng beton dengan cara sebagai berikut.

1. Variasi A

1 semen : 3 pasir : 0,35 FAS, 0% serat batang pisang. Genteng tanpa bahan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam*.

- a. Kebutuhan pasir = 3,742 kg
Harga pasir = kebutuhan pasir x harga
= 3,742 x Rp246,-
= Rp920,532.-
- b. Kebutuhan Semen = 1,637 kg
Harga semen = kebutuhan semen x harga
= 1,637 x Rp1.410,-
= Rp2.308,17.-

c. Total Biaya = harga pasir + harga semen
 $= 920,532 + 2.308,17$
 $= \text{Rp}3.258,7.-$

Tabel 4. 18 Biaya Produksi Genteng Variasi A

Material	Kebutuhan Bahan (Kg)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Pasir	3,742	Rp246,-	Rp920,532
Semen	1,637	Rp1.410,-	Rp2.308,17
Jumlah Biaya Produksi			Rp3.258,7

(Sumber : Hasil Penelitian)

Jadi, total biaya produksi untuk variasi A adalah sebesar Rp3.258,7.-/buah.

2. Variasi B

1 semen : 2,8 pasir : 0,2 *styrofoam* : 0,35 FAS, 3% serat batang pisang.

a. Kebutuhan pasir = 2,993 kg
 Harga pasir = kebutuhan pasir x harga
 $= 2,993 \times \text{Rp}246,-$
 $= \text{Rp}736,28$

b. Kebutuhan Semen = 1,637 kg
 Harga semen = kebutuhan semen x harga
 $= 1,637 \times \text{Rp}1.410,-$
 $= \text{Rp}2.308,17.-$

c. Total Biaya = harga pasir + harga semen
 $= 736,28 + 2.308,17$
 $= \text{Rp}3.044,5$

Tabel 4. 19 Biaya Produksi Genteng Variasi B

Material	Kebutuhan Bahan (Kg)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Pasir	2,993	Rp246,-	Rp736,28
Semen	1,637	Rp1.410,-	Rp2.308,17

Serat Batang Pisang	0,017	Rp0,-	Rp0,-
Limbah <i>Styrofoam</i>	0,015	Rp0,-	Rp0,-
Jumlah Biaya Produksi			Rp3.044,5

(Sumber: Hasil Penelitian)

Jadi, dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui biaya produksi untuk variasi B dengan jumlah substitusi sebesar 20% terhadap volume pasir dan penambahan 3% serat batang pisang sebesar Rp3.044,5.

Dari perhitungan di atas, dapat dibuat rekapitulasi biaya produksi variasi secara keseluruhan pada tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Jumlah Biaya Produksi

Variasi	Jumlah Biaya Produksi (Rp)
A	Rp3.228,70
B	Rp3.044,45
C	Rp2.998,59
D	Rp2.952,57
E	Rp3.044,45
F	Rp2.998,59
G	Rp2.952,57

(Sumber: Hasil Penelitian)

Biaya produksi pada variasi A atau genteng tanpa bahan campuran serat dan limbah *styrofoam*, membutuhkan biaya produksi yang tinggi dengan nilai Rp3.228,-. Seiring dengan penambahan persentase substitusi limbah *styrofoam* pada volume pasir, semakin memengaruhi biaya produksi yang dikeluarkan untuk membuat genteng beton. Penurunan biaya produksi pada variasi D (30%, +3%) dan G (30%, +4%) mendapatkan biaya produksi paling murah dari keseluruhan variasi.

Hal ini disebabkan oleh harga dari serat batang pisang dan limbah *styrofoam* yang mencapai Rp0,- karena pemanfaatan limbah pada lingkungan sekitar dan juga jumlah yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

4.6 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian secara keseluruhan, akan dilakukan rekapitulasi dan analisa terkait keterikatan satu sama lain dan bagaimana pengaruhnya dalam tabel 4.21 berikut.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Variasi	Ukuran	Sifat Tampak	Kerataan	Berat	Rembesan Air	Penyerapan Air	Kuat Lentur	Perbandingan Harga
A	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	5,643 kg	Tidak ada tetesan	7,32%	1631,293 N	Rp3.228,70
B	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	4,665 kg	Tidak ada tetesan	8,957%	1598,405 N	Rp3.044,45
C	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,876 kg	Tidak ada tetesan	8,210%	1420,196 N	Rp2.998,59
D	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,618 kg	Tidak ada tetesan	7,843%	1413,146 N	Rp2.952,57
E	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,925 kg	Tidak ada tetesan	9,385%	1474,01 N	Rp3,.044,45
F	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,943 kg	Tidak ada tetesan	8,328%	1243,304 N	Rp2.998,59
G	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,352 kg	Tidak ada tetesan	10,59%	1061,146 N	Rp2.952,57

(Sumber : Hasil Penelitian)

■ = Tidak Memenuhi SNI 0096:2007

■ = Memenuhi SNI 0096:2007

Dari hasil rekapitulasi di atas, dapat dilihat bahwa *secara* keseluruhan variasi memiliki keunggulannya masing – masing. Seluruh pengujian memiliki keterkaitan dalam hasil akhir yang ditunjukkan. Variasi A (0%, +0%) memiliki hasil pengujian paling unggul dan optimal dalam kuat lentur dengan nilai 1631,293 N dan penyerapan air paling minimum dengan nilai 7,32%. Namun, secara berat dan biaya produksi yang dibutuhkan, variasi A memiliki berat dan biaya yang lebih tinggi dibandingkan variasi dengan bahan campuran. Untuk genteng beton yang paling ringan didapat pada variasi G dengan berat 3,352 kg akan tetapi, berat genteng yang diakibatkan oleh limbah *styrofoam* memengaruhi terhadap nilai kuat lenturnya. Semakin besar kenaikan persentase *styrofoam*, semakin rendah pula nilai kuat lenturnya. Dari segi perbandingan harga, kenaikan persentase pada *styrofoam* semakin menekan harga produksinya. Pada

genteng dengan penambahan serat batang pisang 4%, dapat menaikkan nilai kuat lentur pada variasi E (20%, +4%) dengan nilai 1474,01 N. Meskipun nilai kuat lenturnya bisa lebih dari 1400 N, tetapi tidak lebih besar dibanding variasi B. Pada variasi B (20%, +3%) didapatkan hasil paling optimal untuk variasi genteng dengan campuran. Nilai kuat lentur yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 1400 N menjadi 1598,405 N dengan penyerapan air sebesar 8,21% dan membutuhkan biaya produksi Rp3.044,45.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat diambil Kesimpulan menjadi beberapa hal, yaitu :

1. Penambahan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* pada genteng beton dari hasil penelitian di atas, sangat berpengaruh terhadap sifat fisisnya. Genteng beton dengan penambahan persentase limbah *styrofoam* yang tinggi, maka akan menghasilkan genteng yang lebih ringan dibandingkan dengan genteng beton konvensional atau tanpa campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam*. Selain itu, penggunaan serat batang pisang dapat menaikkan nilai kuat lentur hingga sebesar 6%. Namun, penambahan persentase substitusi limbah *styrofoam* dapat mengurangi nilai kuat lentur rata – rata sampai 10%.
2. Kuat lentur optimum genteng beton dengan campuran didapatkan pada variasi B (20%, +3%) yaitu dengan nilai kuat lentur sebesar 1598,405 N. Nilai porositas paling baik didapatkan oleh genteng beton variasi A (0%, +0) dengan nilai penyerapan air 7,32%. Sedangkan, untuk hasil rembesan air pada genteng beton semua variasi berhasil memenuhi standar.
3. Dari hasil penelitian, hubungan antara semen, pasir, serat batang pisang, dan limbah *styrofoam* tentunya sangat menentukan nilai akhir pada genteng beton. Untuk mendapatkan hasil yang paling baik dari segi kuat lentur dan dengan kelebihan beratnya yang ringan, maka dapat disimpulkan bahwa campuran B dengan variasi 1 PC : 2,8 PS : 0,2 Limbah *styrofoam*, dan 3% penambahan serat batang pisang menghasilkan genteng beton yang lebih ringan daripada genteng beton konvensional tetapi masih memiliki nilai kuat lentur > 1400 N.
4. Serat batang pisang dan limbah *styrofoam* juga berpengaruh dalam segi biaya produksi. Karena limbah *styrofoam* berperan sebagai bahan substitusi parsial pasir, maka variasi genteng dengan bahan campuran memerlukan biaya produksi yang

lebih murah daripada genteng beton tanpa bahan campuran atau konvensional. Biaya produksi paling rendah didapatkan pada persentase substitusi 30% limbah *styrofoam* terhadap volume pasir sebesar Rp2.952,57. Pengurangan biaya produksi terhadap genteng beton konvensional turun sejauh 2,76%.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian dengan penambahan serat batang pisang dan limbah *styrofoam* sebagai substitusi parsial terhadap pasir pada genteng beton, berikut ini adalah beberapa hal yang dapat dijadikan bahan pertimbangan kembali untuk penelitian selanjutnya.

1. Panjang dari serat batang pisang perlu dikaji kembali dalam pembuatan genteng beton campuran untuk mendapatkan hasil optimal dalam peningkatan kuat lentur.
2. Pembuatan dan proses mencetak genteng beton diperlukan ketelitian dan kesabaran untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.
3. Penggunaan mesin *press* atau mesin cetak sangat direkomendasikan agar bentuk dan ukuran genteng beton dapat seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, A. (2020). *ANALISA PEMBUATAN GENTENG BETON SERAT DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT IJUK*. Universitas Medan Area.
- Ardiyanti, I., & S, M. F. (2015). *PENGARUH PENGGUNAAN SERAT BULU AYAM SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN PADA CAMPURAN GENTENG BETON TERHADAP UJI KEMAMPUAN MEKANIS*.
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia Statistics of Annual Fruit and Vegetable Plants Indonesia 2015*. Badan Pusat Statistik/BPS-Statistics Indonesia.
- Barus, E. (2020). *ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA PEMBUATAN GENTENG BETON*. Universitas Medan Area.
- BASRA (Berita Anak Surabaya). (2022, November 30). *Jadi Sampah yang Paling Banyak Ditemukan, Ini Bahaya Styrofoam Bagi Lingkungan*. Kumparan.
- Firda, M., Nasaf, N., Rakhmawati, A., & Jannah, R. M. (2023). *Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Genteng Beton Ringan dengan Tambahan Styrofoam*.
- Ginting, A. (2019). Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 76–98. <https://doi.org/10.28932/jts.v11i2.1404>
- Gunavel, M., Aishwarya, S., Indhumathi, K., Jalapriya, N., & Keerthi Priya, M. (2020). Proportioning of Lightweight Concrete by the Inclusion of Expanded Polystyrene(EPS). *International Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(02). www.ijert.org
- Hadi, A. Y., Hadi, S., Juanita, & Prasetiawan, J. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Kulit Bambu Petung Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal ANDASAH Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.
- Halim, A. (2020). PEMANFAATAN IJUK DAN LIMBAH STYROFOAM UNTUK MENURUNKAN BOBOT DAN MENAIKKAN KUAT LENTUR GENTENG BETON. *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2020)*, 875–884.
- Hani, S., & Rini. (2018). PENGARUH CAMPURAN SERAT PISANG TERHADAP BETON. *JURNAL EDUCATION BUILDING, Vol. 4 No. 1*, 40–45.
- Hani, S., & Tanjung, Y. T. (2020). KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SERAT PISANG DAN SUPERPLASTICIZER PADA

- CAMPURAN BETON. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 16 No. 2, 76–80.
- Hanif Hasbi Ardin, R., Ariesta, Y., Retno Susilorini dan, R. M., & Widiyanto, D. (2017). Kinerja Rangkak pada Balok Beton Sandwich dengan Isian Styrofoam (Cement EPS Sandwich Panel). *Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang* |, 1 No.2, 81–95.
- Hermanto, E., Lubis, K., & Astuti, F. D. (2017). Pemanfaatan Limbah Styrofoam Dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Genteng Beton. *Journal of Civil Engineering, Building, and Transportation*, 1 No. 1, 11–19.
- Hidayah, N., & Winduastuti, N. F. (2023). *PEMANFAATAN LIMBAH STYROFOAM DAN CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI CORE SANDWICH PANEL UNTUK DINDING BANGUNAN SEDERHANA*. Universitas Diponegoro.
- Marhasil, T. (2016). *Kajian Mekanis Bahan Komposit Dengan Serat Batang Pohon Pisang Sebagai Penguat*.
- Setiawan, A., & Arini, R. N. (2022). PERBANDINGAN BETON NORMAL DENGAN BETON SERAT BATANG PISANG MENGGUNAKAN JOB MIX PROYEK TOL CIJAGO SEKSI III A (Comparison Of Normal Concrete With Banana Fiber Stock Concrete Using Job Mix Cijago Toll Project Section III A). *Jurnal Artesis*, 2(2), 140–146.
- Siregar, & et al. (2021). Pengaruh Serat Batang Pisang Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Bata Beton. *Jurnal Rekayasa UISU*.
- Tajalla, G. U. N., Adriansyah, P., Riyadi, T. I., Vadila, M. L. N., & Laksono, A. D. (2024). Karakteristik Termal Material Komposit Berbahan Dasar Polipropilena dan Batang Pisang. *Jurnal Teknik - Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 23.
- Tata Cara Pengklasifikasian Tanah Untuk Keperluan Teknik Dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah Badan Standardisasi Nasional*. (2015). Standar Nasional Indonesia. www.bsn.go.id
- Utama, L. A., Candra, A. I., & Ridwan, A. (2020). PENGUJIAN KUAT TEKAN PADA BETON DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH MARMER DAN SERAT BATANG PISANG. *JURMATEKS*, Vol. 3 No.2, 305–3016.
- Wulandari, M., Tavio, T., Raka, I. G. P., & Puryanto. (2018). Compressive Strength Of Steel-Fiber Concrete with Artificial Lightweight Aggregate (ALWA). *Civil Engineering Journal*, 4.